

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Отделение электронной инженерии  
 Направление 15.03.01 Машиностроение

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка технологии сборки и сварки литьевых форм плит перекрытий</b>

УДК 692.522.2-049.1:621.791

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Василенко Семён Васильевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

Томск – 2020 г.

## Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные 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 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» (ТПУ)

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

Форма представления работы:

Бакалаврской работы
---------------------

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

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

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2020 г.	Описание изделия	10
08.04.2020 г.	Обзор оборудования для производства изделий	10
15.04.2020 г.	Конструкторская часть. Подбор материала, расчет режимов сварки, подбор оборудования	10
22.04.2020 г.	Конструкторская часть. Создание модели литейной формы и чертежей	15
30.04.2020 г.	Технологическая часть. Описание заготовительных операций	10
08.05.2020 г.	Технологическая часть. Описание процесса сборки и сварки формы	15
23.05.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2020 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2020 г.	Заключение	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
3-1В51	Василенко Семён Васильевич			

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Отделение электронной инженерии  
 Направление 15.03.01 Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Першина А.А.  
 (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	Василенко Семён Васильевич

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки литевых форм плит перекрытий	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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>Литьевая форма для производства плит перекрытия. Рабочее место сварщика расположено в закрытом цеху.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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"> <li>1 Описание изделия</li> <li>2 Обзор оборудования для производства изделий</li> <li>3 Конструкторская часть</li> <li>4 Технологическая часть</li> <li>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>6 Социальная ответственность</li> <li>7 Заключение</li> </ol>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Титульный лист</li> <li>2 Общий вид плит перекрытия</li> <li>3 Цели и задачи</li> <li>4 Литьевая форма плит перекрытий</li> <li>5 Сварочные материалы, оборудование и режимы сварки литевых форм</li> <li>6 Технология сборки и сварки литевых форм</li> <li>7 Технология сборки и сварки литевых форм</li> <li>8 Технология сборки и сварки литевых форм</li> <li>9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность;</li> <li>10 Социальная ответственность</li> <li>11 Вывод</li> </ol>
---	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01 апреля 2020 г.
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Василенко Семён Васильевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В51	Василенко Семён Васильевич

<b>Институт</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОТСП</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Сварочные материалы; Основная зарплата; Социальные цели; Электроэнергия; Ремонт оборудования.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Месячный должностной оклад сварщиков</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов.</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%);</i>

**Перечень вопросов, подлежащих разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Потенциальные потребители результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений</i>
2. <i>Планирование технического проекта</i>	<i>Формирование плана и графика разработки - определение структуры работ; - определение трудоемкости выполнения работ по проекту; - разработка графика.</i>
3. <i>Нормирование времени сварки и экономическая оценка сравниваемых способов сварки</i>	<i>Формирование операционных норм времени на сварку: - основное время на сварку; - вспомогательное время; - подготовительно-заключительное время; - штучное время; - штучно-калькуляционное время. Формирование текущих затрат на сварочные работы: - материальные затраты; - заработная плата; - отчисления во внебюджетные фонды; - амортизация оборудования.</i>

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Диаграмма Ганта

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В51	Василенко Семён Васильевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 3-1В51	ФИО Василенко Семён Васильевич
------------------	-----------------------------------

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки литьевых форм плит перекрытий	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования.	<p><b>Объект исследования</b> – литьевая форма для производства бетонных плит перекрытия.</p> <p><b>Рабочая зона</b> – сварочный участок в закрытом цеху. Технологический процесс включает в себя следующие виды работ: механизированная сварка в среде защитных газов, слесарные операции, работа с оборудованием. Площадь цеха 2000 м<sup>2</sup>, площадь сварочного участка 100 м<sup>2</sup>. Освещение смешанное.</p> <p><b>Области применения</b> – строительная отрасль.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <b>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<p><i>Законодательные и нормативные документы по теме:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ПУЭ (утв. Минэнерго России) (7-ое издание)</li> <li>2. СП 52.13330.2016</li> <li>3. ГОСТ 12.1.003-2014</li> <li>4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96</li> <li>5. ГОСТ 12.1.005-88</li> <li>6. ГОСТ 12.1.019–2017</li> <li>7. ГОСТ 12.1.010-76</li> <li>8. СанПиН 3359-16</li> </ol>
2. <b>Производственная безопасность:</b>	<p>- Выявить вредные факторы на сварочном участке: освещенность, шум, вибрации, микроклимат, вредные вещества, психофизические факторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза);</p> <p>Рассмотреть:</p> <p>- требования к технике безопасности при работе со сварочным оборудованием;</p> <p>- предполагаемые средства защиты при сварке: коллективная защита (ширмы, вентиляция); индивидуальные средства защиты (сварочные краги, спецодежда, респираторы, сварочные маски)</p> <p>Выявить опасные факторы на сварочном участке: электрический ток, статическое электричество, термические ожоги. Предполагаемые средства защиты</p>

	при сварке: сварочные краги, спецодежда, респираторы, сварочные маски.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Рассмотреть: - необходимость утилизации отходов лома металлов и промышленного мусора; - выбросы вредных сварочных аэрозолей; - утилизация микросхем отработавшего оборудования.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Наиболее вероятные ЧС: пожар, морозы, диверсии. Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации последствий

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	Василенко Семён Васильевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 110 с., 10 рис., 34 табл., 34 источников, 11 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: плита перекрытия, литьевая форма, механизированная сварка в среде защитных газов, импортозамещение.

Объектом исследования является литьевая форма плит перекрытия.

Целью данного проекта является разработка технологии сборки и сварки литьевых форм плит перекрытий.

В процессе исследования проводились: ознакомление с технологией отливки плит перекрытия, анализ различных импортных литьевых форм для производства плит перекрытия, изучение способов сварки и сварочных материалов, расчет режимов сварки, изучение используемого оборудования для сварки.

В результате исследования был изучен технологический процесс сборки и сварки литьевых форм плит перекрытий.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Область применения: разработанная технология может применяться на предприятии ЗКПД ТДСК и других производителей железобетонных плит перекрытия.

Экономическая эффективность работы: разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 17 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 10 %. По затратам на сварку изделия выгодна механизированная сварка, она обходится дешевле на 105 руб.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе «КОМПАС-3D V18».

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Обозначения и сокращения

ЖБИ – железобетонные изделия.

$\sigma_T$  – предел текучести;

$\sigma_B$  – временное сопротивление разрыву;

$\delta_5$  – относительное удлинение;

$d_{\text{э}}$  – диаметр электродного стержня;

$j$  – допускаемая плотность тока;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла за данный проход;

$q_{\text{эф}}$  – эффективная тепловая мощность сварочной дуги;

$I_{\text{св}}$  – ток сварочной дуги;

$U_d$  – напряжений на дуге;

$\eta_u$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

$V_{\text{св}}$  – скорость перемещения сварочной дуги.

### Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ 9561-2016 Плиты перекрытий железобетонные многопустотные для зданий и сооружений. Технические условия

2 ГОСТ 25781-83 Формы стальные для изготовления железобетонных изделий

3 ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность, гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;

4 ГОСТ 12.1.003- 83 Нормируемые параметры шума на рабочих местах;

5 ГОСТ 12.1.005-88 Нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;

6 ГОСТ 12.0.002-74 Требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.

7 ГОСТ 17.2.3.02- 78 Требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

8 СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.

### *Определения*

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Борт – элемент формы, предназначенный для образования части наружного периметра изделия вне плоскости поддона.

Бортовая оснастка (бортоснастка) – 1) Совокупность формообразующих элементов, предназначенных для образования поверхностей изделия вне плоскости поддона. 2) Совокупность бортов, являющихся инвентарной принадлежностью формовочного поста.

Вкладыш - элемент формы, предназначенный для образования в изделии отверстий, уступов, выемок и т.п.

Замок – элемент формы, предназначенный для закрепления в проектном положении бортов, вкладышей и т.п.

Отсек (формовочный отсек) – часть объема многоместной или переналаживаемой формы, предназначенной для изготовления изделия.

Поддон – элемент формы, предназначенный для образования в процессе формования нижней поверхности изделия.

Рабочая поверхность – поверхность формы и ее элементов, соприкасающаяся с бетоном.

Форма универсальная – переналаживаемая форма, предназначенная для изготовления широкой номенклатуры изделий разных видов в границах предельных размеров.

## Оглавление

Введение.....	16
1 Обзор литературы .....	17
1.1 Формы для производства плит перекрытий.....	18
1.2 Разработка модели литьевой формы плит перекрытий .....	20
1.3 Основные сварные узлы литьевой формы.....	21
2 Конструкторская часть .....	25
2.1 Выбор материала конструкции.....	25
2.2 Выбор способа сварки .....	25
2.3 Выбор сварочных материалов .....	27
2.4 Расчет параметров режимов сварки.....	28
2.5 Выбор сварочного оборудования .....	32
3 Технологическая часть .....	34
3.1 Заготовительные операции .....	34
3.2 Технологический процесс сборки и сварки литьевой формы.....	37
3.3 Меры борьбы со сварочными напряжениями и деформациями .....	40
3.4 Контроль и исправление брака .....	42
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ....	45
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения технического проектирования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	45
4.2 Планирование технического проектирования работ.....	48
4.3 Определение норм времени на сварку .....	53
4.4 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	60
5 Социальная ответственность .....	69
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	69
5.2 Производственная безопасность .....	71
5.3 Экологическая безопасность.....	83
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86

Заключение .....	91
Список использованных источников .....	92
Приложение А Комплект технологической документации.....	95
Приложение Б Комплект чертежей.....	96

## **Введение**

В строительстве жилых, общественных, производственных и вспомогательных зданий нашли широкое применение многопустотные плиты перекрытий. По массовости производства они существенно превышают другие сборные преднапряженные железобетонные элементы зданий. Поэтому их производству постоянно уделяется большое внимание.

Одним из методов производства плит перекрытия является стендовый, где в качестве средства производства применяются литьевые формы.

Основным поставщиком оборудования для производства железобетонных изделий являются зарубежные компании, такие как немецкая компания «Weckenmann». Оборудование зачастую дорогое и поставляется сразу либо поточными линиями, либо большими партиями.

Для наращивания производственных мощностей компании ЗКПД ТДСК бывают необходимы новые литьевые формы, и новые конфигурации литьевых форм в зависимости от типа выпускаемых плит.

Целью данного проекта является разработка технологии сборки и сварки литьевых форм плит перекрытий.

Практическое значение ВКР заключается в том, что ее результаты можно непосредственно использовать при проектировании и изготовлении предложенной литьевой формы на территории компании ЗКПД ТДСК.

## 1 Обзор литературы

Пустотные железобетонные плиты перекрытия повсеместно используются при постройке сборного типа зданий.

Изготовление плит перекрытия нормируется по ГОСТ 9561-2016 [1]. В производстве используются опалубки, которые ограничивают плиту по специальному контуру. По этой причине длина готовых перекрытий варьируется от 1,8 до 7,2 м, размер изменяется с шагом 30 см. Процесс производства выглядит следующим образом:

- раствор из бетона заливается в стационарную металлическую опалубку с зафиксированной арматурой и металлической сеткой;
- бетонная смесь хорошо трамбуется, после чего готовые плиты поддаются обработке в гидротермических боксах;
- после полного застывания готовая панель извлекается из опалубки за заранее вмонтированные проушины.

Готовые пустотные железобетонные плиты перекрытия показаны на рисунке 1 [2].



Рисунок 1 - Пустотные железобетонные плиты [2]

Основными достоинствами, которыми отличается пустотелая плита, считаются:

1. Уменьшенный вес. При одинаковых размерах пустотной плиты и цельной панели вес первой будет меньше. Наличие пустот не оказывает влияния на снижение запаса прочности, но при этом многопустотные изделия меньше нагружают фундаментную основу здания.
2. Более доступная стоимость. Цена пустотных плит перекрытия значительно ниже стоимости монолитных панелей, потому как в процессе производства используется меньший объем бетона, что и позволяет сократить производственные затраты.
3. Улучшенные звуко- и теплоизолирующие свойства. Благодаря наличию пустот образуется воздушная прослойка, которая находится внутри бетонного массива и обеспечивает высокие эксплуатационные свойства.
4. Сокращённые временные затраты на строительство. Монтажные работы с использованием любого размера пустотных плит осуществляются в довольно сжатые сроки, особенно если сравнивать с возведением монолитной железобетонной конструкции с применением опалубки.
5. Большой сортамент плит перекрытия. У производителей имеется приличный размерный ряд продукции, где изделия отличаются по параметрам и характеристикам. Большой выбор стандартных размеров позволяет подобрать различные плиты для возведения перекрытий сложных конструкций.

### **1.1 Формы для производства плит перекрытий**

Согласно ГОСТ 25781-83 [3], литьевые формы классифицируют по следующим основным признакам:

- способу производства изделий;

- технологическим факторам;
- конструктивным решениям.

По способу производства изделий формы подразделяют на используемые при следующей технологии:

- конвейерной;
- полуконвейерной;
- поточно-агрегатной;
- стендовой.

По основным технологическим факторам формы подразделяют в зависимости от:

- способа перемещения (краном, по рельсовым путям, по рольгангу, комбинированный и др.);
- способа тепловой обработки (в камере, через паровые полости или регистры и др.);
- характера армирования изделий (ненапряженной арматурой, предварительно напряженной арматурой с натяжением на упоры стенда, предварительно напряженной арматурой с натяжением на упоры формы);
- способа уплотнения бетонной смеси (на площадке вибрационной, ударно-вибрационной или ударной, поверхностным виброустройством, наружными или глубинными вибраторами, вакуумированием, виброгидропрессованием, безвибрационным).

По конструктивным решениям формы подразделяют в зависимости от:

- степени разборности (неразборные, частично разборные, с упруго работающими элементами, разборные);
- степени переналаживаемости (непереналаживаемые, переналаживаемые, групповые, универсальные);
- числа одновременно изготавливаемых изделий (одноместные, многоместные) [3].

В компании ООО ЗПКД ТДСК способ производства плит перекрытия стендовый (рисунок 2).



Рисунок 2 – Литьевая форма плит перекрытий

На рисунке 2 изображены литьевые формы плит перекрытий с разложенной арматурной сеткой. Формы имеют откидные борта для быстрого извлечения готовой плиты.

### 1.2 Разработка модели литьевой формы плит перекрытий

В ходе работы была разработана пространственная 3D-модель литьевой формы (рисунок 3).

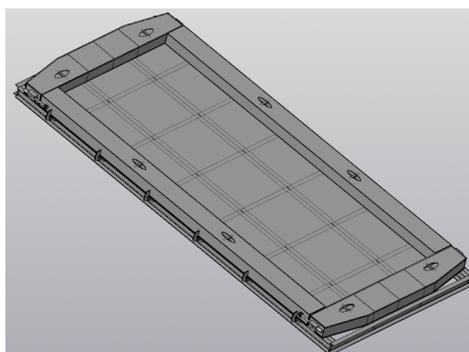


Рисунок 3 – Модель литьевой формы

Литьевая форма состоит из следующих узлов (рисунок 4):

1 - основание-рама из швеллеров (1 шт.);

2 - откидные борта с отверстиями для пуансонов (2 шт.);

- 3 – торцевые стенки формы (2 шт.);
- 4 – лист основания 3040x6000x8 (1 шт.);
- 5 – шарнирные крепления (12 шт.);
- 6 – задвижка (4 шт.).

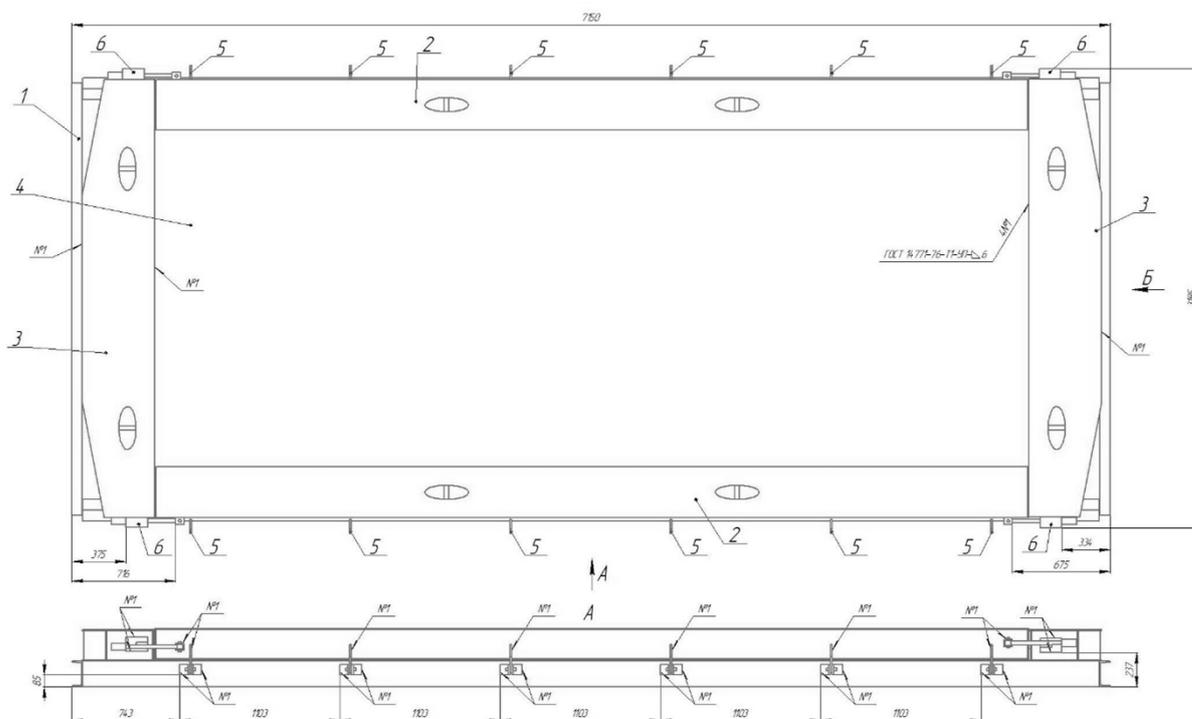


Рисунок 4 – Чертеж литейной формы

### 1.3 Основные сварные узлы литейной формы

Основными сварными узлами, которые собираются предварительно являются основание-рама из швеллеров, откидные борта с отверстиями для пуансонов и торцевые стенки формы.

