

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Усовершенствование силовой рамы тренажерного снаряда»

Студент

А.И. Артёмов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.В. Моторин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

М.М. Бажутина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

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

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

(личная подпись)

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

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Развитие спортивных залов и площадок требует оснащения их высокоэффективным, долговечным и относительно недорогим реквизитом, в качестве которого могут выступать спортивные тренажёры (снаряды). Несущим элементом каждого такого снаряда является рама, изготовленная из труб круглого или прямоугольного сечения

Цель выпускной квалификационной работы – *повышение производительности и качества изготовления рас тренажёрных снарядов за счёт организации мелкосерийного сборочно-сварочного производства на базе существующих площадей и оборудования.*

На основании выполненного анализа состояния вопроса были сформулированы задачи, выполнение которых привело к достижению поставленной цели:

- 1) совершенствование способов заготовки материалов;
- 2) выбор более производительного способа сварки;
- 3) совершенствование схемы сборки-сварки изделия;
- 4) повышение степени механизации сборочно-сварочных операций;
- 5) совершенствование системы внутрицехового транспорта;
- 6) рациональная планировка размещения производственных участков внутри цеха металлоконструкций.

Наиболее значимыми результатами проекта следует признать:

- 1) Карта технологического процесса, которая может считаться типовой для изготовления аналогичных изделий;
- 2) Приспособление для сборки и сварки, особенность которого является использование электромагнитного привода сжатия и универсальность при изготовлении типовых изделий;

Пояснительная записка состоит из 60 страниц, включает 20 библиографических наименований, 10 рисунков, 20 таблиц. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

## ABSTRACT

The title of the bachelor's thesis is "The Improvement of the Power Rack of the Sports Equipment".

The development of sports gyms and grounds requires equipping them with highly effective, long-lasting and relatively inexpensive sports equipment. The frame that is made of round or rectangular cross section is a carrying element of each such equipment.

The aim of the bachelor's thesis is to increase the productivity and quality of the sports equipment by organizing small-scale limited production on the basis of existing areas and equipment.

To achieve the above mentioned goal the following objectives:

- 1) improving the methods for the preparation of material;
- 2) choosing more rational welding method;
- 3) improving of the assembly-welding scheme;
- 4) increasing the degree of mechanization of assembly and welding operations;
- 5) improving of the internal transport system;
- 6) the rational floor layout scheme inside the metal-constructions shop.

The most significant results of the project are:

- 1) a map of the technological process, which can be considered typical for the manufacture of the similar products;
- 2) the assembly and welding device, the feature of which is the use of an electromagnetic compression drive and the universality in the manufacture of typical products.

The explanatory note consists of 60 pages which include 20 bibliographic names, 10 drawings and 20 summary tables. The graphic part consists of 6 sheets of A1 format.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СВАРКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ТРЕНАЖЁРНЫХ СНАРЯДОВ	
1.1. Назначение конструкции и технические характеристики изделия	7
1.2. Описание материала изделия	11
1.3. Операции базового технологического процесса сборки и сварки изделия	12
1.4 Разработка проекта технических решений по улучшению базового технологического процесса сборки-сварки изделия	14
1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы	16
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ И СВАРКИ РАМЫ ТРЕНАЖЁРНОГО СНАРЯДА	
2.1. Заготовительные операции	17
2.2 Транспортные операции	18
2.3. Выбор способа сварки	19
2.4 Выбор оборудования для сварки	23
2.5. Сварочные операции	25
2.6 Контроль качества сварки	28
2.7 Проектирование сборочно-сварочного участка	32
2.8 Проектирование сборочно-сварочного приспособления	34
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	39
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	41
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	42

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	43
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	44
3.6 Заключение по экологическому разделу	45
<b>4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ</b>	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	46
4.2. Расчет эффективного фонда времени работы оборудования	48
4.3. Расчет нормы времени на изготовление приспособления	48
4.4. Расчет заводской себестоимости затрат на изготовление приспособления	49
4.5 Расчет заводской себестоимости изготовления изделия	53
4.6 Расчет дополнительных капитальных затрат	55
4.7 Расчёт экономической эффективности разрабатываемой технологии:	56
4.8 Выводы по экономическому разделу	57
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	58
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	59

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России сделана ставка на развитие среднего бизнеса, который должен обеспечить дальнейшее экономическое процветание страны и взять на себя большую часть функций в сфере услуг по обеспечению быта и здоровья россиян. Так же получил старт национальный проект «Здоровая семья». Всё это приводит к тому, что в каждом городе будут организовываться спортивные секции и тренажёрные залы. Так же необходимо учесть, что международный финансовый кризис, который уже привёл к сокращению в Европе 20 миллионов рабочих мест, является системным и будет нарастать дальше. Результатом такого кризиса будет увеличение стоимости ввозимых из-за рубежа товаров, в частности, спортивных тренажёров, что в совокупности с необходимостью создания новых рабочих мест делает экономически целесообразным организацию в каждом городе малых предприятий по производству спортивных тренажёров. Такое производство должно основываться на современные разработки отечественных и мировых производителей сварочного оборудования и средств контроля, а так же иметь возможность перестройки на изготовление альтернативной продукции, необходимость в которой может возникнуть при смене внешнеполитической конъюнктуры.

Развитие спортивных залов и площадок требует оснащения их высокоэффективным, долговечным и относительно недорогим реквизитом, в качестве которого могут выступать спортивные тренажёры (снаряды). Несущим элементом каждого такого снаряда является рама, изготовленная из труб круглого или прямоугольного сечения

Вот почему является актуальной целью выпускной квалификационной работы – *повышение производительности и качества изготовления рас тренажёрных снарядов за счёт организации мелкосерийного сборочно-сварочного производства на базе существующих площадей и оборудования.*

# 1 Общее состояние вопроса сварки металлических конструкций тренажёрных снарядов

## 1.1 Назначение конструкции и технические характеристики изделия

Типовое изделие – блок комбинированный (рис. 1.1) – представляет собой каркас *1* из профильной трубы сечением 60 x 60 x 3 мм, на котором закрепляются ролики с тросом, служащие для передачи усилия от человека к набору поднимаемых грузов *3*. При этом путём крепления на каркасе роликов и дополнительной оснастки (плечо *2*, сиденье верхнее, сиденье нижнее) возможна работа тренажёра в двух вариантах – блок верхний и блок нижний (рис. 1.2). Это повышает универсальность спортивного тренажёра и позволяет: во-первых, уменьшить количество тренажёров при условии ограничения площадей спортивного зала; во-вторых, снизить величину стартового капитала, необходимого для первичного оснащения спортивного зала; в-третьих, позволяет упростить производство за счёт уменьшения номенклатуры запасных частей и принадлежностей.

Крепление съёмной оснастки на каркасе производится посредством болтовой сборки болтами М16 (рис. 1.3 а). Для этого в профиле выполнено отверстие диаметром 40 мм и вварена втулка с внутренним диаметром 20 мм (рис. 1.3 б).

Шкив (рис. 1.3 в) выполнен в виде фигурного колеса *б* в теле которого на скользящей посадке установлено два подшипника *12*. Эти подшипники обеспечивают поворот колеса фигурного вокруг оси *7*, закрепленной в опоре оси *5*. Соскакивание троса предотвращается посредством закрепления на оси шкива коуша *11*.

Сварные швы выполнены в соответствии с ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе, соединения сварные» (рис. 1.3 г).

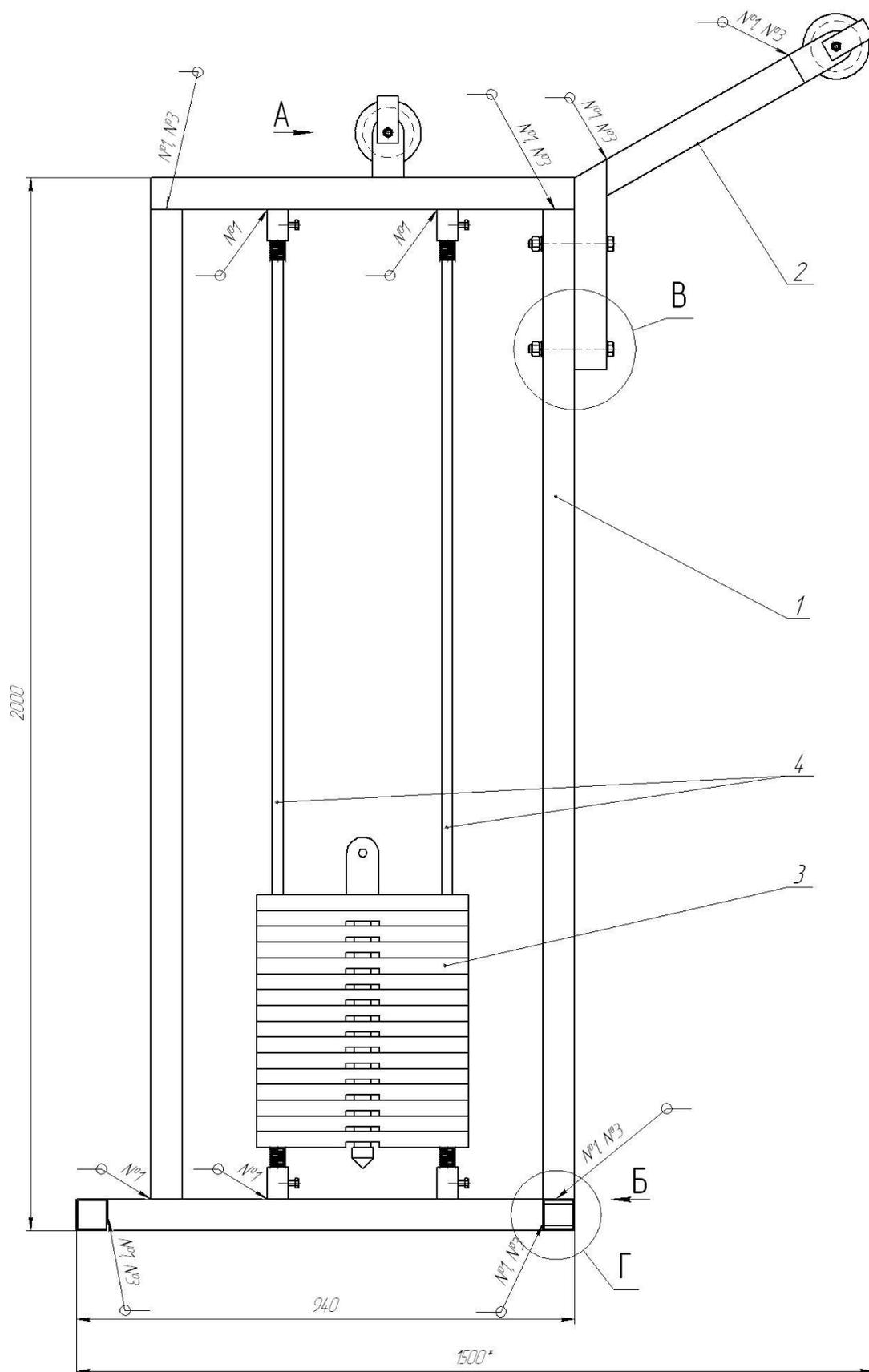


Рисунок 1.1 – Спортивный тренажёр «блок комбинированный»