Рама сваривается из швеллеров №18. Нарезанные швеллера раскладываются согласно схеме показанной на рисунке 5.

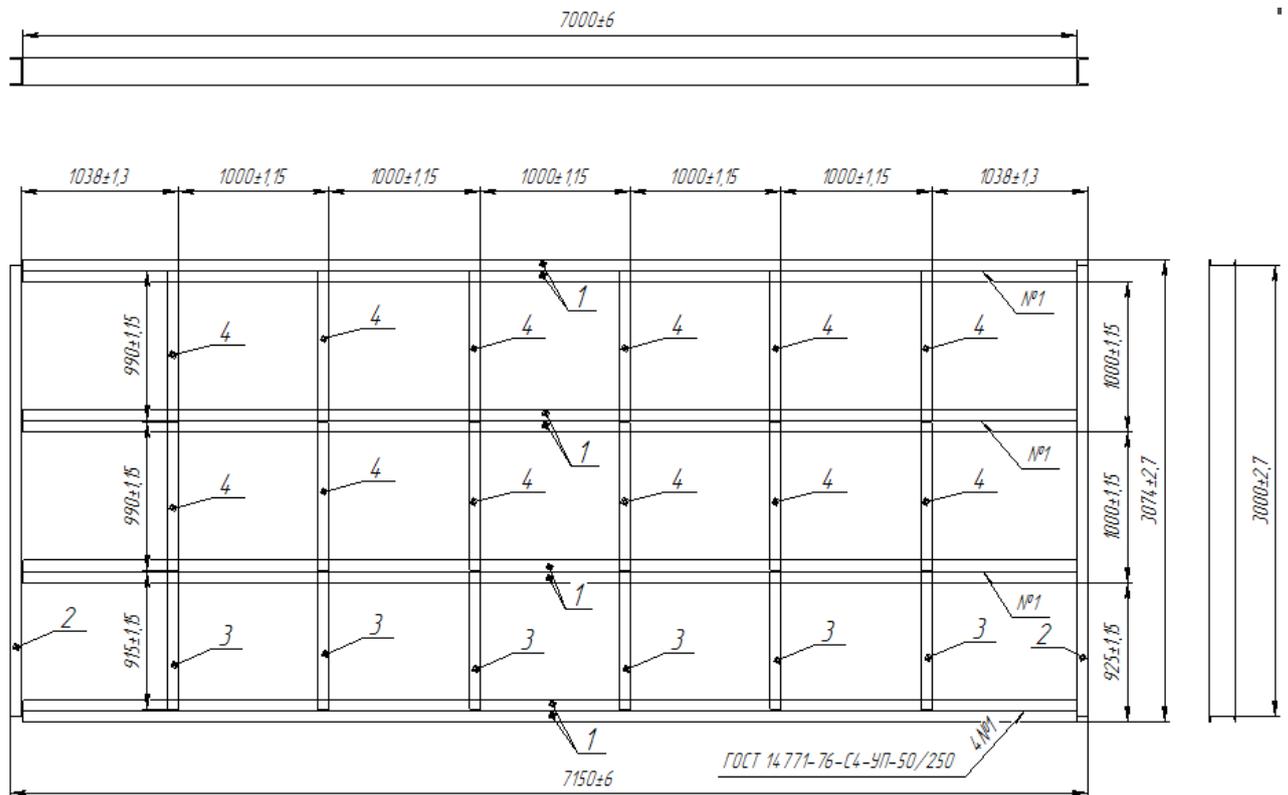


Рисунок 5 – Чертеж основания-рамы из швеллеров

Рама состоит из:

- 1 - швеллер длиной 7000 мм (8 шт);
- 2 - швеллер длиной 3000 мм (2 шт);
- 3 - швеллер длиной 915 мм (6 шт);
- 4 - швеллер длиной 990 мм (12 шт).

Откидные борта с отверстиями для пуансонов состоят из следующих компонентов (Рисунок 6):

- 1 – нижняя часть (поддон) 350x6000x8 мм – 1 шт;
- 2 – боковая стенка 200x6000x8 мм – 2 шт;
- 3 – торцевая стенка 216x350x8 мм – 2 шт;
- 4 – верхняя часть (крышка) 350x6000x8 мм – 1 шт;
- 5 – крепления для строп – 2 шт.

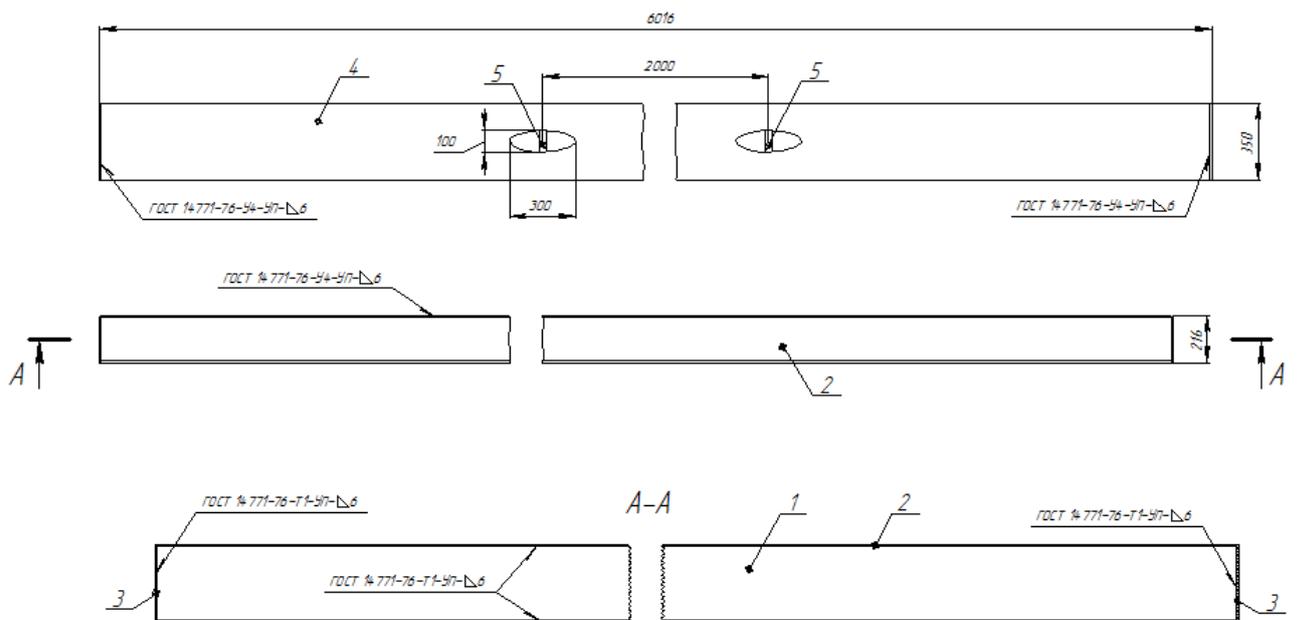


Рисунок 6 – Чертеж откидного борта с отверстиями для пуансонов

Торцевая стенка литейной формы состоит из следующих компонентов (Рисунок 7):

- 1 – нижняя часть (поддон) 3040x500x8 мм – 1 шт;
- 2 – задняя стенка 3040x200x8 мм – 1 шт;
- 3 – торцевая стенка 315x200x8 мм – 2 шт;
- 4 – угловая передняя стенка 815x200x8 мм – 2 шт;
- 5 – передняя стенка 1440x200x8 мм – 1 шт;
- 6 – ребра жесткости 465x200x8 мм – 3 шт;
- 7 – верхняя часть (крышка) 3040x500x8 мм – 1 шт;
- 8 – крепления для строп – 2 шт.

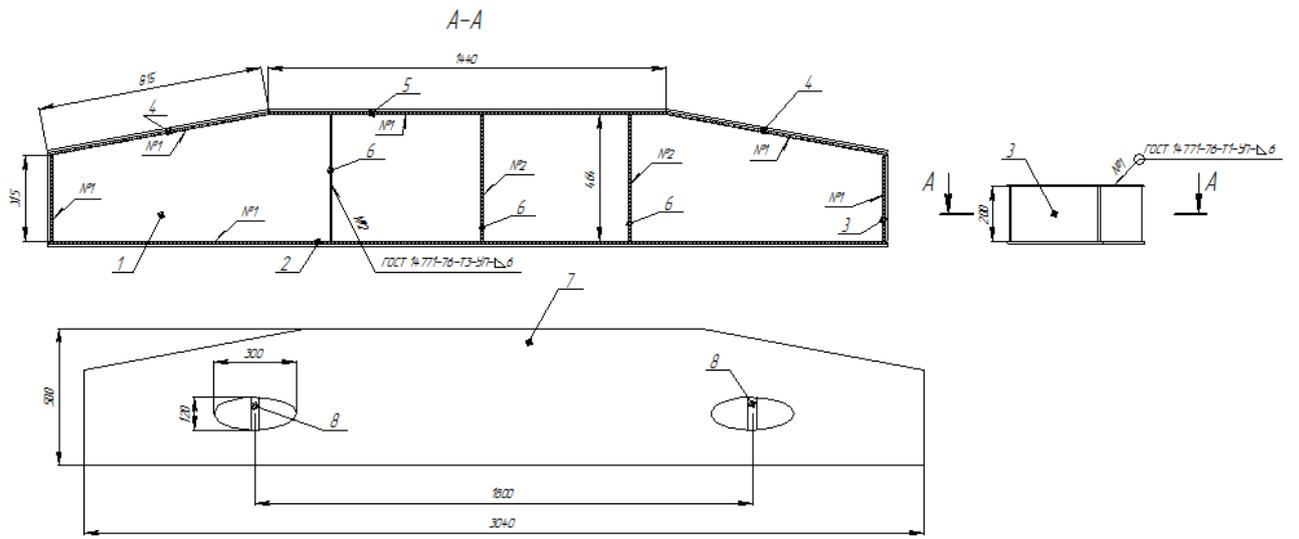


Рисунок 7 – Чертеж торцевой стенки литейной формы

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Выбор материала конструкции

Согласно [3], для изготовления литейной формы используется сталь Ст3сп.

Ст3сп – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества, поставляется по ГОСТ 380-2005 [4].

Применение: несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах, арматура класса Ат400с.

Химический состав стали приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали Ст3сп, % [4]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,14 – 0,22	0,15 – 0,3	0,4 – 0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Для изготовления литейной формы применяется листовой прокат по ГОСТ 14637-89 [5], механические характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства стали Ст3сп [5]

$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
370-480	205-245	23-26	-

### 2.2 Выбор способа сварки

Для изготовления литейной формы, согласно [2], выбираем сварку в среде защитных газов. Рассмотрим преимущества и недостатки данного способа.

Сварка в среде защитных газов является разновидностью дуговой сварки. Сварка производится проволокой сплошного сечения диаметром 1,0...2,0 мм, которая подается через токоведущий мундштук. В зону сварки через сопло поступает защитный газ, струя которого, обтекая сварочную дугу и сварочную

ванну, предохраняет расплавленный металл от воздействия атмосферного воздуха.

Электродная проволока подается непрерывно в зону сварки со скоростью подачи, согласно режиму сварки. Сварку производят на постоянном токе обратной полярности.

Различают механизированную и автоматическую сварки. В первом случае механизирована подача проволоки, а горелка перемещается сварщиком вручную. В случае автоматической сварки механизированы подача проволоки и перемещение сварочной горелки.

Основные достоинства сварки в среде защитных газов:

- обеспечивает получение высококачественных сварных соединений из различных металлов при высокой производительности по сравнению с ручной дуговой сваркой благодаря применению высокой плотности тока ( $100 \dots 200 \text{ А/мм}^2$ );

- высокое качество сварного шва;

- лучшие условия труда для сварщика;

- в отличие от сварки под слоем флюса возможно визуальное наблюдение за процессом горения дуги и образования шва, что особенно важно при механизированной сварке;

- в отличие от сварки под слоем флюса не требует приспособлений для удержания флюса, поэтому возможна сварка как нижних, так и вертикальных и горизонтальных швов.

К недостаткам следует отнести возможность сдувания струи газа ветром или сквозняком, что ухудшает защитное действие газа и качество шва; необходимость защищать рабочих от излучения дуги и от опасности отравления при сварке в замкнутом пространстве. Кроме того, сварка в углекислом газе возможна только при постоянном токе и дает менее гладкую поверхность шва, чем сварка под флюсом [6].

Литьевая форма обладает большой номенклатурой различных сварных швов средней длины, поэтому применение автоматической сварки экономически не целесообразно. Выбираем способ механизированной сварки в среде защитных газов.

### 2.3 Выбор сварочных материалов

Согласно рекомендациям [3], сварка должна производиться сварочной проволокой с физико-механическими свойствами не ниже чем у проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 [7], а в качестве защитной среды рекомендуется использовать углекислый газ высшего сорта по ГОСТ 8050-85 [8].

При сварке в углекислом газе - активном окислителе ванны - в составе проволоки обязательно, кроме других легирующих элементов, должны присутствовать раскислители - кремний и марганец (а иногда и титан). Поэтому для сварки в углекислом газе можно использовать только те проволоки, в составе которых содержатся эти элементы, т. е. в маркировке обозначены «Г» и «С», например Св-08Г2С, в зависимости от состава свариваемой стали и требований к механическим свойствам металла шва [9]. Химический состав проволоки представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав проволоки Св-08Г2С [7]

С	Si	Mn	Cr, не более	Ni, не более	S, не более	P, не более
0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	0,20	0,25	0,025	0,030

Углекислый газ  $CO_2$  не имеет цвета и запаха. Получают его из газообразных продуктов сгорания антрацита или кокса, при обжиге известняка. Поставляется в сжиженном (жидком) состоянии в баллоне типа А вместимостью 40 л с максимальным давлением 7,5 МПа. Для целей сварки используют сварочную углекислоту. Чистота углекислоты высшего сорта должна быть не

менее 99,8 %. Применяется при сварке низкоуглеродистых, низколегированных и некоторых конструкционных и специальных сталей [8].

## 2.4 Расчет параметров режимов сварки

Литьевая форма изготавливается из листов толщиной 8 мм. Сварка в среде углекислого газа по ГОСТ 14771-76 [10], в конструкции формы присутствуют стыковые швы швеллеров (С4) и угловые швы (Т1) и (У4) с катетом шва 6 мм. Произведем расчет параметров режимов сварки по методике описанной в [11].

В зависимости от типа соединения последовательность расчёта режима сварки различна. Необходимо сварить два швеллера между собой, поэтому для сварки данного соединения, выбираем тип соединения без скоса кромок С4.

Расчёт силы сварочного тока при механизированной сварке производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока, по формуле (1), согласно рекомендациям [11], принимаем  $j = 150$ ,  $d_э = 1,2$  мм, тогда:

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 150 = 170 \text{ А},$$

принимаем  $I_{св} = 170 \text{ А}$ .

Принимаем сварку за один прохода, площадь наплавки равна  $30 \text{ мм}^2$ .

Определяем оптимальное напряжение дуги

$$U_д = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 170 \pm 1 = 25 \pm 1 \text{ В}, \quad (1)$$

принимаем напряжение  $U_д = 25 \text{ В}$ .

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_э \cdot U_д}{I_{св}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 170) \cdot \frac{1,2 \cdot 25}{170} = 2,8. \quad (2)$$

Для механизированной сварки значения  $\psi_{np}$  должны составлять  $0,8 \dots 4,0$ , в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Для определения коэффициента наплавки  $\alpha_n$  при механизированных способах сварки в смеси газов воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi_n), \quad (3)$$

где  $\psi$  – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

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

Подставим известные значения плотности тока  $j$  в формулу (4), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 150^2 = 11,6\%.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления  $\alpha_p$  по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_6}{d_3^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{170} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,3 \text{ э/А} \cdot \text{ч}, \quad (5)$$

величину вылета электрода  $l$  принимаем 1,5 см, согласно рекомендации [11].