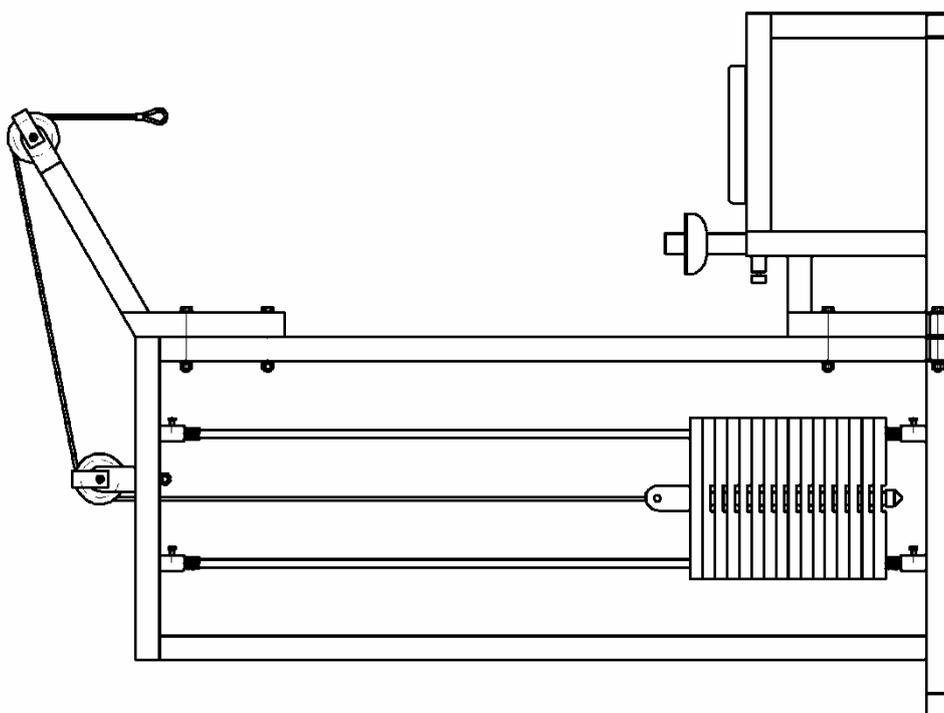
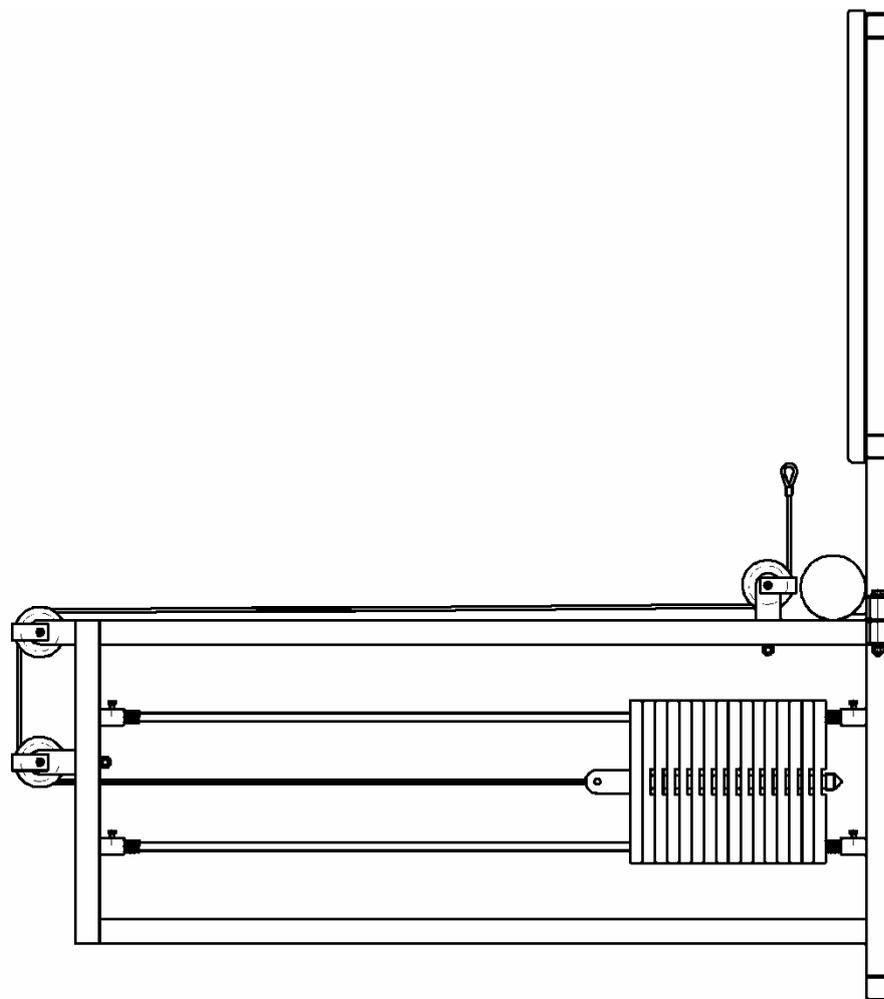
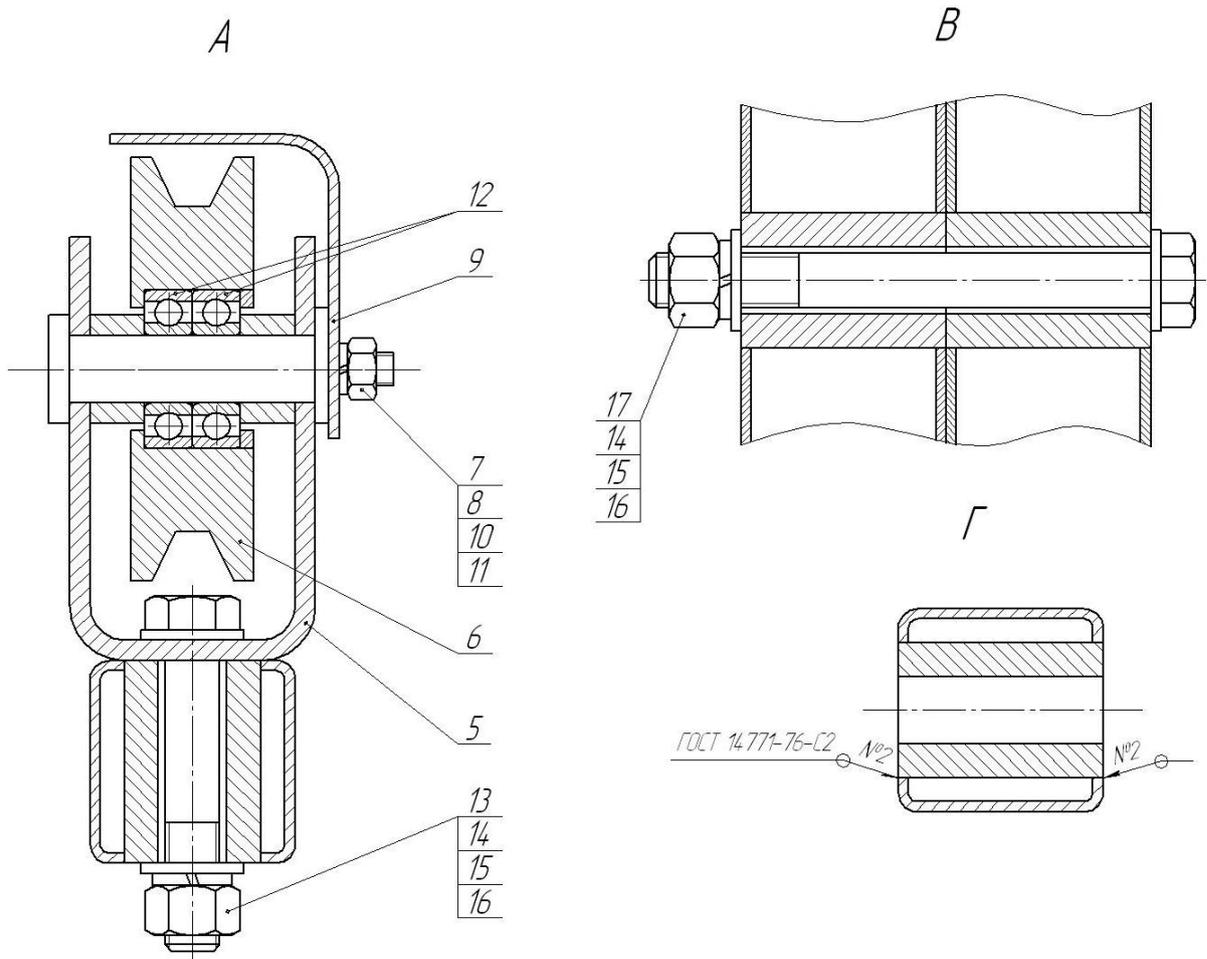


Рисунок 1.2 – Комплектации «Блок верхний» и «Блок нижний»