Тогда коэффициент наплавки  $\alpha_n$  согласно формуле (5):

$$\alpha_n = 13,3 \cdot (1 - 0,116) = 11,8 \text{ э/А} \cdot \text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле, получаем:

$$V_{св} = \frac{11,8 \cdot 170}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,3} = 0,24 \text{ см/с} = 9 \text{ м/ч},$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

для первого прохода

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{13,3 \cdot 170}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 7,1 \text{ см/с} = 257 \text{ м/ч}, \quad (6)$$

где  $F_{эл}$  – площадь поперечного сечения электрода, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность электродного металла, г/см<sup>3</sup>.

Погонная энергия рассчитывается по формуле (7) для первого шва:

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}} = \frac{0,82 \cdot 170 \cdot 25}{0,24} = 14520 \text{ Дж/см}, \quad (7)$$

где  $\eta_u$  – эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе составляет 0,8...0,84, принимаем

$$\eta_u = 0,82.$$

В конструкции литейной формы присутствуют угловые швы (Т1) с катетом шва 6 мм (рисунок 8).

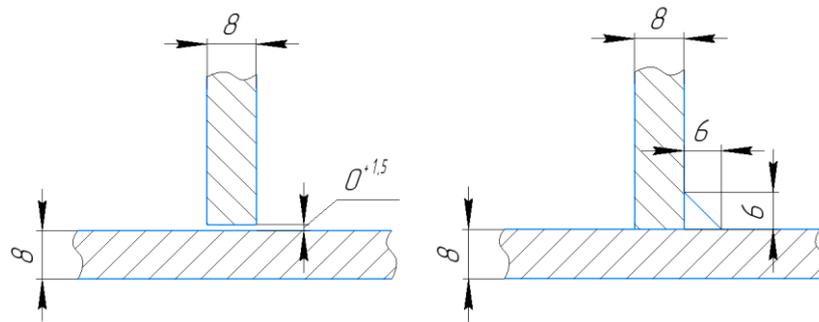


Рисунок 8 - Разделка кромок и параметры шва

Зная катет шва определяют площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле:

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{6^2}{2} = 18 \text{ мм}^2, \quad (8)$$

где  $k$  – катет углового шва.

Силу сварочного тока  $I_{св}$  рассчитаем по формуле (1):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226 \text{ А},$$

принимаем  $I_{св} = 230 \text{ А}$ .

Определяем оптимальное напряжение дуги:

$$U_\delta = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_s}} \cdot I_{св} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 230 \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В}, \quad (9)$$

принимаем напряжение  $U_\delta = 27 \text{ В}$ .

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_s \cdot U_\delta}{I_{св}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 230) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{230} = 2,1. \quad (10)$$

Для механизированной сварки значения  $\psi_{np}$  должны составлять  $0,8 \dots 4,0$ , в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (11)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент наплавки.

Для определения коэффициента наплавки  $\alpha_n$  при механизированных способах сварки в среде углекислого газа воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (12)$$

где  $\psi$  – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (13)$$

Подставим известные значения плотности тока  $j$  в формулу (4), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 150^2 = 11,6 \text{ \%}.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления  $\alpha_p$  по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_э}{d_э^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{230} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,95 \text{ э/А}\cdot\text{ч}, \quad (14)$$

величину вылета электрода  $l$  принимаем 1,5 см, согласно рекомендации [6].

Тогда коэффициента наплавки  $\alpha_n$  согласно формуле (5):

$$\alpha_n = 13,95 \cdot (1 - 0,116) = 12,3 \text{ э/А}\cdot\text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле (6) получаем:

$$V_{св} = \frac{12,3 \cdot 230}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,18} \approx 0,56 \text{ см/с} = 20 \text{ м/ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{13,95 \cdot 230}{3600 \cdot 7,9 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 10 \text{ см/с} = 360 \text{ м/ч}, \quad (15)$$

где  $F_{эл}$  – площадь поперечного сечения электрода, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность электродного металла, г/см<sup>3</sup>.

Расчет швов типа У4 аналогичен Т1, т.к. катет 6 мм, поэтому сварку осуществляем на тех же режимах. Режимы сварки приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Общие параметры режимов сварки

Тип шва	Катет, мм	$I_{св}$ , А	$U_d$ , В	$V_{св}$ , м/ч	$V_{под}$ , м/ч	$\alpha_n$ , г/А*ч
С4	-	170	25	9	257	11,8
T1	6	230	27	20	360	12,3
У4	6	230	27	20	360	12,3

## 2.5 Выбор сварочного оборудования

При выборе сварочного аппарата необходимо исходить из следующих требований:

- обеспечивать необходимую для данного технологического процесса силу тока дуги и напряжение дуги;
- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;
- иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания.

Назначаем сварочный аппарат EWM Saturn 301 MIG/MAG, т.к. он обеспечивает необходимую силу сварочного тока с ПВ 60%, чего в случае изготовления литевых форм достаточно.

Особенности сварочного аппарата:

- инновационный аппарат с эргономичными ручками и максимальной мобильностью: передвижной, погрузка краном или штабелеукладчиком;
- продуманная конструкция корпуса с улучшенными воздуховодами для увеличения продолжительности включения и электронным управлением вентилятора для снижения количества загрязнений в аппарате;
- максимальная экономичность при минимизированной последующей обработке швов благодаря сварке без брызг в зоне короткой и капельной дуги при использовании аргона, газовых смесей и  $CO_2$ ;

- мелкоступенчатая регулировка напряжения, оптимизированный сварочный дроссель с 2 выводами для разных материалов, 4-роликковое устройство подачи с большими роликами для надежной подачи проволоки;

- разные варианты управления - от классического до заранее настроенного однокнопочного.

Области применения:

- стандартная сварка MIG/MAG короткой, смешанной или капельной дугой с использованием аргона, газовых смесей и CO<sub>2</sub>;

- материалы: проволока из низколегированной стали, сплошные и порошковые проволоки;

- металлоперерабатывающие предприятия, промышленность, например, заводские ремонтные мастерские, ремонтные мастерские для транспортных средств и сельскохозяйственной техники, изготовление распределительных шкафов и систем вентиляции, металлоконструкций, машиностроение, монтажные работы, вспомогательные работы на производстве.

Общие технические характеристики аппарата EWM Saturn 301 MIG/MAG приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики EWM Saturn 301 MIG/MAG

Характеристика	Значение
Сетевое напряжение, В	380
Диапазон регулирования сварочного тока, А	30-300
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ, %)	300А (45%), 250А (60%), 190 (100%)
Частота тока в сети, Гц	50/60
Сетевой предохранитель (плавкий инерционный предохранитель), А	3 x 25
Сетевое напряжение (допуски)	3 x 400 V (-15 % - +15 %)
Максимальная потребляемая мощность, кВА	12,8
Рекомендуемая мощность генератора, кВА	18
Стандарты	IEC 60 974-1 / IEC 60 974-5 / IEC 60 974-10 / CE / S
Класс защиты	IP 23 (H)
Габариты	930 x 460 x 730
Вес, кг	100
Цена, руб	263000

### 3 Технологическая часть

#### 3.1 Заготовительные операции

Технологический процесс изготовления заготовок может включать следующие операции: правку, разметку, резку, обработку кромок, гибка и очистку под сварку.

Для изготовления элементов литьевой формы используется лист горячекатаный, поставляемый по ГОСТ 19903-74 [12].

$$\text{Лист } \frac{A-PO-O-8 \times 1500 \times 12000 \text{ ГОСТ } 19903-74}{\text{Ст3 3 ГОСТ } 14637-69}$$

Листы поступают в цех пачками и транспортируются на место хранения мостовым краном и складироваются большие листы на стеллажах вертикалом, а маленькие на подкладках в горизонтальном положении.

Разметку под резку производят по шаблонам для небольших заготовок и по линейке для больших заготовок.

Резка заготовок, включая отрезку и подготовку кромок, выполняется любыми способами, обеспечивающими необходимую форму, размеры и качество реза. Поэтому наиболее предпочтительным способом резки и подготовки кромок является механическая резка.

Для разделительной резки листового металла и вырезания отверстий назначаем машину плазменной резки металла с ЧПУ серии L50, технические характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики станков серии L50 [13]

Возможный размер рабочей зоны станка, мм	3050x1550; 3050x2050; 6050x1550; 6050x2050
Толщина разрезаемого металла, мм	0,5-50
Точность позиционирования, мм	± 0,05
Повторяемость программируемого контура, мм	± 0,1
Привод по осям X, Y	Шестерня рейка

Продолжение таблицы 6

Привод по оси Z	Шарико-винтовая пара
Вертикальный ход перемещения резака Z, мм	200
Скорость холостых перемещений резака, м/мин	15
Высота стола, мм	70
Максимальная толщина металла для укладки по грузоподъемности, мм	100
Грузоподъемность стола длиной 3м, кг	5000
Грузоподъемность стола длиной 6м, кг	10000
Вес станка, не более, кг	1000
Температура эксплуатации станка, гр. С	5-35
Напряжение питания терминала управления станком	1ф, 220 Вт, 50Гц
Мощность, потребляемая станком	1 кВт
Вентилятор системы дымоудаления	5,5 кВт, 1500 об/мин
Программное обеспечение (лицензионное, русифицированное)	Windows 7; Mach3; SheetCam

Для изготовления рамы литевой формы применяются швеллера №18 по ГОСТ 8240-97 [14]. Для резки швеллеров рамы назначаем ручной ленточнопильный станок Века-мак BMS 280G, технические характеристики приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики станка Века-мак BMS 280G [15]

Наименование характеристики		Ед. имз.	Значение
90 градусов	Круглая заготовка	мм	280
	Прямоугольник	мм	350x260
	Квадрат	мм	280x280
+75 градусов	Круглая заготовка	мм	280
	Прямоугольник	мм	320x260
	Квадрат	мм	280x280

Продолжение таблицы 7

+60 градусов	Круглая заготовка	мм	280
	Прямоугольник	мм	280x260
	Квадрат	мм	260
+45 градусов	Круглая заготовка	мм	220
	Прямоугольник	мм	220x220
	Квадрат	мм	220x220
+30 градусов	Круглая заготовка	мм	160
	Прямоугольник	мм	150x150
	Квадрат	мм	150x150
Мощность главного двигателя		кВт	1,5
Мощность насоса подачи СОЖ		кВт	0,12
Скорость движения полотна		м/мин.	20 - 100
Размеры полотна		мм	3400x27x0,9
Рабочая высота		мм	740
Вес		кг	870
Габариты		мм	1850x1000x1300

Во всех случаях нормативными документами перед сваркой предусматривается тщательная очистка от грязи, ржавчины, окалины и масляных пятен свариваемых кромок и наружной поверхности сопрягаемых деталей на ширину не менее 15 мм.

Все местные уступы и неровности, имеющиеся на собираемых деталях и препятствующие их соединению в соответствии с требованиями чертежей, надлежит до сборки устранять зачисткой в виде плавных переходов с помощью абразивного круга или напильника. Обработка кромок элементов под сварку может производиться кислородной, воздушно-дуговой, плазменно-дуговой резкой с последующей механической обработкой поверхности реза с удалением слоя толщиной не менее 1,5-2 мм. Поверхности кромок не должны иметь надрывов и трещин. Для обработки кромок в месте реза и зачистки поверхности

перед сваркой применяется пневматическая шлиф машинка модели ИП-2203А VII.

### 3.2 Технологический процесс сборки и сварки литейной формы

Детали нарезанные в размер, поступают на сборочно-сварочный участок. Литейную форму условно можно разделить на несколько блоков: основание-рама из швеллеров, формирующий поддон из листового металла, два торца формы, два откидных борта с отверстиями для пуансонов. Рассмотрим последовательность сборки и сварки каждого из элементов.

#### 3.2.1 Сварка рамы

Типы сварных швов рамы указаны на рисунке 9.

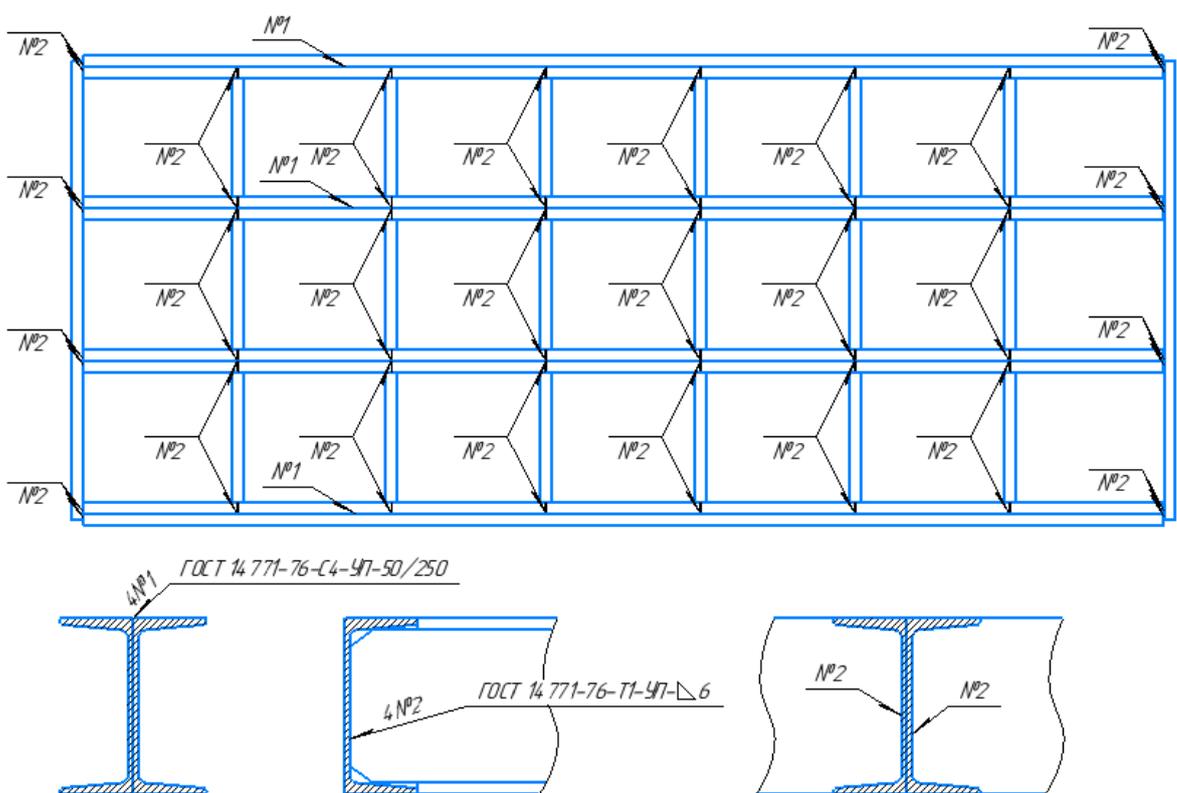


Рисунок 9 – Раскладка стержневой рамы

Рама сваривается в следующей последовательности. Стержни 1 свариваются прерывистым швом длиной 50 мм через 200 мм. Затем устанавливаются ребра жесткости 3 и 4 и прихватываются точечными прихватками, для фиксации стержней. Устанавливаются и свариваются боковые стержни 2. Полностью свариваются ребра жесткости 3 и 4. Внешний вид готовой рамы указан на рисунке 10.

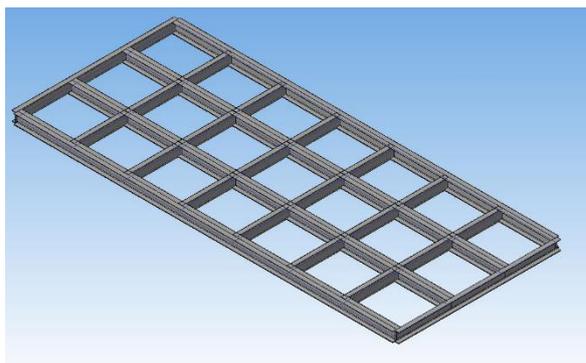


Рисунок 10 – Внешний вид готовой рамы

### 3.2.2 Сварка торцов литевой формы

Торцевая часть литевой формы показана на рисунке 11.

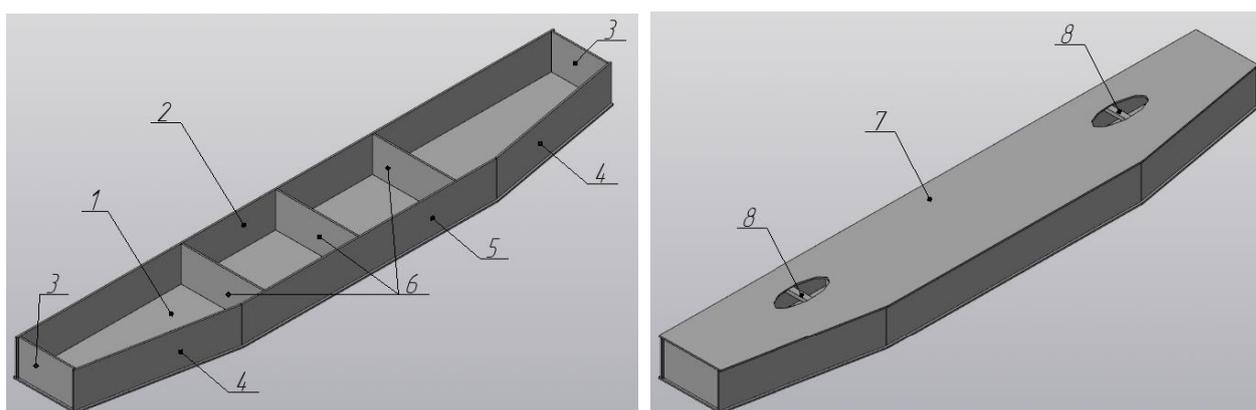


Рисунок 11 – Торцевая часть литевой формы

На поддон 1 устанавливается стенка 2 прихватывается угловым швом с внутренней стороны формы катетом 3 мм длиной 20-30 мм через каждые 400-500 мм. Затем устанавливаются и прихватываются торцевые стенки 3, так же с

внутренней стороны. После этого последовательно устанавливаются и прихватываются стенки 4 и 5. Затем внутрь ставятся ребра жесткости 6 и полученная конструкция полностью заваривается сплошным угловым швом типа (Т1) катетом 6 мм.