Конструктивные элементы соединения Т1 ГОСТ 14.771

Конструктивные элементы соединения С2 ГОСТ 14.771

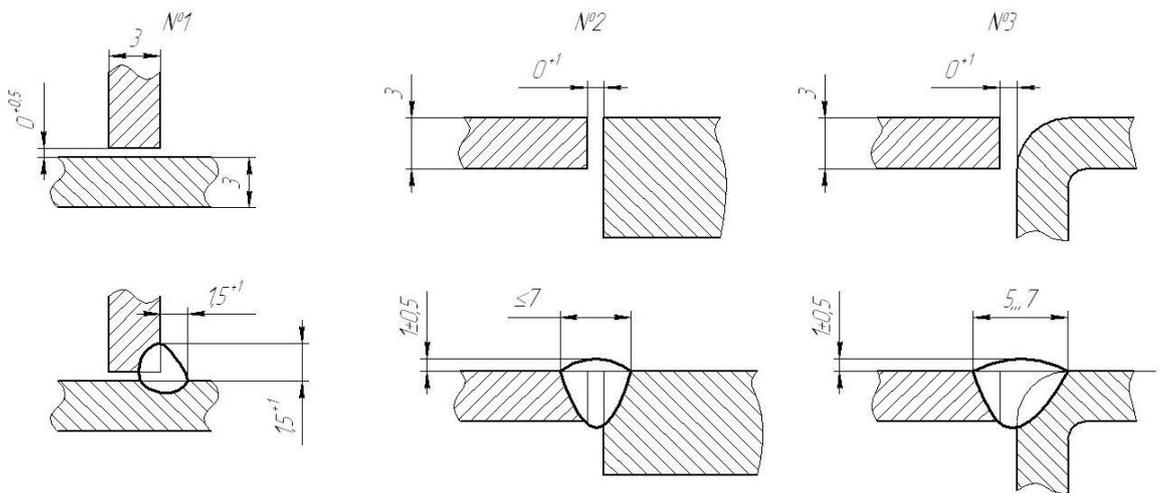


Рисунок 1.3 – Конструктивные элементы и соединения

## 1.2 Описание материала изделия

Изделие изготавливается из профильного проката из стали Ст3 – конструкционной низкоуглеродистой стали обыкновенного качества. Одним из основных преимуществ данного материала является его относительная дешевизна, поэтому Ст3 кп является основным материалом в машиностроении, применяемом при изготовлении неответственных и слабонагруженных конструкций. Сталь Ст3 относится к первой группе сплавов и хорошо сваривается всеми видами сварки плавлением с получением удовлетворительного качества шва. При изготовлении сварных конструкций из этого материала нет необходимости использования дополнительной термообработки. Для выполнения изделия используются профильные трубы с толщиной стенки 3 мм.

Таблица 1.1 – Механические свойства стали Ст3

Марка стали	$\sigma_{\text{в}}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , кгс/мм <sup>2</sup> для толщин до 20 мм	$\sigma_{\text{в}}$ , кгс/мм <sup>2</sup> для толщин до 20 мм	Изгиб на 180° для толщин до 20 мм
Ст3	38...49	20	26	d=0,5a

Таблица 1.2 – Химический состав стали Ст3

Марка стали	Углерод С, %	Марганец Mn, %	Кремний Si, %
Ст3	0,14...0,22	0,3...0,6	≤ 0,05

### 1.3 Операции базового технологического процесса сборки и сварки изделия

В базовом варианте изготовление тренажёров производится на нескольких отдельных участках цеха металлоконструкций:

- подготовка металлопроката под разделительную резку и сама резка выполняется на участке подготовки. Для резки листовых заготовок используются листовые гидравлические ножницы НД3312 с наклонным ножом (рис. 1.4). Для резки профильного проката используются отрезная пила LC1230 (рис. 1.5) производства Makita;

- транспортные операции выполняются с применением ручных тележек;

- сборочно-сварочные операции выполняются на универсальном сборочно-сварочном участке, укомплектованном двумя постами ручной дуговой сварки на базе сварочных трансформаторов марки ТДМ-402У2. Каждый сборочно-сварочный пост снабжён сборочными составными стальными плитами размером 3×6 м.

Сборка заготовок изделия - тренажёра под сварку выполняется по разметке вручную без применения дополнительных средств механизации. Сварка выполняется с применением ручной дуговой сварки. Изготовление тренажёров выполняется периодически малыми партиями по 5..6 штук в месяц. Изготовление тренажёров выполняется, как правило, на одном сварочном посту. Производительность поста 1...2 изделия в смену.

Сварка производится на следующих режимах:

Таблица 1.3 – Параметры режима сварки по базовому варианту технологии

Тип шва	Диаметр электрода, мм	Марка электрода	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В
стыковой	2,5...3	УОНИ-13/55	80-120	25-26
угловой	3...4	УОНИ-13/55	120-160	26-27

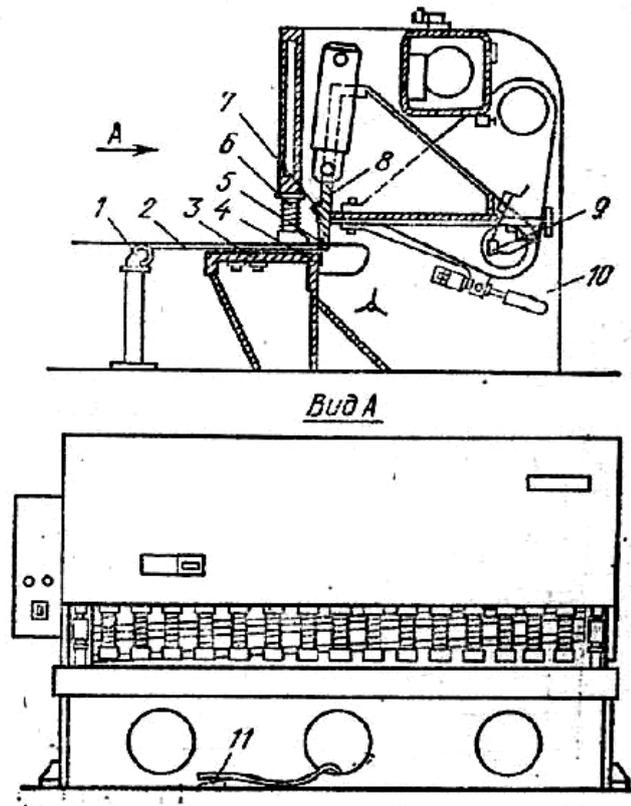


Рисунок 1.4 – Ножницы гидравлические с наклонным ножом для разделительной резки

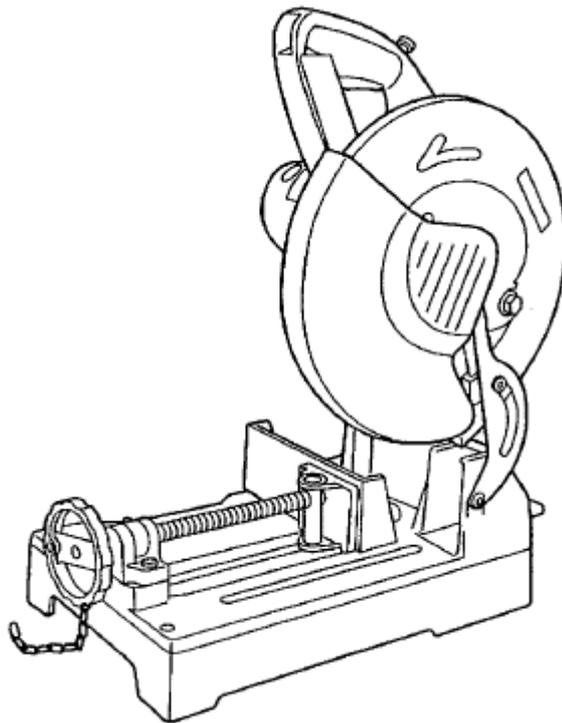


Рисунок 1.5 – Отрезная пила LC1230

#### 1.4 Разработка проекта технических решений по улучшению базового технологического процесса сборки-сварки изделия

Первоначально для определения путей по повышению эффективности базовой технологии и повышению производительности труда в условиях действующего производства необходимо выделить основные резервы повышения эффективности.

Можно выделить два основных вида резервов совершенствования базовой технологии:

- 1) резервы основных фондов и технологические резервы;
- 2) планово-организационные резервы.

К **резервам основных фондов** и технологическим резервам можно отнести:

*1) интенсивное использование оборудования:*

- внедрение комплексной автоматизации и механизации производственных процессов;
- совершенствование технологических процессов с целью их интенсификации;
- модернизация оборудования;
- устранение отклонений от нормального протекания технологических процессов;
- ликвидация брака;
- мероприятия по экономии материалов, топлива, энергии.

*2) экстенсивное использование оборудования:*

- повышение сменности работы оборудования;
- совершенствование эксплуатации оборудования и организация его текущего обслуживания;
- сокращение простоев оборудования;
- совершенствование организации и технологии ремонта оборудования;
- ликвидация ненужного и устаревшего оборудования;

*3) использование производственных площадей:*

- рациональная планировка участков и организация рабочих мест;
- организация комплектующих пролётов (участков);
- уменьшение площади, занимаемой вспомогательными службами;
- совершенствование организации внутрицехового транспорта;
- рациональная организация складского хозяйства.

**К планово-организационным резервам** можно отнести:

*1) резервы снижения трудоёмкости сварной конструкции:*

- повышение технологичности сварной конструкции;
- развитие специализации производства;
- улучшение организации труда;
- совершенствование подготовки и повышения квалификации и культурного уровня работников;
- повышение качества нормирования труда.

*2) резервы лучшего использования рабочего времени:*

- улучшение организации обслуживания рабочих мест;
- совершенствование управления сварочным производством;
- укрепление трудовой дисциплины;
- улучшение условий труда;
- ликвидация брака;
- снижение текучести кадров.

*3) общие организационные мероприятия:*

- совершенствование управления, планирования и организации сварочного производства;
- внедрение научной организации труда;
- научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Исходя из анализа базовой технологии можно выделить несколько её основных недостатков сдерживающих рост производительности труда и эффективности производства в целом:

- 1) низкий уровень автоматизации и механизации сборочно-сварочных работ;

- 2) нерациональное использование основных материалов для изготовления заготовок (коэффициент использования материала 0,6 – 0,7);
- 3) нерациональная планировка производственных площадей;
- 4) нерациональная организации сборочно-сварочных операций (применяется последовательная схема сборки-сварки);
- 5) недостаточная обеспеченность внутрицеховым транспортом и грузоподъёмными средствами на рабочих местах.

### 1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

На основании выполненного анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи, выполнение которых приведёт к достижению поставленной во введении цели:

- 1) совершенствование способов заготовки материалов;
- 2) выбор более производительного способа сварки;
- 3) совершенствование схемы сборки-сварки изделия;
- 4) повышение степени механизации сборочно-сварочных операций;
- 5) совершенствование системы внутрицехового транспорта;
- 6) рациональная планировка размещения производственных участков внутри цеха металлоконструкций.

## 2 Проектная технология сборки и сварки рамы тренажёрного снаряда

### 2.1 Заготовительные операции

#### Правка

Правка необходима для выправления проката до его обработки и заготовок после вырезки.

Для правки сортового проката применим сортоправильную многороликовую машину UFR 9×320.

#### Очистка

Очистку применяют для удаления с поверхности металла средств консервации загрязнений, ржавчины, окалины, заусенцев грата и шлака.

Для очистки проката применяемого нами используем механическую очистку. Будем проводить дробемётную очистку в дробеёмтных камерах. Дробеструйная очистка имеет ряд недостатков, например – последующая сварка только неплавящимся электродом в аргоне, ограничивающие её применение.

Очистку листового проката будем производить в дробеёмтной установке оснащённой дробеёмтными аппаратами 2М392.

Очистку фасонного проката – уголок, полоса, одножелобный профиль, пруток и гнутый швеллер, будем проводить в дробеёмтной установке английской фирмы «Тилмэн» марки RZ – 1250.

#### Резка

Для резки листовых заготовок применяем ножницы с наклонным ножом. Учитывая, что максимально разрезаемая толщина листа составляет 6 мм, выбираем листовые ножницы с наклонным ножом кривошипные марки НД3318

Заготовки деталей – пруток и профильные трубы, отрезаем отрезном станке с зубчатым диском. Исходя из того, что необходимо резать пруток

диаметром до  $D = 20$  мм и трубу с наибольшим размером сечения 60 мм выбираем отрезной станок 8Г632.

Для вырезки пазов и отверстий в заготовках применяем газоокислородную резку. Для газоокислородной резки применим газорезательную машину СГУ с программной приставкой «Луч».

## 2.2 Транспортные операции

Учитывая то, что годовая программа выпуска изделия составляет приблизительно 5000 шт/год – т.е. производство мелкосерийное, штучная масса изделия около 300 кг и то, что изделие и отдельные его детали, а также их заготовки, имеют небольшие габариты, делаем вывод, что наиболее рациональным способом транспортировки будет транспортирование воздушным способом – т.е. с использованием подъёмно-транспортного оборудования.

Учитывая серийный характер производства ( $N = 5000$  шт/год), и то, что заготовки, детали и изделие в целом имеют небольшую массу (наибольшая штучная масса детали 80 кг, а масса изделия 300 кг) и габаритные размеры (порядка 4000 мм), делаем вывод, что для реализации технологического процесса изготовления этого изделия, наиболее рациональной будет применение типовой схемы компоновки сборочно – сварочного цеха с продольным направлением производственного потока, т.к. эта схема применяется для мелкосерийного и серийного производства при изготовлении не сложных не громоздких изделий.

Для типовой схемы компоновки сборочно – сварочного цеха с продольным направлением производственного потока характерно то, что: перемещение грузов вдоль пролётов цеха, между отдельными рабочими местами и между различными отделениями цеха (складом металла, заготовительным отделением, промежуточным складом заготовок, отделением сборки – сварки и отделением отделки), осуществляется

мостовыми кранами; а перемещение грузов между пролётами осуществляется с помощью самоходных напольных транспортных средств.

Также необходимо предусмотреть механизацию погрузочно – разгрузочных работ на отдельных рабочих местах технологического процесса. Поскольку производство мелкосерийное, то рационально будет применение универсального подъёмного оборудования в виде консольных стационарных поворотных кранов.

Поскольку транспортируемые грузы имеют небольшую массу, то для перемещения грузов в пролёте цеха применим крюковый однобалочный опорный кран (кран – балку) грузоподъёмностью 1 тс. с управлением из кабины.

Примечание: вес крана определяется исходя из ширины пролёта цеха.

Для перемещения грузов между пролётами цеха, учитывая вес грузов, применяем самоходные тележки на резиновом ходу грузоподъёмностью 2 т. по ГОСТ 18991 – 73. Для механизации погрузочно – разгрузочных работ на отдельных рабочих местах заготовительных операций, применим консольный стационарный поворотный кран грузоподъёмностью 500 кгс с электрической талью.

Для механизации погрузочно – разгрузочных работ при выполнении сборочных операций применим консольный стационарный поворотный кран грузоподъёмностью 500 кгс модели КПП – 0,5 с ручным поворотом консоли и стрелы.