К крышке 7 привариваются крепления для строп 8. Крышка кантуется на 180 градусов и на нее устанавливается сваренный поддон. Поддон обваривается по внешнему контуру швов Т1 с катетом 6 мм.

### 3.2.3 Сварка боковых стенок литейной формы

Боковая откидная стенка литейной формы показана на рисунке 12.

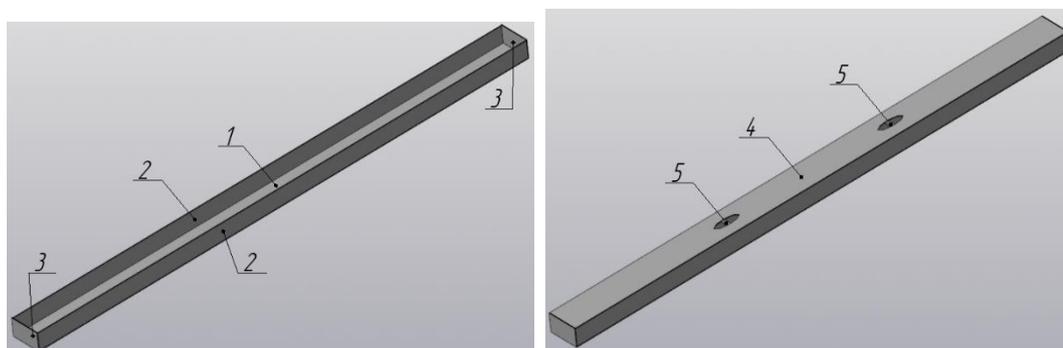


Рисунок 12 – Боковая стенка литейной формы

На поддон 1 устанавливается стенка 2 прихватывается угловым швом с внутренней стороны формы катетом 3 мм длиной 20-30 мм через каждые 400-500 мм. Затем устанавливаются и прихватываются торцевые стенки 3, так же с внутренней стороны. Затем конструкция полностью заваривается сплошным угловым швом типа (Т1) катетом 6 мм.

К крышке 4 привариваются крепления для строп 5. Крышка устанавливается сверху сваренного поддона. Поддон обваривается по внешнему контуру швом У4 с катетом 6 мм.

### 3.2.4 Общая сборка и сварка литейной формы

Литейная форма состоит из следующих компонентов (Рисунок 13):

- 1 – рама формы 3074x7000 мм ;
- 2 - лист основания 3040x6000x8 мм – 1 шт;
- 3 – торцевая часть литейной формы – 2 шт;
- 4 – боковая откидная часть литейной формы – 2 шт;
- 5 – шарнирные крепления боковой части к раме – 12 шт;
- 6 – задвижка – 4 шт.

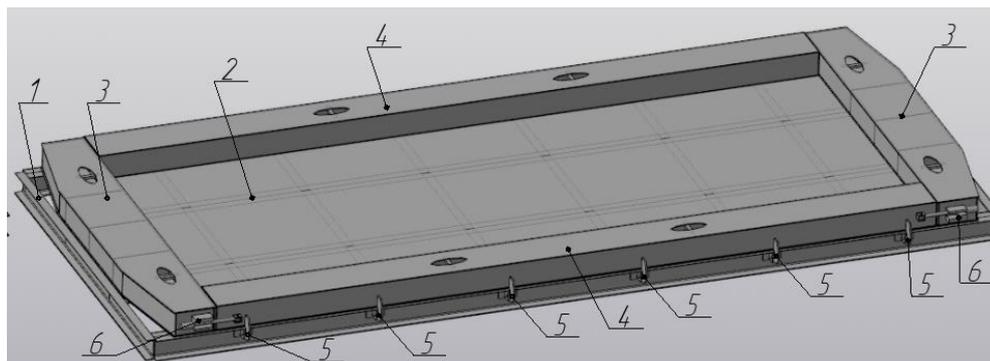


Рисунок 13 – Литейная форма

На раму 1 устанавливается лист 2 и торцевая часть формы 3, прихватывается угловым швом с внутренней и внешней стороны к раме катетом 3 мм длиной 20-30 мм через каждые 400-500 мм. Затем конструкция полностью заваривается сплошным угловым швом типа (Т1) катетом 6 мм. К раме 1 и боковой части 4 привариваются шарнирные крепления 5 угловым швом типа (Т1) катетом 6 мм. К боковой части 4 и торцевой части 3 привариваются задвижки 6 угловым швом типа (Т1) катетом 6 мм.

### 3.3 Меры борьбы со сварочными напряжениями и деформациями

При проектировании сварных конструкции необходимо считаться с возможностью появления в них остаточных напряжений и деформаций, и принимать меры для их предотвращения или ограничения в таких пределах, при которых влияние их не будет опасным.

При сварке малоуглеродистых сталей, имеющих наиболее широкое применение в металлических конструкциях, в них возникают напряжения первого рода, уравнивающиеся в макрообъемах. Неизбежными причинами сварочных деформаций являются:

- неравномерный нагрев изделия при сварке;
- тепловая усадка швов;
- структурные изменения металла шва и ЗТВ.

Сопутствующими причинами являются:

- неправильное решение конструкции сварного узла, то есть близкое расположение и частое пересечение сварных швов или неправильный выбор сварного соединения;

- применение устаревшей техники и технологии;
- низкая квалификация сварщика;
- нарушение геометрических размеров шва.

Основной мерой борьбы с деформациями является создание в зонах пластической деформации дополнительной деформации противоположного знака.

В сварном шве при остывании возникают напряжения растяжения и необходима пластическая деформация для приведения их к нулю. Этого можно достичь проковкой - металл осаживается по толщине, создавая пластические деформации удлинения в плоскости.

При сборке и сварке конструкций необходимо стремиться к такой последовательности выполнения операций, при которой моменты инерции площади поперечного сечения были бы по возможности максимальными, так как последовательное наращивание элементов дает большее искажение результатов, чем сборка всей конструкции на прихватку и затем сварка.

Возможной мерой борьбы со сварочными деформациями может быть неравномерный нагрев или охлаждение, использование местного нагрева.

### 3.4 Контроль и исправление брака

Основная цель технологического контроля заключается в обеспечении выпуска высококачественной продукции, что достигается проведением мероприятий по предупреждению появления брака, то есть своевременное выявление дефектов и их устранение.

Дефекты в соединениях бывают двух типов: внешние и внутренние. В сварных соединениях к внешним дефектам относят наплывы, подрезы, наружные непровары и несплавления, поверхностные трещины и поры. К внутренним скрытые трещины и поры, внутренние непровары и несплавления, шлаковые включения и др.

Качество сварных соединений обеспечивают предварительным контролем материалов и заготовок. Текущим контролем за процессом сварки и пайки, и приемочным контролем готовых сварных соединений. В зависимости от нарушения целостности сварного соединения при контроле различают разрушающие и неразрушающие методы контроля.

При предварительном контроле основного и сварочных материалов устанавливают, удовлетворяют ли сертификатные данные в документах заводо-поставщиков требованиям, предъявляемым к материалам в соответствии с назначением и ответственностью сварных узлов и конструкций. Осматривают поверхности основного материала, сварочной проволоки и покрытий электродов в целях обнаружения внешних дефектов. Перед сборкой и сваркой заготовок, проверяется соответствует ли их форма и габаритные размеры установленным, а также контролируется качество подготовки кромок и свариваемых поверхностей.

При текущем контроле проверяют соблюдение сварщиками установленных параметров режима сварки и исправность работы сварочного оборудования. Осматривают сварные швы для выявления внешних дефектов и измеряют их геометрические размеры. Замеченные отклонения устраняют непосредственно в процессе изготовления конструкций.

Готовые сварные соединения в зависимости от назначения и ответственности конструкции подвергаются приемочному контролю: внешнему осмотру для выявления поверхностных дефектов и обмеру сварных швов; испытаниям на плотность, магнитному контролю, просвечиванию рентгеновским и гамма-излучением, ультразвуком для выявления внутренних дефектов.

По внешнему виду сварной шов должен соответствовать следующим требованиям:

- поверхность шва должна быть гладкой или равномерно чешуйчатой;
- высота усиления шва не должна быть более 0,5 мм;
- сварной шов не должен иметь наплывов, незаваренных кратеров, несплавленных кромок, прожогов и трещин.

При этом допускаются: подрезы основного металла глубиной не более 0,4 мм, а подрезы, превышающие указание выше нормы, допускается исправлять заваркой тонким швом той же сварочной проволокой, что и основной шов. Допускаются брызги на сварном шве и околошовной зоне в труднодоступных местах.

Контроль сварных швов, недоступных для осмотра после окончательной сварки конструкций, должен производиться до установки деталей, закрывающие эти швы.

Недопустимые дефекты сварного шва должны быть удалены обработкой резанием (механические или термические способы) с последующей зачисткой поверхности до металлического блеска.

Исправление дефектов в одном и том же месте допускаются не более двух раз. При последующем обнаружении дефектов изделия должны быть заменены новыми. Недопустимы дефекты швов при приварке косынок под салазки и узлов предназначенных для транспортировки.

Контроль внешним осмотром подлежит каждый сварной шов. Метод позволяет обнаруживать дефекты минимального выявляемого размера при

осмотре и измерение сварного соединения с использованием оптических приборов с увеличением до 10 раз.

Во избежание возможного появления дефектов в сварном шве применяется предварительный контроль. Целью предварительного контроля является проверка качества исходных материалов, подготовки заготовок, качества сборки, сварочного оборудования, приборов и квалификации сварщиков. Качество основного металла определяется на основании маркировки и сертификатов, поступивших от завода - поставщика металла

Сварочная проволока контролируется на соответствие требованиям ГОСТ 2246-70 [7] путём внешнего осмотра, обмера и химического анализа. Поверхность проволоки должна быть чистой, без окалины ржавчины, грязи и масла. Каждая партия проволоки должна быть снабжена сертификатом.

Углекислый газ контролируется на соответствие требованиям ГОСТ 8050-85 [8] (чистоту и влажность).

Контроль качества заготовок путём внешнего осмотра и замеров должен производиться до начала сборки.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность разработки технологического процесса изготовления литевой формы плит перекрытий с использованием механизированной сварки в углекислом газе и сборочно-сварочных приспособлений.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- проанализировать конкурентные технические решения;
- структурировать работу в рамках технического проекта;
- определить трудоемкость выполненной работы и составить диаграмму Ганта для проекта;
- рассчитать смету технического проекта.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения технического проектирования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Оценка коммерческого потенциала разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения технического проектирования и коммерциализации его результатов. Это важно для того чтобы представлять состояние и перспективы проводимого технического проектирования.

Проведение оценки потенциала будущего продукта необходимо осуществлять на каждой стадии технического проектирования, и каждый раз подход к оценке сугубо индивидуален. Постоянный мониторинг соответствия полученной оценки технологии и тенденций развития отрасли или продукта, поиск новых ниш для использования и реализации нового продукта или технологии - залог снижения риска опоздания с выходом на рынок и других рисков.

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов технического проектирования

Для того чтобы определить потенциальных потребителей данной разработки, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологии сборки и сварки литьевых форм перекрытий» выполняется для организации ООО ЗКПД ТДСК. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации.

Суть работы заключается в разработке процесса механизированной сварки в защитном газе сплошной проволокой литьевой формы для производства бетонных плит перекрытий. Проведем оценку конкурентоспособности различных способов сварки (таблица 8).

Таблица 8 – Оценка конкурентоспособности способов сварки

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели качества сварного соединения	Качество сварного шва	3	2	1
	Возможность наблюдения и контроля процесса	2	3	1
	Скорость сварки	3	1	2
	Маневренность и сварка в различных пространственных положениях	2	3	1
	Возможность автоматизации сварки	3	1	1, 2

- 1- Механизированная сварка в защитном газе;
- 2- Автоматическая под слоем флюса;
- 3- Ручная дуговая сварка.

Как видно из оценки конкурентоспособности - механизированная сварка в защитном газе хороший способ сварки, который может получать качественные сварные соединения.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Согласно обзору литературы, на сегодняшний день рационально использовать несколько способов сварки для изготовления литевых форм: ручная дуговая и механизированная в защитном газе плавящимся электродом.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности разработки и определим направление для ее реализации. Позиция разработки и конкурентов оценивается баллами по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (16)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
1. Удобство в применении	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
2. Возможности проекта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75

Продолжение таблицы 9

3. Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
4. Эффективность применения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,55	0,3
2. Уровень проникновения на	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Квалифицированные кадры	0,05	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Итого	1	38	36	35	4,35	4,05	3,95
<i>Примечание:</i>							
<i>Б<sub>ф</sub></i> – механизированная сварка в среде защитных газов;							
<i>Б<sub>к1</sub></i> – автоматическая сварка под флюсом;							
<i>Б<sub>к2</sub></i> – ручная дуговая сварка.							

Опираясь на полученные данные, можно судить, что модернизированная технология, рассмотренная в ВКР, эффективнее, чем методы, применяемые конкурентами. Разработка выполнялась в соответствии со стандартами ЕСТПП.

## 4.2 Планирование технического проектирования работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных работ.

### 4.2.1 Структура работ в рамках проектирования

Для выполнения научно-технической работы была сформирована рабочая группа в составе: научного руководителя (к.т.н., доцент) и студента.

Произведено распределение исполнителей по видам работ.

Полученные данные приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель, студент
	2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент
Основной этап	3	Выполнение технологической части работы: - выбор марки стали; - оценка свариваемости стали; - выбор способа сварки; - подбор сварочного оборудования и материалов; - расчет параметров режима сварки; - разработка технологии сборки и сварки литьевой формы	Студент
	4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	5	Проектирование приспособлений для сварки.	Студент
	6	Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
Заключительный этап	7	Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Студент
	8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент
	9	Подготовка к защите ВКР.	Студент

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников технического проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проектирования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула [16]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (17)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

#### 4.2.3 Разработка проведения работ технического проектирования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе таблицы 11 строится календарный план-график (таблица 12). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени ВКР.

Таблица 11 – Временные показатели проведения технического проектирования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работы в рабочих днях, $T_{pi}$
		$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни	
- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель	1	1	1	1
	Студент	1	1	1	1
Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	10	15	12	12
Выполнение технологической части работы: - выбор марки стали; - оценка свариваемости стали; - выбор способа сварки; - подбор сварочного оборудования и материалов; - расчет параметров режима сварки; - разработка технологии сборки и сварки литьевой формы	Студент	25	30	27	27
Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Студент	2	3	2,4	2,4
Проектирование приспособлений для сварки.	Студент	20	23	21,2	21,2
Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Студент	2	3	2,4	2,4
Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Студент	12	15	13,2	13,2
Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	10	15	12	12
Подготовка к защите ВКР.	Студент	2	3	2,4	2,4
	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4

На разработку проекта затрачивается 94 дня, из которых 94 дня задействован студент и 9 дней задействован научный руководитель.

Таблица 12 – Календарный план-график проведения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кол-во дней, Три	Продолжительность выполнения работы, календарные дни																	
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	- Составление и утверждение темы ВКР;	Научный руководитель	1	■																	
	- Составление и утверждение технического задания;	Студент	1	□																	
2	- Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Студент	12		▬																
3	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	27			▬															
4	Выполнение технологической части работы.	Научный руководитель	1							■											
		Студент	2,4							▬											
5	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Студент	21,2								▬										
6	Проектирование приспособлений для сварки.	Научный руководитель	2																		
		Студент	2,4																		
7	Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Студент	13,2																		
8	Выполнение других разделов.	Студент	12																		
9	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	2,4																		
		Научный руководитель	2,4																		
9	Подготовка к защите ВКР.	Студент	2,4																		
		Научный руководитель	2,4																		

▬ – Студент ■ – Научный руководитель

### 4.3 Определение норм времени на сварку

Техническое нормирование производится в целях установления необходимых затрат времени на выполнение заданной работы в определенных организационно-технических условиях при полном и эффективном использовании средств в производстве и с учетом опыта передовых рабочих.

Нормирование механизированной и ручной дуговой сварки проводим по методике А.Д. Гитлевича Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах [17]. Рассчитаем основное время для каждого типа соединения (таблица 13).