### 2.3 Выбор способа сварки

При выборе способа сварки преимущество отдадим механизированным способам, при этом анализ преимуществ и недостатков рассматриваемых способов целесообразно свести в таблицу (табл. 2.1)

Таблица 2.1 – Анализ возможных способов сварки

Способ	Преимущества	Недостатки
1	2	3
Механизированная сварка на полуавтомате плавящимся электродом в среде $\text{CO}_2$ .	Относительная простота технологического процесса сварки; повышение производительности по сравнению РДС, высокая маневренность и возможность сварки швов в различных пространственных положениях; дешевизна защитной среды.	Повышенный угар и окисление металла; повышенное его разбрызгивание; низкая устойчивость горения дуги; возможность образования пор в сварном шве при недостаточном расходе защитного газа.
Механизированная сварка плавящимся электродом в среде $\text{CO}_2$ с использованием автомата.	Аналогичные механизированной сварке на полуавтомате плавящимся электродом в среде $\text{CO}_2$ .	Аналогичные механизированной сварке на полуавтомате плавящимся электродом в среде $\text{CO}_2$ , плюс преимущественное применение для сварки длинномерных и простых по конфигурации швов.
Механизированная сварка на полуавтомате плавящимся электродом в смеси газов $\text{Ar} + (10 - 20)\% \text{CO}_2$	Относительная простота технологического процесса; уменьшение разбрызгивания до минимума; устранение пористости в сварных швах и повышение производительности по сравнению со сваркой в $\text{CO}_2$ на 10%; повышение стабильности горения дуги; улучшение формирования шва; возможность сварки во всех пространственных положениях.	Повышение стоимости защитной среды; увеличение расхода газов; Увеличение излучения исходящего от дуги в процессе сварки.
Механизированная сварка на полуавтомате плавящимся электродом в смеси газов $80\% \text{CO}_2 + 20\% \text{O}_2$	Относительная простота технологического процесса сварки; повышение производительности по сравнению с РДС высокая маневренность и возможность сварки швов в различных пространственных положениях; обеспечивается глубокое проплавление и хорошее формирование шва.	Удорожание защитной среды по сравнению со сваркой в $\text{CO}_2$ , повышенная окислительная способность среды, в связи с чем окисление и угар металла выше чем при сварке в $\text{CO}_2$ ; ; низкая устойчивость горения дуги; возможность образования пор в сварном шве при недостаточном расходе защитного газа.

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
Механизированная сварка автоматом плавящимся электродом под слоем флюса.	Высокая производительность процесса сварки ; высокое качество защиты; высокий К.п.д. процесса; малый угар, разбрызгивание и окисление металла; обеспечение стабильного горения дуги.	Низкая маневренность; возможность сварки простых по конфигурации швов только в нижнем положении (при угле наклона изделия не более 6 град к горизонтали); высокая энергоёмкость процесса сварки.
Механизированная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом	Высокая маневренность; возможность сварки в любом пространственном положении швов сложной конфигурации; обеспечение минимальной деформации сварной конструкции; достигается высокое качество сварного шва; возможность сварки на переменном токе; отсутствие разбрызгивания	Значительное удорожание защитной среды; увеличение расхода газов; увеличение излучения исходящего от дуги в процессе сварки; необходимость применения осциллятора.

Для выполнения сварных швов изделия выберем механизированную сварку на полуавтомате плавящимся электродом в среде  $CO_2$ .

Свариваемая в данной конструкции сталь обладает хорошей свариваемостью а также не обладает повышенной химической активностью, и содержит элементы – раскислители, поэтому сравнительно высокая окислительная способность углекислого газа не окажет значительного отрицательного влияния на качество сварного шва, одновременно с этим обеспечив высокую степень защиты металла сварочной ванны от воздействия окружающей среды.

Способы сварки в смеси  $Ar + (10 - 20)\% CO_2$  и в среде аргона, обеспечивают более лучшую защиту расплавленного металла шва, но эти способы более дорогостоящие по сравнению со сваркой в среде  $CO_2$ .

Сварка в смеси газов  $80\%CO_2 + 20\%O_2$  обеспечивает практически такую же степень защиты расплавленного металла, что и  $CO_2$  но при, при этом обладает гораздо большей окислительной способностью, что может быть сопряжено с опасностью повышенного окисления металла сварочной ванны.

Однако следует отметить низкий уровень разбрызгивания при сварке в данной смеси газов.

Сварка под флюсом обеспечивает высокую степень защиты зоны сварки, но обладает рядом ограничений для применения при сварке данной конструкции (пространственные положения и протяжённости швов).

Т.к. в конструкции преобладают детали средней толщины, то механизированная сварка на полуавтомате полностью обеспечивает возможность сварки данных толщин.

По сравнению с любым способом ручной сварки, сварка на полуавтомате обладает более высокой производительностью. Из конструктивно – технологического анализа сварного узла видно, что в конструкции преобладают швы малой и средней протяжённости с ограниченным доступом для выполнения некоторых швов. Это делает применение механизированной сварки с использованием автомата как под флюсом, так и в среде  $\text{CO}_2$ , не целесообразным. Наиболее целесообразным способом выполнения сварных швов в изделии является механизированная сварка на полуавтомате.

Как было отмечено выше, наряду с обеспечением высокой степени защиты зоны сварки, способ сварки в среде  $\text{CO}_2$  является более дешёвым по сравнению со способом сварки в аргоне или смеси  $\text{Ar} + (10 - 20)\% \text{CO}_2$ .

Способ сварки в среде  $\text{CO}_2$  мы предпочитаем способу сварки в смеси газов  $80\% \text{CO}_2 + 20\% \text{O}_2$ , потому, что при сварке в смеси  $80\% \text{CO}_2 + 20\% \text{O}_2$  возникает опасность высокой степени окисления металла сварочной ванны.

Благодаря всем вышеперечисленным преимуществам мы и предпочли способ механизированной сварки на полуавтомате в среде  $\text{CO}_2$  плавящимся электродом всем остальным рассмотренным нами способам сварки.

## 2.4 Выбор оборудования для сварки

При механизированной сварке на полуавтомате в среде углекислого газа плавящимся электродом к сварочному оборудованию относится сварочный полуавтомат.

Проведём выбор полуавтомата для сварки в  $\text{CO}_2$  швов сварной конструкции.

По назначению и соответствию режимам сварки нам могут подойти такие современные марки полуавтоматов как: ПДГ – 508УЗ, ПДГ – 515УЗ, ПДГ 516УЗ, ПДГ – 603УХЛ4.

Полуавтомат ПДГ – 508УЗ подходит нам ограничено, т.к. не предназначен для сварки электродуговыми заклёпками (точками).

Полуавтомат ПДГ – 515УЗ и ПДГ – 516УЗ удовлетворяет всем предъявляемым нами требованиям.

Полуавтомат ПДГ – 603УХЛ4 не предназначен для сварки электрозаклёпками, к тому же имеет по сравнению с вышерассмотренными полуавтоматами большие габаритные размеры, массу и стоимость – поэтому исключаем его из рассмотрения.

Итак наиболее оптимально нам подходят полуавтоматы марок ПДГ – 515УЗ и ПДГ – 516УЗ. Сравним их технико-экономические и эксплуатационные показатели: во-первых полуавтомат ПДГ – 515УЗ обеспечивает более широкий диапазон регулирования скорости подачи проволоки (75 – 960 м/ч – а у ПДГ – 516УЗ 100 – 960 м/ч); во-вторых, полуавтомат ПДГ – 516УЗ имеет подающий механизм с большими чем у ПДГ – 515УЗ габаритными размерами и массой.

Следовательно, наиболее оптимально для сварки сварных швов изделия нам подходит сварочный полуавтомат марки ПДГ – 515УЗ (рис. 2.1).

*Назначение:* сварочный полуавтомат ПДГ – 515УЗ предназначен для дуговой сварки плавящимся электродом в углекислом газе различных конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей протяжёнными или прерывистыми швами, а также электродуговыми

точками. Полуавтомат может осуществлять сварку конструкций малой толщины на пониженных скоростях подачи электродной проволоки во всех пространственных положениях. Имеет плавное регулирование скорости подачи электродной проволоки. В режиме сварки электродуговыми точками обеспечивает автоматическую выдержку времени сварки. Полуавтомат предназначен для работы в районах с умеренным климатом в закрытых помещениях.



Рисунок 2.1 – Полуавтомат ПДГ – 515

*Назначение выпрямителя ВДУ – 506У3* (рис. 2.2): выпрямитель предназначен для однопостовой механизированной сварки выпрямленным током в углекислом газе и под флюсом, порошковой проволокой. Выпрямитель однопостовой, тиристорный. Включают нагрузку и регулируют сварочный ток (напряжение) в дистанционном формате. При колебании напряжения сети стабилизация тока осуществляется за счет выпрямителя при падающей внешней характеристике в пределах 5В в случае понижения напряжения сети от 10% и в пределах 2,5 В в случае повышения напряжения сети от 5%, кроме того обеспечивается стабилизация рабочего напряжения в жесткой внешней характеристике с точностью до 1В. Оборудование предназначено для работы в умеренном климате в закрытом помещении при соблюдении следующих условий:

- атмосферном давлении: от 84 до 106,7 кПа;
- температуре окружающей среды: от -10 до +40 \*С;

- средней относительной влажности воздуха: не больше 80%
- окружающей среде: невзрывоопасной, не содержащей пыли, агрессивных паров и газов, которые могут разрушить металлы и изоляцию.



Рисунок 2.2 – Выпрямитель ВДУ-506

## 2.5 Сварочные операции

Основные параметры режимов сварки в среде углекислого газа:

- род тока сварки (принимается постоянный);
- полярность и значение тока (принимается обратную полярность),  $I_{св}$ ;
- диаметр электродной проволоки  $d_{пр}$ ;
- напряжение дуги  $U_д$ ;
- скорость подачи электродной проволоки  $V_{пр}$ ;
- вылет электродной проволоки  $l_{вэл}$ ;
- скорость сварки  $V_{св}$ ;
- расход углекислого газа  $q$ .

Сварку в среде углекислого газа можно выполнять с применением постоянного тока прямой или обратной полярности, а так при применении переменного тока при помощи осциллятора.

Сварка с применением постоянного тока прямой полярности отличается малой устойчивостью дуги, большой склонностью образования пор в сварном соединении, малым проплавлением основного материала, поэтому для подавляющего большинства случаев при сварке используют постоянный ток обратной полярности. Исходя из этого сварка детали должна выполняться с применением постоянного тока обратной полярности.

Обычно сварочную (электродную) проволоку выбирают с учетом получения металла шва, идентичному химическому составу основного металла. В тех случаях, когда при сварке в металла шва не удается избежать образования пор и трещин, применяют проволоку другого химического состава, чем химический состав основного металла. Перед сваркой проволоку рекомендуется испытать на показатели свариваемости производя пробную сварку ее в среде защитного газа. Проволока, которая удовлетворяет требованиям сварки, плавится ровно, без заметных образований пор и шлаковых включений и без склонности к сильному разбрызгиванию. Если на поверхности присадочной (электродной) проволоки есть грязь, она подвергается химической очистке тем же способом, что и свариваемый металл.

В ходе сварки в защитной среде углекислого газа низкоуглеродистой стали, хим. состав проволоки должен примерно быть аналогичен составу основного металла. В случае использования в качестве защитных сред углекислого газа выгорает углерод. Это приводит к порообразованию в сварном соединении. Для снижения интенсивности образования пор в ванну расплава добавляются элементы – раскислители. Их вводят через электродную проволоку. При сварке низкоуглеродистой стали в защитной среде углекислого газа применяется кремнемарганцовая проволока марки Св-08ГС, ввиду того, что это одна из марок проволоки, которая обеспечивает получение швов с малой склонностью к порообразованию и трещинам.

Таблица 2.2 – Химический состав проволоки марки Св-08ГС

Марка проволоки	Содержание элементов в %						
	С	Mg	Si	Cr	Ni	S	P
	Не более			Не более			
Св- 08ГС	0,1	1,4-1,7	0,6-0,8	0,2	0,25	0,03	0,03

Исходя из данных таблицы ориентировочных режимов при сварке в среде углекислого газа [6] подбираем диаметры сварочной проволоки. В нашем случае толщина основного металла 3,0 мм, поэтому диаметр электродной проволоки составит  $d_{np} = 1,2$  мм [8].

Значение вылета электродной проволоки подбирается в расчете на диаметр проволоки и толщину свариваемого металла. Ввиду того, что диаметр проволоки равен 1,2 мм, а толщина свариваемого металла 3,0 мм, то исходя из данных таблицы ориентировочных значений режимов для сварки в среде углекислого газа останавливаем свой выбор на вылете электрода, равном  $l_{вэл} = 12...15$  мм.

Расход газа в соответствии с рекомендациями принимаем  $q = 8...11$  л/мин.

Скорость сварки в соответствии с рекомендациями и исходя из физических возможностей сварщика принимаем  $V_{св} = 25...50$  м/ч.

Напряжение на дуге в соответствии с литературными данными принимаем  $U_d = 23...25$  В.

Скорость подачи электродной проволоки выбираем в соответствии с литературными данными принимаем  $V_{np} = 400...900$  м/ч.

Для сварки тавровых соединений увеличим ток сварки на 30 %. Таким образом, исходя из проведённых расчётов, можно задать параметры режима для сварки швов, который сведём в табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Параметры режима сварки

Параметр	Обозначение	Для Стыкового соединения	Для Таврового соединения
Диаметр электродной проволоки	$d_{np}$ , мм	1,2	1,2
Вылет электрода	$l_{эл}$ , мм	12...15	12...15
Расход газа	$q$ , л/мин	8...11	8...11
Скорость сварки	$V_{св}$ , м/ч	25...50	25...50
Напряжение на дуге	$U_{д}$ , В	23...25	23...25
Скорость подачи электродной проволоки	$V_{np}$ , м/ч	400...900	400...900
Сила тока сварки	$I_{св}$ , А	190...390	250...500

## 2.6 Контроль качества сварки

### Анализ дефектов сварки

Трещины – относятся к опасным дефектам, в особенности для конструкций, которые испытывают знакопеременные нагрузки. Они бывают горячими, если возникли в ходе кристаллизации при воздействии растягивающих напряжений, или холодными, в случае возникновения при температуре 200...300°C. Образование трещин может происходить в околошовной зоне или в сварном соединении вдоль или поперек него.

Шлаковые включения – относятся к макроскопическим включениям, и появляются из-за некачественной подготовки (окалина, окислы, загрязнения) места сварки. Эти включения приводят к снижению прочности и уменьшению сечения сварного соединения. К микроскопическим включениям относят —окиси железа, нитриды, фосфиды, легкоплавкие эвтектики. Они приводят к снижению пластических характеристик сварного шва.