Таблица 13 – Основное время для сварки в среде защитных газов и ручной дуговой сварки (на один стык)

Исходные данные	Сравниваемые способы	
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе
Скорость сварки, м/ч		
Стыковое	19	13,2
Тавровое Δ8	33	85
Тавровое Δ4	8,7	21

Определение основного времени на сварку производится по формуле:

$$t_0 = \sum \frac{60}{V_{св}}, \quad (18)$$

где  $V_{св}$  - скорость сварки шва для данного типоразмера, м/ч.

Подставляем значения в формулу (18) и получаем для РДС:

$$t_{01} = \frac{60}{19} + \frac{60}{33} + \frac{60}{8,7} = 11,9 \text{ мин}$$

Подставляем значения в формулу (18) и получаем для механизированной сварки:

$$t_{01} = \frac{60}{21} + \frac{60}{85} + \frac{60}{21} = 6,7 \text{ мин}$$

Разница во времени основной сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 5,2 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 44 %.

Необходимые данные для расчета значений времени  $t_{с.ш}$ ,  $t_{с.шз}$ , а также коэффициента  $k_{об}$  получены из работы Гитлевича [17] (таблица 14).

Таблица 14 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Зачистка свариваемых кромок от налета и ржавчины перед сваркой	0,3	0,3
Зачистка сварного шва от окисных пленок	-	0,3
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,7	0,4
Осмотр и промер шва	0,37	0,3
Смена электродов	0,25	-
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку автомата	-	0,1
Подтягивание проводов	-	0,25
Зачистка шва от шлака после выполнения каждого прохода	0,6	-
Возврат сварщика в исходное положение	-	0,15
Откусывание огарков проволоки	-	0,1
Итого	2,2	1,9

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 0,3 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 14 %.

Разница во вспомогательном времени, связанном с изделием и работой оборудования между РДС и механизированной сваркой, составляет 3 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 40 % (таблица 15).

Таблица 15 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Установка полуавтомата в начале шва, возврат, отключение	-	2,7
Установка, снятие и транспортировка изделия	4	4
Закрепление, открепление	-	0,5
Перемещения сварщика в исходное положение	0,2	-
Клеймение шва	0,21	0,21
Итого	4,41	7,41

Для механизированной сварки  $t_{n.з} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$  мин;

Для РДС  $t_{n.з} = 4 + 2 + 0 + 1 + 2 + 2 = 11$  мин.

Разница в подготовительно-заключительном времени между РДС и механизированной сваркой, составляет 9 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 45 % (таблица 16).

Таблица 16 – Подготовительно-заключительное время для механизированной сварка и РД сварки

№ п/п	Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
			простая	сложн.
Время на партию, мин				
1	Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	автоматическая	4,0	6,0
2	Ознакомление с работой	автоматическая	3,0	5,0
		ручная	2,0	4,0
3	Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	автоматическая	4,0	4,0
4	Установка, настройка и проверка режимов сварки	автоматическая	3,0	3,0
		ручная	1,0	1,0
5	Подготовка рабочего места и приспособление к работе	автоматическая	4,0	7,0
		ручная	2,0	4,0
6	Сдача работы	автоматическая	2,0	3,0
		ручная	2,0	3,0

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{вш}) \cdot l + t_{виз}] \cdot K_{об}, \quad (19)$$

где  $t_0$  - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{вш}$  - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

$l$  - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{виз}$  - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$k_{об}$  - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

Подставляем значения в формулу (19) и получаем для РДС:

$$T_{шт1} = [(3,2 + 2,22) \cdot 12,848 + 4,41] \cdot 1,1 = 81,5 \text{ мин};$$

$$T_{шт2} = [(1,8 + 2,22) \cdot 13,767 + 4,41] \cdot 1,1 = 65,7 \text{ мин};$$

$$T_{шт3} = [(6,9 + 2,22) \cdot 0,8 + 4,41] \cdot 1,1 = 12,9 \text{ мин}.$$

Общее штучное время:

$$T_{шт} = T_{шт1} + T_{шт2} + T_{шт3} = 81,5 + 65,7 + 12,9 = 160 \text{ мин}$$

Подставляем значения в формулу (19) и получаем для механизированной сварки:

$$T_{шт1} = [(3 + 1,9) \cdot 12,848 + 7,41] \cdot 1,12 = 79 \text{ мин};$$

$$T_{шт2} = [(0,7 + 1,9) \cdot 13,767 + 7,41] \cdot 1,12 = 48,4 \text{ мин};$$

$$T_{шт3} = [(3 + 1,9) \cdot 0,8 + 7,41] \cdot 1,12 = 12,7 \text{ мин}.$$

Общее штучное время:

$$T_{шт} = T_{шт1} + T_{шт2} + T_{шт3} = 79 + 48,4 + 12,7 = 140 \text{ мин}$$

Разница в штучном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 20 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 13 % (таблица 17).

Таблица 17 – Определим штучное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$t_0$ – основное время на сварку, мин/м	11,9	8,2
$t_{в.ш.}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог.м шва в мин	2,22	1,9
$l$ – общая длина швов	$l_1 = 12,848; l_2 = 13,767; l_3 = 0,8;$	
$t_{в.и.}$ – вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования	4,41	7,41
$k_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,1	1,12

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \times 60}{T_{шт}}, \quad (20)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность одной рабочей смены, ч

$T_{шт}$  – штучное время, мин

Подставляем значения в формулу (20) и получаем для РДС:

$$n = \frac{8 \times 60}{160} \approx 3 \text{ шт.}$$

Подставляем значения в формулу (20) и получаем для механизированной сварки:

$$n = \frac{8 \times 60}{140} \approx 3 \text{ шт.}$$

Разница в размере партии между РДС и механизированной сваркой отсутствует (таблица 18).

Таблица 18 – Количество свариваемых форм за смену

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8
$T_{шт}$ – штучное время, мин	160	140

Для дуговой сварки в условиях серийного производства норма времени рассчитывается по формуле:

$$T_{шт} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (21)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

$t_{п.з.}$  – подготовительно заключительное время

$n$  – размер партии

Подставляем значения в формулу (21) и получаем для РДС:

$$T_{шт} = 160 + \frac{13}{3} = 164 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (21) и получаем для механизированной сварки:

$$T_{шт} = 140 + \frac{20}{3} = 147 \text{ мин.}$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 17 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 10 % (таблица 19).

Таблица 19 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$T_{шт}$ – штучное время	160	140
$t_{нз}$ – подготовительно – заключительное время	13	20
n – количество смен	3	3

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_n = F \cdot l \cdot \gamma, \quad (22)$$

где F – площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

l – длина шва, м;

$\gamma$  - плотность наплавляемого металла.

Подставляем значения в формулу (22) и получаем для РДС:

$$G_{н1} = 4,5 \times 12,848 \times 7,8 = 451 \text{ г};$$

$$G_{н2} = 2,6 \times 13,767 \times 7,8 = 279 \text{ г};$$

$$G_{н3} = 10 \times 0,8 \times 7,8 = 62 \text{ г};$$

$$G_{общ} = 0,8 \text{ кг.}$$

Подставляем значения в формулу (22) и получаем для механизированной сварки:

$$G_{н1} = 8 \times 12,848 \times 7,8 = 801 \text{ г};$$

$$G_{н2} = 2 \times 13,767 \times 7,8 = 215 \text{ г};$$

$$G_{н3} = 8 \times 0,8 \times 7,8 = 50 \text{ г};$$

$$G_{общ} = 1,1 \text{ кг.}$$

Разница массе наплавленного металла между РДС и механизированной сваркой, составляет 0,3 кг, что в процентном соотношении дает увеличение массы на 27 % (таблица 20).

Таблица 20 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
F – площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>		
C4	4,5	8
T1-Δ8	2,6	2
T1-Δ4	10	8
<i>l</i> – длина шва, м	$l_1 = 12,848; l_2 = 13,767; l_3 = 0,8$	
$\gamma$ – плотность наплавленного металла	7,8	7,8

#### 4.4 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат [16].

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- сварочные материалы;
- защитный газ;
- основная зарплата;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- электроэнергия;
- ремонт оборудования.

##### 4.4.1 Затраты на сварочные материалы

Основные данные по затратам на сварочные материалы представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$g_{nm}$ - масса наплавленного металла, кг/изд	0,792	1,066
$k_n$ - коэффициент, учитывающий отношение веса проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08
$C_{cm}$ – цена электродов, руб/кг сварочной проволоки, руб/кг	135	80,5

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot C_{cm}, \quad (23)$$

где  $g_{nm}$  – масса наплавленного металла, кг/изд

$k_n$  – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла

$C_{cm}$  – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг

Подставляем значения в формулу (23) и получаем для РДС:

$$C_{cm} = 0,792 \times 135 \times 1,6 = 171 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (23) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{cm} = 1,066 \times 80,5 \times 1,08 = 73 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между РДС и механизированной сваркой, составляет 98 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 57 %.

#### 4.4.2 Затраты на защитный газ

Основные данные по затратам на защитный газ представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Затраты на защитный газ

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная сварка
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	-	10
$t_0$ - основное время на сварку, мин/м	-	$t_{01} = 3$ $t_{02} = 0,7$ $t_{03} = 3$
$l$ - длина сварного шва, м/издел	-	$l_1 = 12,848;$ $l_2 = 13,767;$ $l_3 = 0,8$
$Ц_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	-	0,033

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot Ц_{газ}, \quad (24)$$

где  $g_{газ}$  - норма расхода газа, л/мин

$t_0$  - основное время на сварку, мин/м

$l$  - длина сварного шва, м/издел

$Ц_{газ}$  - цена за единицу газа руб/л

Подставляем значения в формулу (24) и получаем для автоматической сварки:

$$C_{газ} = 0,033 \times 10 \times ((3 \times 12,848) + (0,7 \times 13,767) + (3 \times 0,8)) = 17 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на защитный газ между РДС и механизированной сваркой, составляет 17 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 100 %, т.к. при РДС защитный газ не применяется.

#### 4.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Основные данные по затратам на заработную плату рабочим представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	30000	30000
$F_{мп}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мп} \approx 172$ часов/месяц	172	172
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	164	147

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мп} \cdot 60}, \quad (25)$$

где  $C_{мз}$  – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий;

$F_{мп}$  – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц;

$t_{шк}$  – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд.

Подставляем значения в формулу (25) и получаем для РДС:

$$C_3 = \frac{30000 \times 164}{172 \times 60} = 477 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (25) и получаем для механизированной сварки:

$$C_3 = \frac{30000 \times 147}{172 \times 60} = 427 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между РДС и механизированной сваркой, составляет 50 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 11 %.

#### 4.4.4 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Основные данные по затратам на отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$k_{отч}$ – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы	30 %	30 %
$C_3$ – Затраты на заработанную плату рабочих	477	427

Определение затрат на отчисления во внебюджетные фонды производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}, \quad (26)$$

где  $k_{отч}$  – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы;

$C_3$  – Затраты на заработанную плату рабочих

Подставляем значения в формулу (26) и получаем для РДС:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 477}{100} = 143 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (26) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 427}{100} = 128 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на отчисления во внебюджетные фонды между РДС и механизированной сваркой, составляет 15 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 11 %.

#### 4.4.5 Затраты на электроэнергию

Основные данные по затратам на электроэнергию представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$U$ – напряжение, В	23	23
$I$ – сила тока, А	80	120
$t_o$ – основное время сварки, мин/м	$t_{01} = 3,2$ $t_{02} = 1,8$ $t_{03} = 6,9$	$t_{01} = 3$ $t_{02} = 0,7$ $t_{03} = 3$
$l$ – длина сварного шва, м/изд	$l_1 = 12,848$ ; $l_2 = 13,767$ ; $l_3 = 0,8$ ;	
$\eta$ – коэффициент полезного действия источника питания	0,8	0,85
$\text{Ц}_{эл}$ – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	5,4	5,4

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \text{Ц}_{эл}, \quad (27)$$

где  $U$  – напряжение, В;

$I$  – сила тока, А;

$t_o$  – основное время сварки, мин/м;

$l$  – длина сварного шва, м/изд;

$\eta$  – коэффициент полезного действия источника питания;

$\text{Ц}_{эл}$  – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (27) и получаем для РДС:

$$C_{эм} = \frac{5,4}{0,8 \times 60 \cdot 1000} \times ((23 \times 80 \times 3,2 \times 12,848) + (23 \times 80 \times 1,8 \times 13,767) + (23 \times 80 \times 6,9 \times 0,8)) = 15 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (27) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{эм} = \frac{5,4}{0,85 \times 60 \cdot 1000} \times ((23 \times 120 \times 3 \times 12,848) + (23 \times 120 \times 0,7 \times 13,767) + (23 \times 120 \times 3 \times 0,8)) = 15 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 0 руб, что в процентном соотношении не дает изменения затрат.

#### 4.4.6 Затраты на ремонт оборудования

Основные данные по затратам на ремонт оборудования представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$\Pi_j$ – цена оборудования соответствующего вида	6860	114212
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
$t_{шк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	164	147
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч (в 2020 при 8 часовом р. д.)	1984	1984
$k_3$ – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (28)$$

где  $\Pi_j$  – цена оборудования соответствующего вида;

$k_{рем}$  – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт;

$t_{шк}$  – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд;

$F_{го}$  – годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (28) и получаем для РДС:

$$C_p = \frac{6860 \cdot 0,25 \cdot 164}{1984 \cdot 0,8 \cdot 60} = 3 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (28) и получаем для механизированной сварки:

$$C_p = \frac{114212 \cdot 0,25 \cdot 147}{1984 \cdot 0,8 \cdot 60} = 44 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 41 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 93 %.

#### 4.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Основные данные по текущим затратам представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Результаты расчетов

Наименование	РДС	Механизированная сварка	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы			
Сварочная проволока	-	171	-171
Электроды	73	-	+73
2. Защитный газ	-	17	-17
3. Основная зарплата	477	427	+50
4. Отчисления во внебюджетные фонды	143	128	+15
5. Электроэнергия	10	10	0
6. Ремонт	3	44	-41
Итого	804	699	+105

По результатам расчетов разница в общих затратах на изготовление одного изделия между РДС и механизированной сваркой, составляет 105 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 13 %.

Проведен технико–экономический анализ процесса изготовления литьевой формы ручной дуговой сваркой и механизированной сваркой в среде углекислого газа.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 17 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 10 %. По затратам на сварку изделия выгодна механизированная сварка. Она обходится дешевле на 105 руб.

Можно сделать вывод, что применение механизированной сварки в среде углекислого газа экономически оправдано.

## **5 Социальная ответственность**

Объектом разработки является технология изготовления литейной формы плит перекрытия механизированной сваркой в среде углекислого газа.

Общий размер цеха составляет 2000 м<sup>2</sup>. Рабочее место на сварочном участке, составляет 100 м<sup>2</sup>. Следует отметить, что площадь одного рабочего места сварщика не должна быть меньше 4,5 м<sup>2</sup>.

Оборудование: полуавтомат для сварки EWM Saturn 301 MIG/MAG.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

При подготовке сборочно-сварочных работ, инженеру сварочного производства необходимо руководствоваться следующими документами:

- Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. Минэнерго России) (7-ое издание) [18];

- СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (с Изменением N 1) [19];

- ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание) [20];

- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы [21];

- ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1) [22];

- ГОСТ 12.1.019–2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [23];

- ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования (с Изменением N 1) [24];

- СанПиН 3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [25].

## 1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

На сварочном участке производится изготовление литейной формы плит перекрытия. При изготовлении осуществляются следующие операции: сборка и механизированная сварка в среде углекислого газа, слесарные операции.

При изготовлении литейной формы на участке используется следующее оборудование:

Сварочный аппарат EWM Saturn 301 MIG/MAG 1 шт.

Углошлифовальная машина Bosh 1 шт.

Перемещение изделия производят краном мостовым грузоподъемностью 5 т.

В качестве основного материала используют сталь марки: СтЗсп. Сварка производится механизированным способом в среде углекислого газа проволокой Св-08Г2С.

Проектируемый участок находится во втором пролете механического цеха ООО ЗКПД ТДСК, поэтому освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стене здания, а также восьмью светильниками, расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона.

Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2 шт.) автомобильным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью  $S = 100 \text{ м}^2$ .

Рабочее место сварщика соответствует требованиям ГОСТ 12.0.003-2015 [26].

## 5.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование сварочного аппарата EWM Saturn 301 MIG/MAG и механизированной сваркой в среде углекислого газа, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [26]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 28.

Таблица 28 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [26]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Ручная дуговая сварка покрытым и электродам и 2) Работа со сварочным оборудованием	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; [17, 20]; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; [22]; 3. Неудовлетворительный микроклимат [21, 23]; 4. Вредные вещества 5. Психофизические факторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза).	1. Электрический ток [30] 2. Повышенный уровень напряженности электростатического поля [24].	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [27] СанПиН 3359-16 [25] СП 52.13330.2016 [19] СанПиН 2.2.4.548-96 [28] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [21] ГОСТ 30494-2011 [29]

## 5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

### Электробезопасность:

При сварке используется сварочный аппарат EWM Saturn 301 MIG/MAG. Номинальное напряжение холостого хода источников питания дуговой сварки не должна превышать значений, приведенных в таблице 29.

Таблица 29 – Допустимая номинальное напряжение холостого хода

Рабочие условия сварки	Род тока и номинальное напряжение холостого хода , В , не более
Сварка с механическим перемещением горелки, с повышенной защитой сварщика	(=) 14 среднее значение

Безопасность работы с электрооборудованием достигается при следующих условиях:

1. Исправное состояние всех электрических блокировок;
2. Надежное защитное заземление корпусов всех блоков аппаратуры;
3. Исправное состояние электронной пушки и сварочной камеры.

К эксплуатации и технического обслуживания оборудования допускаются лица, прошедшие соответствующую подготовку, знающие правила техники безопасности при работе с оборудованием.

Опасным для жизни лиц, эксплуатирующих и обслуживающих аппаратуру, является сетевая трехфазное напряжение 380 В, ускоряющее напряжение 60 кВ.

Меры безопасности при работе и обслуживании аппаратуры согласно ПУЭ [18]:

- обязательное заземление всех блоков аппаратуры с помощью кабелей заземления, которыми комплектуется аппаратура;
- места подключения заземления должны быть обозначены знаками;
- величина сопротивления контура заземления не должна превышать 4 Ом;
- пересечение контура заземления должно быть не менее 80 мм<sup>2</sup>.

Помещения по электробезопасности подразделяются на 3 группы [18]:

1. Помещение без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50 %.

2. Помещение с повышенной опасностью (где имеется один из следующих признаков: повышенная температура, влажность 70-80%, токопроводящие полы, металлическая пыль, наличие заземления, большого к-ва оборудования).

3. Помещения особо опасные, в которых имеется наличие двух признаков из второй группы или имеются в помещении едкие или ядовитые взрывоопасные вещества.

В нашем случае помещение относится к 1ой группе электробезопасности.

*Средства коллективной защиты (СКЗ):*

- изолирующие (изолирующие штанги, изол. клещи, указатели напряжения, диэл. перчатки, галоши и боты, ручной изолирующий инструмент, диэл. ковры и изолирующие подставки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые, гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ в электроустановках до 1кВ, устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях, спецсредства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в установках под напряжением 110кВ и выше);

-основные;

-дополнительные;

-неизолирующие (плакаты и знаки безопасности, переносные заземления, защ ограждения, сигнализаторы наличия напряжения).

*Средства защиты от электрических полей повышенной напряженности (330 кВ и выше):*

-коллективные средства защиты (съемные и переносные экраны и плакаты безопасности);

-индивидуальные средства защиты (комплекты индивидуальные экранирующие).

### *Средства индивидуальной защиты (СИЗ):*

-средства защиты головы, средства защиты глаз и лица, средства защиты органов дыхания, средства защиты рук, средства защиты от падения с высоты, одежда специальная защитная.

### Основные изолирующие ЭЗС до 1 кВ:

-изолирующие штанги, изолирующие клещи, указатели напряжения, электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, ручной изолирующий инструмент.

Допускаемые параметры силы тока не должны превышать  $I < 0,1$  А; напряжения  $U < 36$  В; сопротивления  $R_{\text{заземл}} < 4$  Ом.

### Дополнительные изолирующие ЭЗС до 1 кВ:

-диэлектрические галоши, диэлектрические ковры и изолирующие подставки, изолирующие колпаки, покрытия и накладки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

На узлах и блоках аппаратуры, где есть высокое напряжение, нанесены предупредительные знаки высокого напряжения.

Рабочее место и территория, на которой размещается аппаратура, должны быть чистыми и не иметь посторонних предметов и оборудования.

Обслуживание и ремонт аппаратуры должны производиться при отключенной сети. При этом на рубильнике, который отключает сеть, должна вывешиваться предупредительный плакат: «Не включать, работают люди».

Чтобы избежать включения ускоряющего напряжения посторонними лицами, ключ от замка включения ускоряющего напряжения должен быть вынут.

### Освещение:

По категории зрительных работ ручная дуговая сварка относится к восьмой категории - общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор). Согласно СНиП 23-05-95\* требования к освещению помещений промышленных предприятий приведены в таблица 30.

Таблица 30 – Требования к освещению помещения промышленных предприятий (согласно СНиП 23-05-95\*)

Разряд зрительных работ	Общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор)			
Контраст объект с фоном	Независимое от характеристик фона и контрастности объекта			
характеристика фона				
Искусственное освещение	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

Источников освещения на участке изготовления трубных соединений обеспечивается комплексом факторов, основные из которых: характер работы, условия среды и размеры помещения. Анализируя эти факторы, делаем вывод, что наиболее удобным источником освещения является крыша.

Освещение на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

### Шум

Основными источниками шума являются отрезные машины для заготовок, сварочная дуга и питание.

Уровень шума от сварочной дуги определяется стабильностью ее горения. Поэтому при сварке покрытыми электродами и другими сварочными материалами, в содержании которых присутствуют элементы - стабилизаторы дуги, уровень шума не превышает допустимого уровня звукового давления. При сварке в углекислом газе, особенно проволокой сплошного сечения, не

отличается высокой стабильностью горения дуги , уровень звукового давления в зависимости от режима сварки может быть больше допустимых значений .

Допустимая норма уровня шума регламентируется согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Максимальный уровень шума, колеблется во времени и прерывается , не должен превышать 50-55 дБА. Максимальный уровень для импульсного шума не должен превышать 125 дБА. Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 75 дБА.

#### Защита от шума

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые.

Применение средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 [30].

Для снижения шума в производственных помещениях применяют различные методы коллективной защиты: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; рациональное размещение оборудования; борьбу с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума, использование средств звукоизоляции, звукопоглощения и установку глушителей шума, акустическую обработку поверхностей помещения.

На рабочих местах промышленных предприятий защита от шума должна обеспечиваться строительно-акустическими методами:

- применением ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией;
- применением звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей);
- применением акустических экранов;
- применением глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и в аэрогазодинамических установках;

- виброизоляцией технологического оборудования.

Применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 [30].

Для защиты от шума также широко применяются различные средства индивидуальной защиты: противозумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противозумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противозумные шлемы и каски; противозумные костюмы (ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ «Средства и методы защиты от шума» [30]).

Уровень шума на рабочем месте сварщика не более 80 дБА и соответствует нормам.

### Микроклимат

Существенное влияние на состояние организма работника, его работоспособность осуществляет микроклимат в производственных помещениях, под которым понимают климат внутренней среды этих помещений, которые определяются совместным действием на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

Производительность труда и самочувствие работающих зависят от состояния окружающей среды.

Человек работоспособна и хорошо себя чувствует, если амплитуда температуры окружающего воздуха - 18-20 ° С , относительная влажность - 40-60 % , а скорость движения воздуха - 0,1-0,2 м / с .

Нормирование параметров микроклимата заключается в установлении их оптимальных или 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").

Работа сварщика по тяжести труда относится к III категории работ, тяжелая - затраты энергии составляют 291 - 349 Вт (251 - 300 ккал/ч).

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений в теплый и холодный периоды приведены в таблице 31.

Таблица 31 – 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 0,4
	Теплая		18-20	40-60	
Допустимые параметры	Холодная	Тяжелая - III	13-19	75	0,5 0,6-0,5
	Теплая		15-26	75	

Допустимые значения температуры воздуха в производственных помещениях на постоянных рабочих местах, представленных в таблице 31, можно повышать в теплый период года при сохранении приведенных там же значений относительной влажности воздуха следующим образом :

- На 3 °С, но не более чем до 31 °С - в помещениях с незначительным избытком явной теплоты;

- 5 °С (до 33 °С) - при значительных излишках явной теплоты;

- 2 °С (до 30 °С) - в помещениях, где по технологии производства требуется искусственное поддержание соответствующих температуре и относительной влажности воздуха независимо от величины избытка явной теплоты.

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 СанПиН 2.2.4.548-96, температура внутренних поверхностей помещений (стены, пол, потолок), а также температура наружных поверхностей технологического оборудования или его защитных устройств (экранов и т.п.) Не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для данной категории работ - тяжелая III, указанных в таблице 31.

Помещения, в которых проходит сварка оснащены приточно - вытяжной вентиляцией не менее с трехкратным обменом.

Микроклимат на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

#### Вредные вещества

При сварке в зону дыхания рабочих могут поступать сварочные аэрозоли, содержащие в составе твердой фазы окислы различных металлов (марганца, хрома, никеля, меди, алюминия, железа), их окислы и другие соединения, а также газы (окись углерода, озон, фтористый водород, окислы азота). Количество и состав сварочных аэрозолей, их токсичность зависят от химического состава сварочных и свариваемых металлов. Предельно допустимые концентрации вредных веществ, встречающихся в воздухе рабочей зоны при производстве сварочных работ по ГОСТ 12.1.005-88 [31] представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ [31]

Вредные вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	5	2	П
Алюминий и его сплавы, оксид алюминия (в том числе, с примесью диоксида кремния) в виде аэрозоля конденсации	2	4	А
Железа оксид с примесью оксидов марганца (до 3 %), легированные стали и их смеси с алмазом до 5 %	6	4	А
Железа оксид с примесью оксидов фтористых или 3...6 % марганцовых соединений	4	4	А
Марганец (до 20 % в сварочном аэрозоле)	0,2	2	А
Никель, оксид никеля	0,05	1	А
Озон	0,1	1	П
Углерода оксид	20	4	П
Фтористый водород	0,5/0,1	2	П

К средствам защиты органов дыхания относятся противогазы, полумаски, респираторы. Применяемые средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011 -89 [32].

#### Психофизические факторы

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам. Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной и полуавтоматической сварке вызывают перенапряжение нервной и костно-мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя, шлангового держателя полуавтомата), гибкости шлангов и проводов, длительности непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, стоя на коленях, лежа на спине).

Наибольшие физические нагрузки ощущаются при выполнении сварочных работ полусидя и стоя при сварке в потолочном положении или лежа на спине в труднодоступных местах.

Динамическое перенапряжение связано с выполнением тяжелых вспомогательных работ: доставка на рабочее место заготовок, сварочных материалов, подъем и переноска приспособлений, поворот свариваемых узлов. Такие нагрузки приводят к утомляемости сварщиков и ухудшению качества сварных швов.

Нервно-психические нагрузки приводят к перенапряжению зрительных анализаторов и возникновению нервно-эмоционального напряжения у сварщиков. Эти нагрузки зависят от напряжения зрения, вызванного непрерывными наблюдениями за недостаточно контрастными элементами зоны сварки небольших размеров (сварочная ванна, зазор в стыке, глубина кратера, шов, затвердевает и т.д.), ответственностью за высокое качество сварных соединений и сложностью работы. Перенапряжение зрительных анализаторов может привести к усталости и как следствие - к нарушению сократительной функции мышц глаз. Нервно-эмоциональное напряжение может нарушить функциональное состояние сердечно-сосудистой и центральной нервной систем (повышение артериального давления, изменение латентного (скрытого) периода двигательной реакции).

Профилактика физиологической перегрузки: механизация и автоматизация труда, рационализация рабочей позы, производственная гимнастика, временное переключение на другую работу, обучение правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

Технологические меры - создание наиболее благоприятных технологических условий для уменьшения утомляемости (механизация, автоматизация,

Рационализация трудового процесса (экономичность, ритмичность, перерывы, отдых и т.д.). Режим работы играет важную роль и определяется тяжестью работы: чем тяжелее работа, тем перерывы чаще и короче. В течение

рабочего дня необходим большой перерыв (обеденный). Хороший эффект дает также производственная гимнастика.

Рационализация санитарно-гигиенических условий.

Повышение квалификации (тренированности) работников.

Высококвалифицированные рабочие обычно утомляются позже.

### Статическое электричество

От накопления и опасных проявлений статического электричества защита основана на следующих принципах:

- рассеяние возникающих электростатических зарядов путем увеличения проводимости самих материалов и окружающей среды;
- уменьшение процесса генерации электрических зарядов (ограничение скорости переработки и транспортирования материалов);
- исключение опасных разрядов статического электричества (заземление проводящих объектов).

Заземление является обязательной мерой защиты от статического электричества, но на процесс накопления электростатических зарядов в диэлектриках оно практически не влияет. Повышенное внимание должно уделяться заземлению различных передвижных объектов или вращающихся элементов оборудования. Оборудование считается электростатически заземленным, если сопротивление в любой его точке при самых неблагоприятных условиях не превышает 10<sup>6</sup> Ом. Заземление диэлектрического оборудования может быть осуществлено нанесением на его поверхность проводящих покрытий (пленок).

Для отвода в землю зарядов статического электричества с электропроводящей подошвой, антиэлектростатическая спецодежда и предусматривается устройство электропроводящих полов.

На рабочем месте сварщика используемое оборудование заземлено и обеспечивает защиту от воздействия статического электричества.

### 5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

#### 5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, должно производиться своевременно и организовано, при этом:

Для каждого источника загрязнения атмосферы должна быть установлена предельно допустимая норма выброса в соответствии с СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Степень очистки сточных производственных вод должна отвечать требованиям Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами.

Отходы производства должны подвергаться утилизации и обезвреживанию, организованному хранению в отвалах или захоронению. Особо опасные отходы должны подвергаться захоронению в специальных могильниках.

Отходами в сварочном производстве дуговой сварки являются:

- металлолом черных и цветных металлов и сплавов;
- отработанные абразивные круги;
- мусор от уборки территории;
- сварочный шлак;
- промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка и др.

Сбор отходов производится:

- в специальные контейнеры;

- на специальные площадки для крупногабаритных отходов (металлолом);
- на территориях цехов;
- в иные места (помещения) для временного хранения отходов

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов. На территории предприятия устраивают специальные бетонированные или асфальтированные площадки для размещения контейнеров. Площадка должна быть с водонепроницаемым покрытием. Подъезды к местам, где установлены контейнеры, должны освещаться и иметь дорожные покрытия с учетом разворота машин и выпуска стрелы подъема контейнеровоза или манипулятора. Для предотвращения засорения территории предприятия отходами устанавливаются урны емкостью не менее 10 л. У каждого входа в производственные цеха должно быть расположено не менее 1 урны. Места размещения урн на территории предприятия определяются руководством в зависимости от интенсивности использования территории.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами (отработанные масла, ветошь, масляные фильтры) организуются специальные места хранения (обособленное помещение, выполненное из металлических листов), исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

Перемещение отходов на территории промышленного предприятия должно соответствовать санитарно-эпидемиологическим требованиям, предъявляемым к территориям и помещениям промышленных предприятий. При перемещении отходов в закрытых помещениях следует использовать автопогрузчики.

Для предприятий особенно важна устаревшего оборудования и микросхем, большинство оборудования в микросхемах и платах содержит небольшое количество драгоценных металлов, например, золота или платины, при утилизации техники происходит их переработка и направление в государственный фонд, об этом говорится в Федеральном законе №41.

Федеральный закон №89 запрещает предприятиям заниматься самостоятельной утилизацией опасных отходов. Данным видом деятельности

могут заниматься только специализированные организации, к примеру, предприятия, которые занимаются утилизацией компьютеров, оргтехники и других электронных отходов.

### 5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

На участке сборки и сварки литейной формы плит перекрытий для улавливания газов при электросварочных работах применяем обще-обменную приточно-вытяжную вентиляцию и местную вытяжную вентиляцию.

В процессе проведения сварочных работ выделяются разнообразные примеси, основными из которых являются твердые частицы и газы. Основными компонентами пыли при сварке оказываются окислы железа, марганца, хрома, кремния, фтористые и другие соединения. Наиболее вредными веществами, которые входят в состав покрытия и металла проволоки является хром, марганец и фтористые соединения. Воздух в рабочей зоне сварщика также загрязняется вредными газами окиси углерода.

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляется вентиляцией. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [31].

Очистка воздуха от пыли (аэрозолей) осуществляется с помощью специального оборудования различных конструкций в зависимости от размеров частиц пыли: грубая очистка (10 ... 50 мкм), среднее (более 1 мкм) и тонкие (менее 1 мкм). Для этого применяются циклоны и пылеосадительные камеры, принцип действия которых основан на использовании сил тяжести и инерции; волокнистые (тканевые) и рукавные, изготовлены из натуральных материалов (хлопок, лен, шерсть) и синтетических (полиамидные, полипропиленовые и другие волокна); ротационные пылеобразователями (в виде радиальных вентиляторов); электрофильтры, улавливающие аэрозоли за счет подзарядки их частиц в электрическом поле и дальнейшем осаждения.

Для улавливания сварочных аэрозолей в системах вентиляции и фильтровентиляционных агрегатах применяются электростатические, тканевые, бумажные и комбинированные фильтры. Назначаем вентилятор радиальный FUK – 2700 SP с двигателем типа АИР 80В2У3, мощностью 2,2 кВт.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае перемерозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Масляные обогреватели нагреваются до температуры 110-150 градусов, поэтому довольно быстро способны отопить помещение. На время отсутствия сотрудников можно выставить на термостате температуру 10-15 градусов, и не бояться, что они замерзнут, придя на работу. Главное, учитывать, что суммарная мощность обогревателей была меньше электрической мощности источника их питания. А также желательно наличие дополнительного автоматического выключателя в распределительном щите для защиты от перегрузок.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

Для успешного проведения противопожарной профилактики на предприятиях важно знать основные причины пожаров. На основе статистических данных можно сделать вывод, что основными причинами пожаров на производстве являются:

- неосторожное обращение с огнем;
- неудовлетворительное состояние электротехнических устройств и нарушения, правил их монтажа и эксплуатации;
- нарушение режимов технологических процессов;
- неисправность отопительных приборов столько нарушение правил их;
- невыполнение требований нормативных документов по вопросам пожарной безопасности.

Степень огнестойкости зданий принимается в зависимости от их назначения, категории по взрывопожарной и пожарной опасности, по этажности, площади этажа в пределах пожарного отсека согласно НАПБ Б.03.002 -2007 [32].

Цех, в котором находится сварочный участок по пожарной опасности строительных конструкций относится к категории А (Взрыво - опасная), поскольку здесь присутствуют горючие вещества (газы: ацетилен, пропан -

бутан) и взрывоопасные вещества (газовые баллоны), что при взаимодействии с огнем или пылью взрываются (таблица 33).

Таблица 33 – Классификация пожаров и рекомендуемые огнетушащие вещества ГОСТ 27331-87 [33]

класс пожара	Характеристика горючего среды или горящего объекта	Рекомендуемые огнетушащие вещества
С	Горючие газы (водород, ацетилен, углеводороды и др.)	Газовые составляющие: инертные разбавители (азот, углекислый газ), галоген - углеводородни, порошки, вода (для охлаждения)

#### *Углекислотные огнетушители ОУ-1*

Предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, электроустановок под напряжением до 1000 В, двигателей внутреннего сгорания, горючих жидкостей.

Запрещается тушить материалы, горение которых происходит без доступа воздуха.

Принцип действия основан на вытеснении двуокиси углерода избыточным давлением. При открывании запорно-пускового устройства  $CO_2$  по сифонной трубке поступает к раструбу.  $CO_2$  из сжиженного состояния переходит в твердое (снегообразное). Температура резко (до  $-70C$ ) понижается. Углекислота, попадая на горящее вещество, изолирует его от кислорода.

#### *Пенные огнетушители ОВП-4*

Предназначены для тушения пожаров и загораний твердых веществ и материалов, ЛВЖ и ГЖ, кроме щелочных металлов и веществ, горение которых происходит без доступа воздуха, а также электроустановок под напряжением.

Химический пенный огнетушитель подлежит зарядке каждый год независимо от того, использовался он или нет.

Пенными огнетушителями запрещается тушить электроустановки под напряжением.

### *Порошковые огнетушители ОП-3(з)*

Предназначены для тушения пожаров и загораний нефтепродуктов, ЛВЖ и ГЖ, растворителей, твердых веществ, а также электроустановок под напряжением до 1000 В.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» или «101» с сотового телефона.

Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В ходе работы был проведен анализ производства на предмет выявления вредных и опасных факторов на сварочном участке. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения.

Проанализированы правовые и организационные документы нормирующие сборочно-сварочные работы.

Предложены коллективные и индивидуальные меры защиты от электрического тока.

Основным источником освещения является крыша цеха с расположенным на ней фонарем.

В качестве средств борьбы с шумом предложено использование противошумных наушников.

Помещения, в которых проходит ручная дуговая сварка оснащены приточно - вытяжной вентиляцией не менее с трехкратным обменом.

Рассмотрена необходимость утилизации отходов лома металлов и промышленного мусора посредством размещения на территории цеха контейнеров и урн. Для улавливания сварочных аэрозолей назначен вентилятор радиальный FUK-2700 SP с двигателем типа АИР 80В2У3, мощностью 2,2 кВт.

В качестве проведения мер противопожарной профилактики приняты три вида огнетушителей: углекислотные огнетушители ОУ-1; пенные огнетушители ОВП-4; порошковые огнетушители ОП-3(з).

## **Заключение**

В результате выполнения ВКР была разработана технология сборки и сварки литевой формы для производства бетонных плит перекрытий.

Для решения поставленной задачи были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор сварочного оборудования.

Разработан комплект технологической документации на изготовление литевой формы плит перекрытия.

Произведено нормирование процесса сварки и сравнение с текущей технологией ручной дуговой сваркой. Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 17 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 10 %.

Разница в затратах на сварку одного метра шва между РДС и механизированной сваркой, составляет 105 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 13 %.

Для обеспечения безопасности производства были выявлены вредные и опасные факторы на сварочном участке и предложены меры по их устранению или защите от них.

## Список использованных источников

1. ГОСТ 9561-2016 Плиты перекрытий железобетонные многопустотные для зданий и сооружений. Технические условия.
2. Интернет источник: <http://zkpd.su/>
3. ГОСТ 25781-83 Формы стальные для изготовления железобетонных изделий.
4. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
5. ГОСТ 14637-89 (ИСО 4995-78) Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия (с Изменением N 1).
6. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич Е.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977. 432с. с ил.
7. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия.
8. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
9. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А. Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.3/ Под ред. Н.А. Ольшанского. 1978. 504с., ил.
10. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3).
11. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
12. ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент (с Изменениями N 1-6).
13. Интернет источник: <https://plazma-standok.ru>
14. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент (с Изменением N 1).
15. Интернет источник: <http://www.energostan.ru>

16. Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.
17. А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз, 1962 – 427 с.
18. Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. МинэнергоРоссии) (7-ое издание).
19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (с Изменением N 1).
20. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).
21. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
22. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).
23. ГОСТ 12.1.019–2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
24. ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования (с Изменением N 1).
25. СанПиН 3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
26. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
27. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.
28. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996.
29. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011.

30 ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ «Средства и методы защиты от шума».

31. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).

32. ГОСТ 12.4.011-87 (СТ СЭВ 1086-78) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

33. ГОСТ 27331-87 Пожарная техника. Классификация пожаров.

## **Приложение А**

**(обязательное)**

### **Комплект технологической документации**





Дубл.			
Взам.			
Подл.			

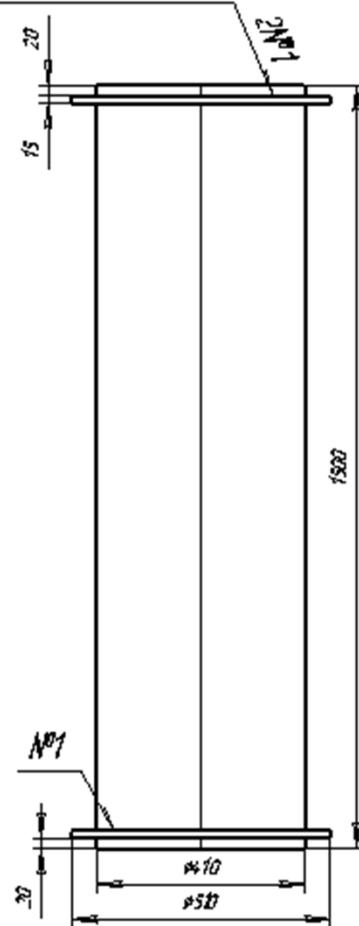
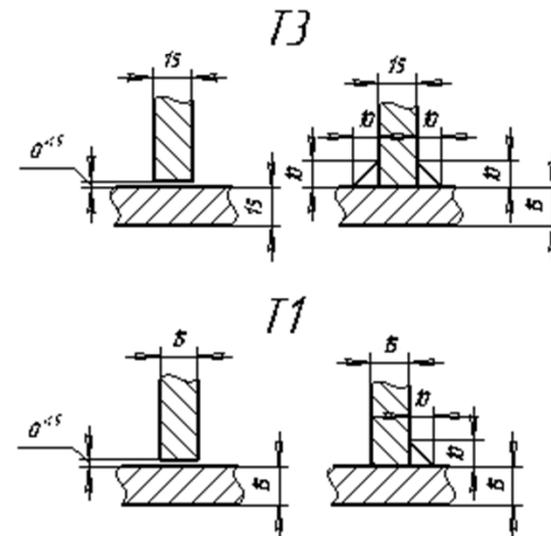
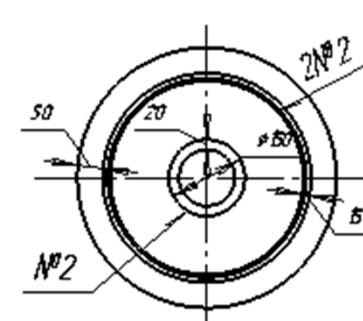
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.00007

3

ФЮРА 20190.0003

## Позиция 1

ГОСТ 8713-79-Т3-АФ- $\Delta$  10ГОСТ 8713-79-Т1-АФ- $\Delta$  10

КЭ

Карта эскизов

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

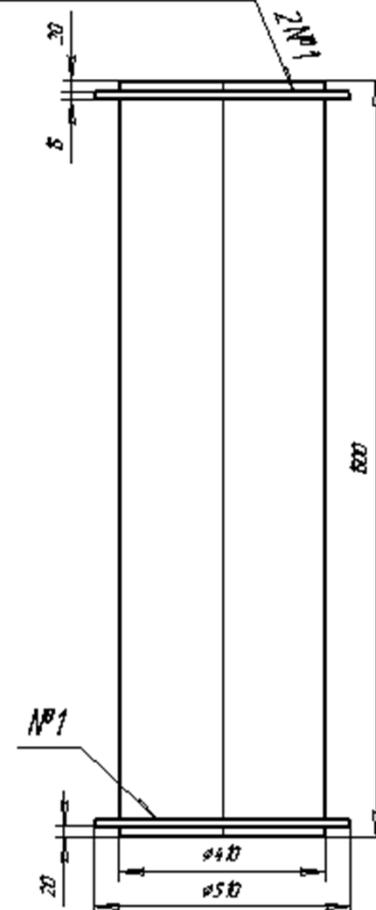
ФЮРА 02190.00007

4

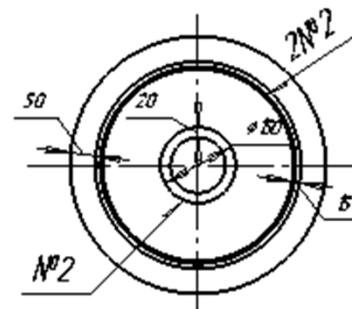
ФЮРА 20190.0004

*Позиция 2  
(после контования)*

ГОСТ 8713-79-Т3-АФ-△10



ГОСТ 8713-79-Т1-АФ-△10



КЭ

Карта эскизов







													ГОСТ 3.1118-82 форма 2а										
Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
													ФЮРА.02190.00007				4						
													ФЮРА.10190.00004										
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа													
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.							
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.								
A01	1	1	1	060	Сборка литьевой формы					ГОСТ 14771-76													
B02	Кран-балка, сварочный инвертор EWM Saturn 301 MIG/MAG					1	18466	4	1	2													
M03	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002																	
M04	Сварочная проволока Ø1,2 мм, углекислый газ высший сорт					ГОСТ 2246-70, ГОСТ 8050-85																	
O05	1. Собрать литьевую форму, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0004																						
O06	2. Сделать прихватки механизированной сваркой в среде защитных газов длиной 20-30 мм с шагом 300-400 мм																						
T07	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																						
A08	1	1	1	065	Сварка литьевой формы					ГОСТ 14771-76													
B09	Кран-балка, сварочный инвертор EWM Saturn 301 MIG/MAG					1	19905	5	1	2													
M10	Круги отрезные (толщина 1,6-2,0 мм) и абразивные (толщины 4-6 мм)					ГОСТ 21963-2002																	
M11	Сварочная проволока Ø1,2 мм, углекислый газ высший сорт					ГОСТ 2246-70, ГОСТ 8050-85																	
O12	1. Сварить литьевую форму механизированной сваркой в среде углекислого газа, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0004																						
T13	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																						
14																							
МК																							

ГОСТ 3.1118-82 форма 2а

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			

ФЮРА.02190.00007

5

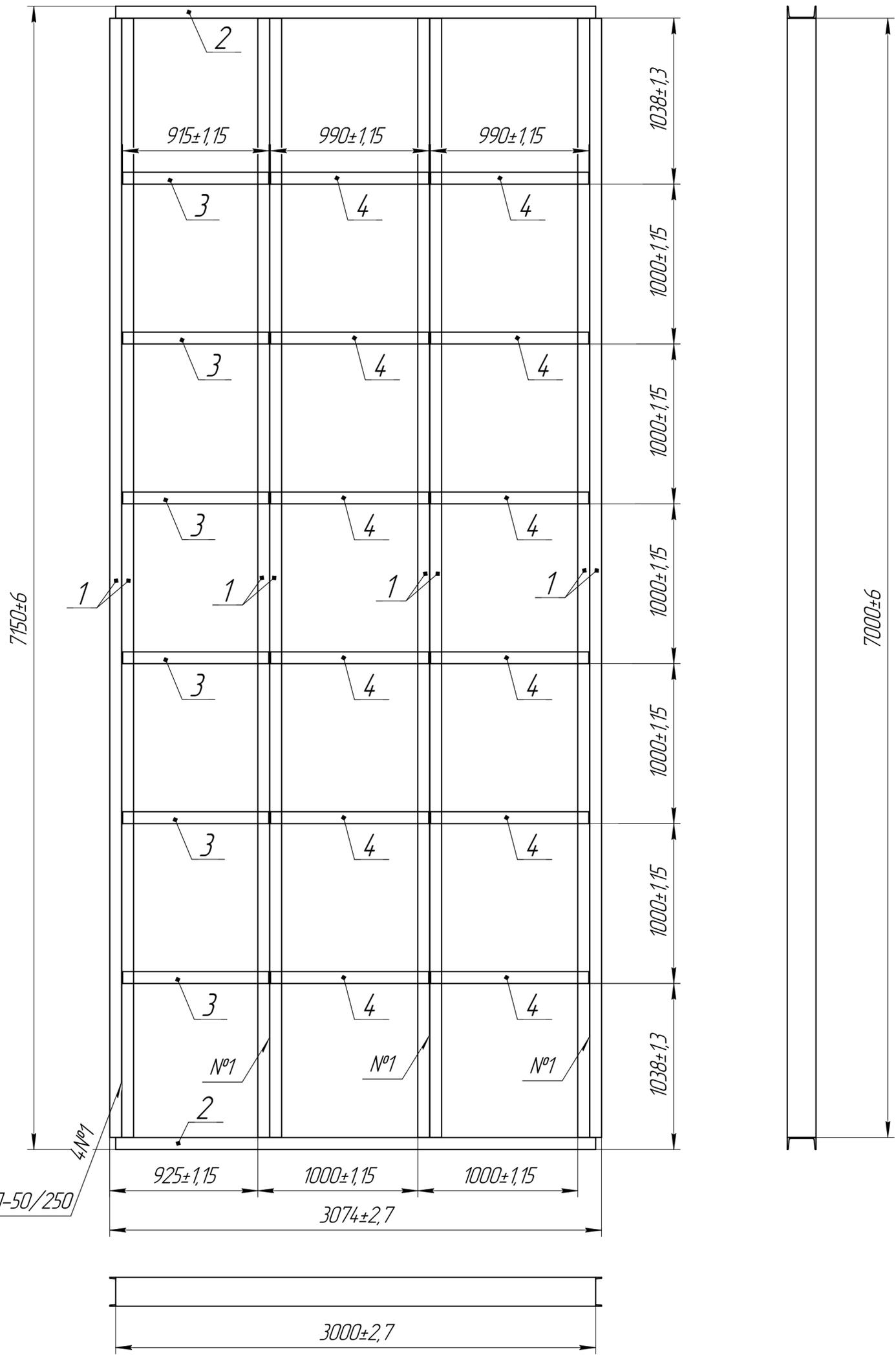
ФЮРА.10190.00005

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции	Обозначение документа														
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расч.				
A01	1	1	1	070	Контроль ВИК	ГОСТ 14771-76														
O02	1. Произвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-5 шт диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натеки зачистить. Проверить соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ГОСТ 14771-76. Проверить ширину шва, высоту соединения.																			
T03	Линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10х ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.																			
A04	1	1	1	075	Контроль УЗК	ГОСТ Р 55724-2013														
B05	Ультразвуковой дефектоскоп СКАРУЧ+					1	11830	6	1	2										
O06	1. Проверить сварные швы УЗК. Объем проверки 100%.																			
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
МК																				

**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Комплект чертежей**

Оглавление

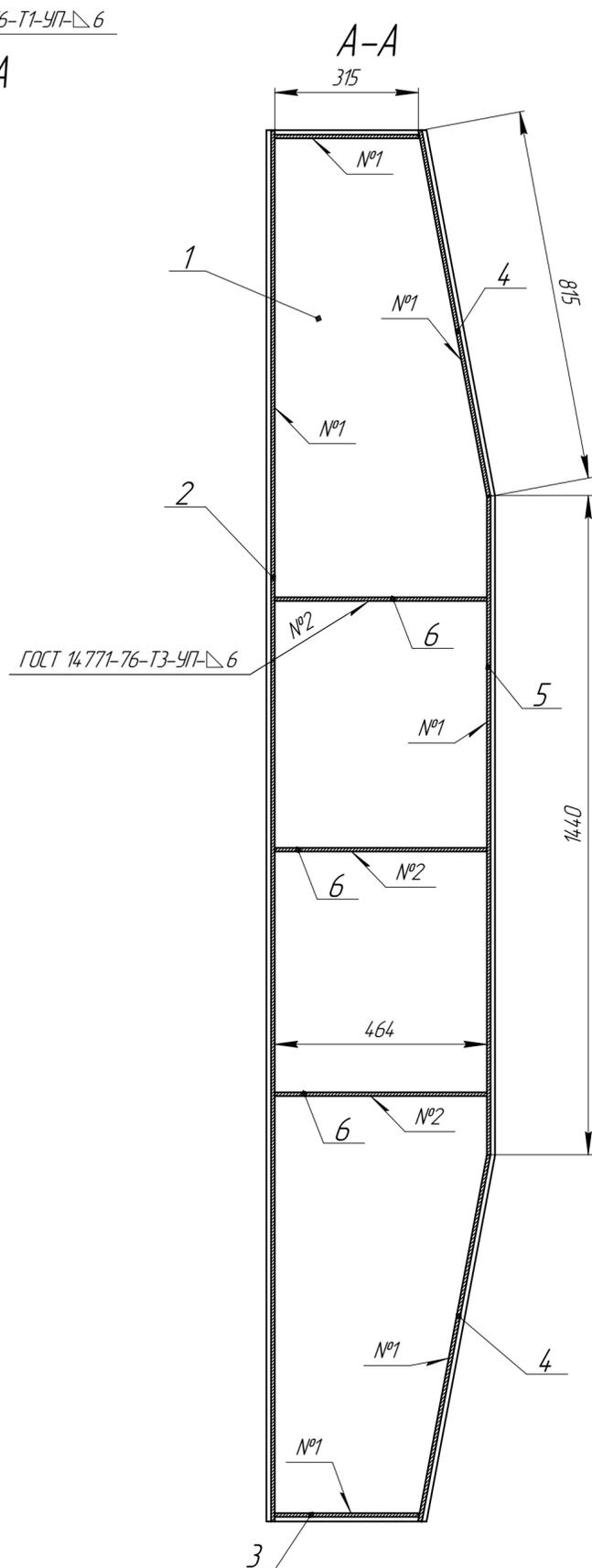
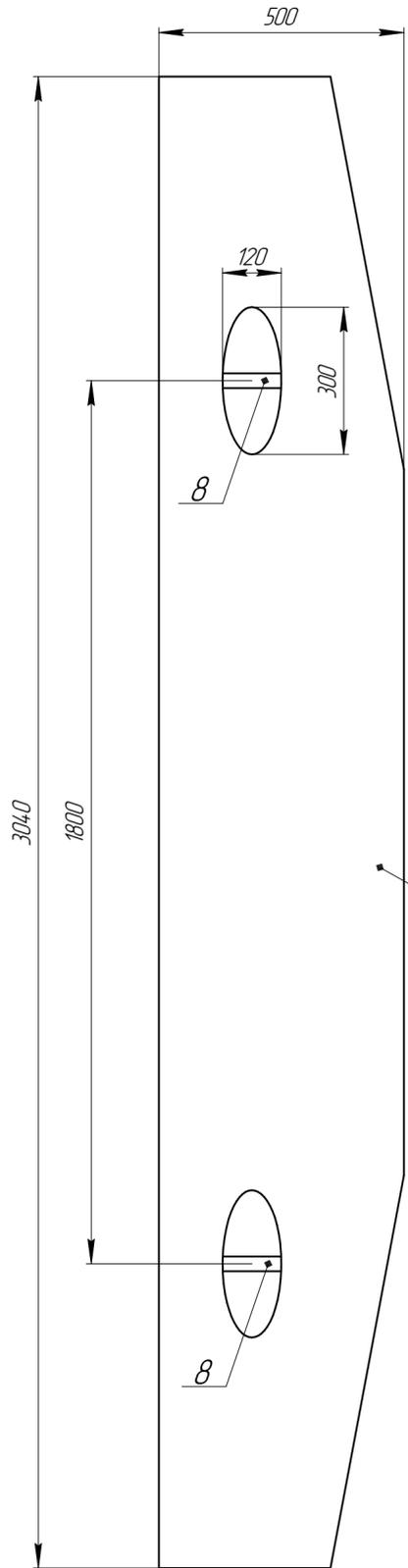
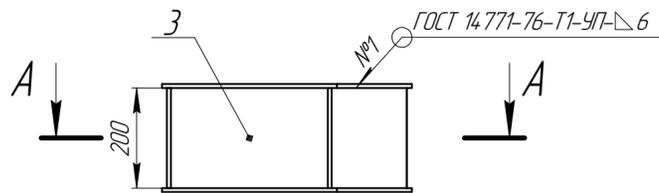
ФЮРА.000001.020 СБ Рама литьевой формы	чертеж А2
ФЮРА.000002.020 СБ Торцевая стенка	чертеж А3
ФЮРА.000003.020 СБ Боковая стенка	чертеж А3
ФЮРА.000004.020 СБ Литьевая форма. Сборка	чертеж А2



Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.

ФЮРА.000001.020 СБ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Василенко С.В.	Пров.	Горьнец А.С.			
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						
Рама литеевой формы				Лит.	Масса	Масштаб
					1385,01	1:20
				Лист 1	Листов 2	
				НИ ТПУ ИШНКБ Группа 3-1Б51		
				Формат А2		

Инв. № подл.	Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. № подл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
												Разраб.	Василенко С.В.					
	Пров.	Гордынец А.С.														Стандартные изделия		
														1	Швеллер №18 ГОСТ 8240-97	8	7000	
														2	Швеллер №18 ГОСТ 8240-97	2	3000	
														3	Швеллер №18 ГОСТ 8240-97	6	915	
														4	Швеллер №18 ГОСТ 8240-97	12	990	
	Н.контр.																	
	Утв.																	
<b>ФЮРА.000001.020 СБ</b>																		
<b>Рама литьевої форми</b>																		
												Лит.	Лист	Листов				
													2	2				
												НИ ТПУ ИШНКБ Группа 3-1В51						



Изм. №				
Изм. №				
Изм. №				
Изм. №				
Изм. №				

Изм.	Коллч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Выполнил	Василенко С.				
Проверил	Гордынец А.С.				

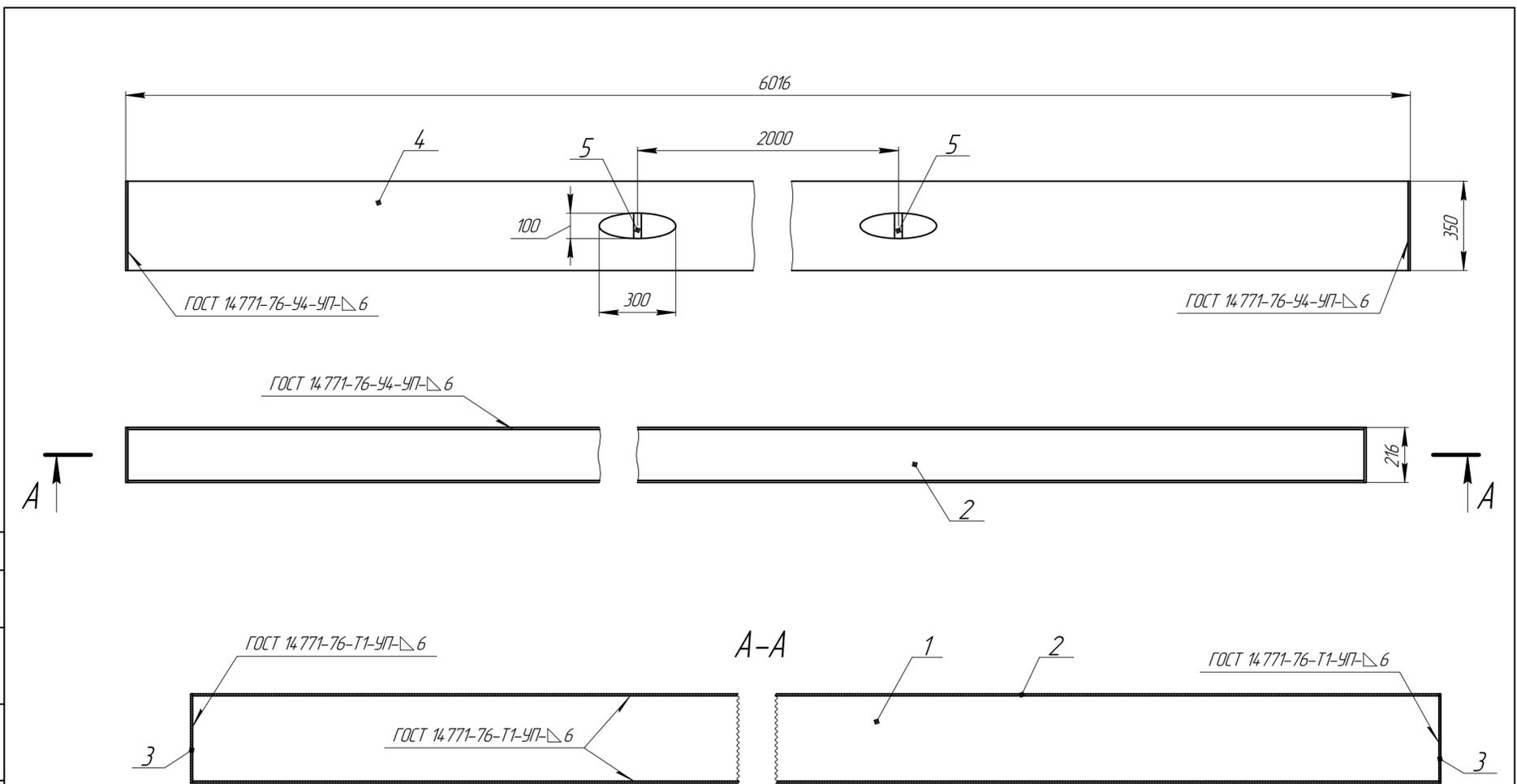
ФЮРА.000002.020 СБ		
Торцевая часть литевой формы	Стадия	Лист
		Листов
НИ ТПУ ИШНКБ Группа 3-1В51		
Формат А3		

Фармац. зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Детали</i>					
1		ФЮРА.000002.020.001	Нижняя часть (поддон) 3040x500x8	1	
2		ФЮРА.000002.020.002	Задняя стенка 3040x200x8	1	
3		ФЮРА.000002.020.003	Торцевая стенка 315x200x8	2	
4		ФЮРА.000002.020.004	Угловая передняя стенка 815x200x8	2	
5		ФЮРА.000002.020.005	Передняя стенка 1440x200x8	1	
6		ФЮРА.000002.020.006	Ребро жесткости 465x200x8	3	
7		ФЮРА.000002.020.007	Верхняя часть (крышка) 3040x500x8	1	
8		ФЮРА.000002.020.008	Крепление для строп	2	

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Василенко С.В.			
Проб.	Гордынец А.С.			
Н.контр.				
Утв.				

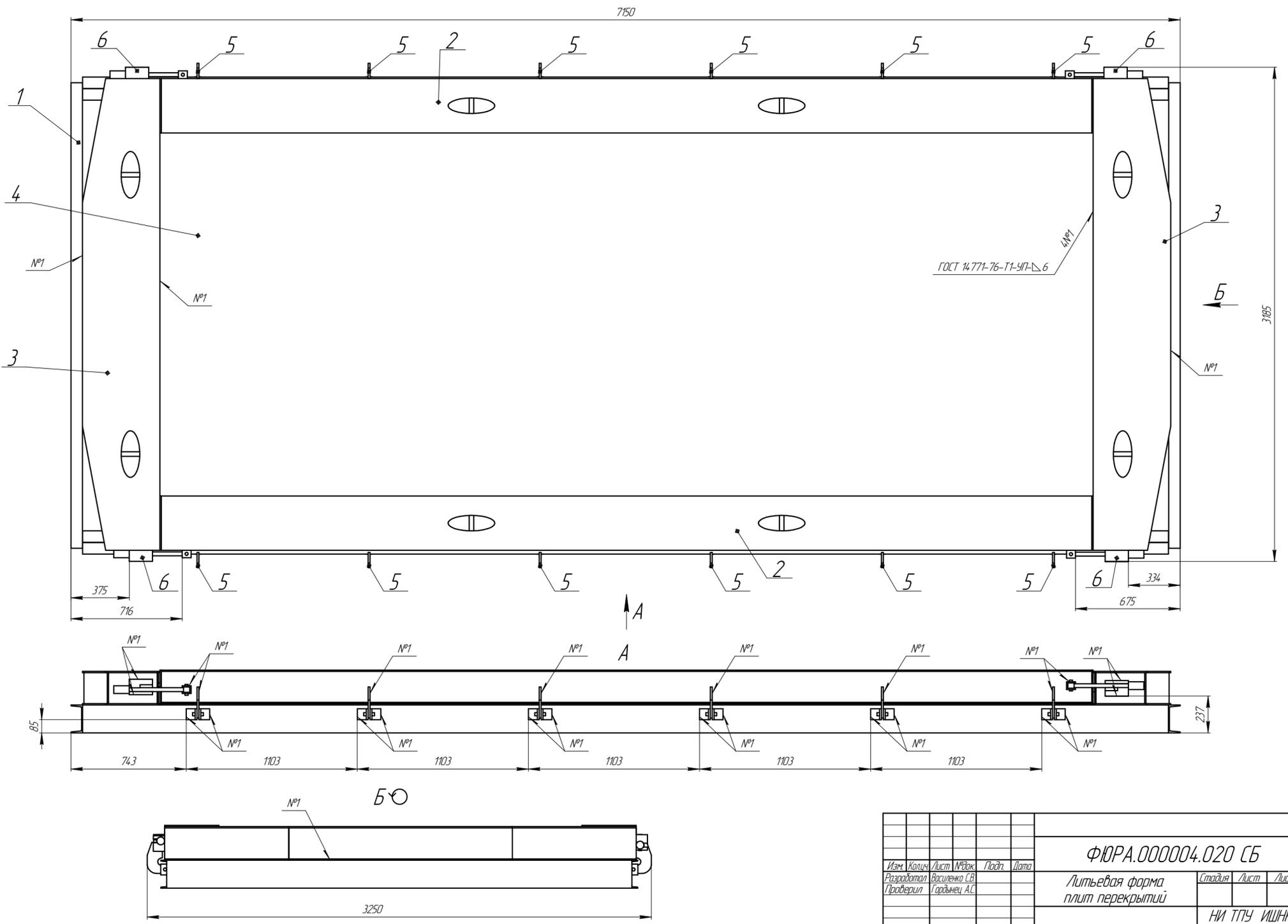
ФЮРА.000002.020 СБ		
Торцевая часть литевой формы	Лит.	Лист
		Листов
НИ ТПУ ИШНКБ Группа 3-1В51		
Формат А4		



					<b>ФЮРА.000003.020 СБ</b>			
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Стадия	Лист	Листов
Разработал	Василенко С.В.					Боковая откидная часть		
Проверил	Гордынец А.С.					литьевой формы		
						НИ ТПУ ИШНКБ Группа 3-1851 Формат А3		

Формат	Зона	Паз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Детали		
			1 ФЮРА.000003.020.001	Нижняя часть (поддон) 350x6000x8	1	
			2 ФЮРА.000003.020.002	Боковая стенка 200x6000x8	2	
			3 ФЮРА.000003.020.003	Торцевая стенка 216x350x8	2	
			4 ФЮРА.000003.020.004	Верхняя часть (крышка) 350x6000x8	1	
			5 ФЮРА.000003.020.005	Крепление для строп	2	
Справ. №						
Подп. и дата						
Взам. инв. №						
Инв. № докл.						
Подп. и дата						
Изм. Лист № докум. Подп. Дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ФЮРА.000003.020 СБ</b>	
Разработ.	Василенко С.В.				Боковая откидная часть литьевой формы	
Проб.	Гордынец А.С.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НИ ТПУ ИШНКБ Группа 3-1851 Формат А4	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	

Согласовано  
 Взам. инв. №  
 Подп. и дата  
 Инв. № подл.



ГОСТ 14771-76-Т1-УТ-6

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Василенко С.В.				
Проверил	Гордънец А.С.				
<b>ФЮРА.000004.020 СБ</b>					
Литьевая форма плит перекрытий			Стадия	Лист	Листов
			НИ ТПУ ИШНКБ		
			Группа 3-1Б51		
Формат А2					

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				Документация		
	1		ФЮРА.000001.020 СБ	Рама литьевой формы	1	
	2		ФЮРА.000002.020 СБ	Боковая часть литьевой формы	2	
	3		ФЮРА.000003.020 СБ	Торцевая часть литьевой формы	2	
Справ. №				Детали		
	4		ФЮРА.000004.020.001	Лист основания 3040x6000x8	1	
	5		ФЮРА.000004.020.001	Шарнирные крепления	12	
	6		ФЮРА.000004.020.001	Задвижка	4	
<b>ФЮРА.000004.020 СБ</b>						
				Литьевая форма плит перекрытий	Лит.	Листов
					2	2
				НИ ТПУ ИШНКБ		
				Группа 3-1Б51		
Формат А4						

Копировал