Непровар – неполное заполнение металлом расчетных значений сечения шва и несплавление металла самого шва с металлом свариваемой детали. Несплавление связывают с наличием тонких окисных пленок или

слоя шлака между металлом шва и металлом детали. Это опасный дефект, который снижает прочность шва.

Прожоги - обычно возникают при сварке тонкостенных деталей ввиду неравномерных скоростей сварки, завышении энергии дуги, задержек дуги в одном и том же месте. Дефект исправляют подваркой в случае соблюдения технических условий на деталь.

Кратер - дефект такого типа обычно появляется при обрыве дуги. Имеет вид резкого углубления в сварном соединении. Может служить концентратором напряжения. Дефект исправим местной подваркой.

Пора и раковина - имеет округлую и/или продолговатую форму. Образуется ввиду повышенной влажности во флюсе или защитном газе, плохой зачистки кромки свариваемой детали, длинной дуги, повышенной скорости сварки. Может располагаться в виде цепочек с отдельными группами или единично. Ослабляет сечение сварного соединения и его прочность.

Таблица 2.4 – Характеристика приемлемости дефектов дуговой сварки

Балл	Характеристика сварного соединения	Примечание
1	2	3
1	<p>Трещины в шве и околошовной зоне любой величины.</p> <p>Непровары по кромкам шва. Непровары нижней кромки шва &gt;10% от толщины основного металла и протяженностью 250 мм на 1 м шва.</p> <p>Продолговатые шлаковые включения, расположенные в любом месте шва и имеющие вид прерывистой или сплошной линии размерами 10% от сечения шва при толщине металла до 20 мм, 5% при 20—40 мм и 3%— при 40—100 мм; длина сплошной линии включений &gt;200 мм на 1 м шва.</p> <p>Поры в виде сплошной сетки или их скопление на отдельных участках шва в количестве более 5 на 1 см<sup>2</sup> при общей площади пористого участка шва &gt;5 см<sup>2</sup> на длине шва 0,5 м</p>	<p>Сварные швы, оцениваемые баллом 1, подлежат исправлению и повторному контролю.</p> <p>Наличие или отсутствие пор в шве не определяет его непроницаемости</p>

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
2	<p>Отсутствие каких-либо трещин в шве. Отсутствие непроваров по кромкам.</p> <p>Непровары нижней кромки, недоступные для подварки с обратной стороны, величиной не более 10% от толщины основного (металла) суммарной длиной &lt;200 мм на 1 м шва.</p> <p>Поры в количестве &lt;5 на 1 см<sup>2</sup> при общей площади пористого участка &lt;5 см<sup>2</sup> на длине шва 0,5 м.</p> <p>Продолговатые шлаковые включения величиной, меньшей, чем в шве, оцениваемом баллом 1</p>	<p>Сварные швы, оцененные баллом 2, считаются приемлемыми без исправления</p>
3	<p>Трещины полностью отсутствуют.</p> <p>Отсутствие непровара по верхним кромкам</p> <p>Отсутствие неоравара по нижним кромкам</p> <p>Отсутствие продолговатых шлаковых включений.</p> <p>Наличие единичных пор и шлаковых включений сферической формы диаметром до 2 мм, находящиеся на расстоянии более 100 мм друг от друга</p>	<p>Сварные швы, оцененные баллом 3, считаются годными без исправления</p>

Внешний осмотр

Внешний осмотр проводят на всех стадиях сварочного производства: при проверке подготовки и сборки, наблюдении за операцией сварки, осмотре готового изделия. Зачастую внешнему осмотру подвергают детали перед другими методами контроля. Контроль заготовок и сборки: проверка материала (может производиться выбраковка в случае наличия вмятины, заусенца, окалины, ржавчины), качества подготовки кромки, величины зазора, правильности разделки.

Наблюдение за операцией сварки контролирует режимы сварки, защиту зоны дуги, правильность при наложении сварных швов.

На готовом изделии осмотру подвергают сварные швы и зону прилегающего основного металла на длине не меньше 20 мм от сварного соединения после зачистки от шлака, брызг и загрязнения. Проверяют

наличие трещины, подреза, свища, прожога, натека, непровара корня шва и непровара по кромке, дефекта формы сварного соединения. О качестве сварного соединения можно судить по постоянству его геометрических размеров, внешнему виду, равномерности чешуйчатости сварного соединения, а также цвету поверхности детали, особенно из активных металлов, в случае нагрева которых происходят процессы интенсивного окисления. Для выявления небольших дефектов следует использовать лупу с 4...10-кратным увеличением. Возможность выявления дефекта может быть осложнена освещенностью, индивидуальными свойствами зрения, яркостью, цветом, угловыми размерами и резкостью контура дефекта, а также контрастом между дефектом и поверхностью детали.

#### Неразрушающий контроль

Для неразрушающего контроля соединений применим ультразвуковой контроль. При анализе распространения ультразвуковых колебаний в контролируемой детали используются три основных метода: теневой, зеркально-теневой и эхо-метод.

Для *теневого метода* признаком обнаружения дефекта является ухудшение интенсивности (амплитуды) для ультразвуковой волны, которая проходит от излучающего пьезопреобразователя к приемному. Недостатками метода являются - необходимость двустороннему доступу к детали и небольшая точность оценок координаты дефекта, достоинством - высокая помехоустойчивость. Данный метод можно применять для деталей с грубой обработкой поверхности.

Для *зеркально-теневого метода* признаком обнаружения дефекта ухудшение/уменьшение интенсивности (амплитуды) ультразвуковой волны, которая отражается от противоположных поверхностей детали. Отраженный сигнал называют донным. Данный метод не требует двусторонний доступ к контролируемой детали, позволяет достовернее выявлять корневого рода дефекты для стыковых швов, является помехоустойчивым, и применяется

для деталей с небольшой толщиной и грубой обработкой поверхности. Но точность при определении координат дефекта и для данного метода невысокая.

Для *эхо-метода* признаком обнаружения дефекта является прием специального эхо-сигнала, который отражается от дефекта. Для зеркально-теневого и эхо-методов возможно применение одного и того же пьезопреобразователя как излучателя и приемника (при эхо-методах, обычно, так и делают), но сигнал при этом подается импульсами.

В проекте предлагаем использовать эхо-метод, поскольку он не требует подхода с двух сторон к сваренным деталям и позволяет достаточно достоверно показать не только наличие дефектов, но и их характеристики.

Для УЗК контроля применим частоту  $f=5$  МГц, угол ввода  $\beta=30\dots40^\circ$ . В качестве дефектоскопа применим УД2-17.

## 2.7 Проектирование сборочно-сварочного участка

Участок сборки и сварки (рис. 2.3) представляет собой площадку общей площадью 72 x 24 метра, на которой размещено оборудование в соответствии с последовательностью технологических операций. При этом выделено два подучастка – подготовки листового проката (склад листового проката, машина листопрямляющая 1, установка дробемётная 2М392, ножницы кривошипные листовые 6, машина газорезательная СГУ-Луч 9, машина гибочная 10) и подготовки сортового проката (склад сортового проката, машина сортопрямляющая 2 и 3, установка дробемётная 5, ножницы сортовые 7, станок фрезерно-отрезной 8). Обслуживание обоих подучастков производится с использованием мостового однобалочного крана.

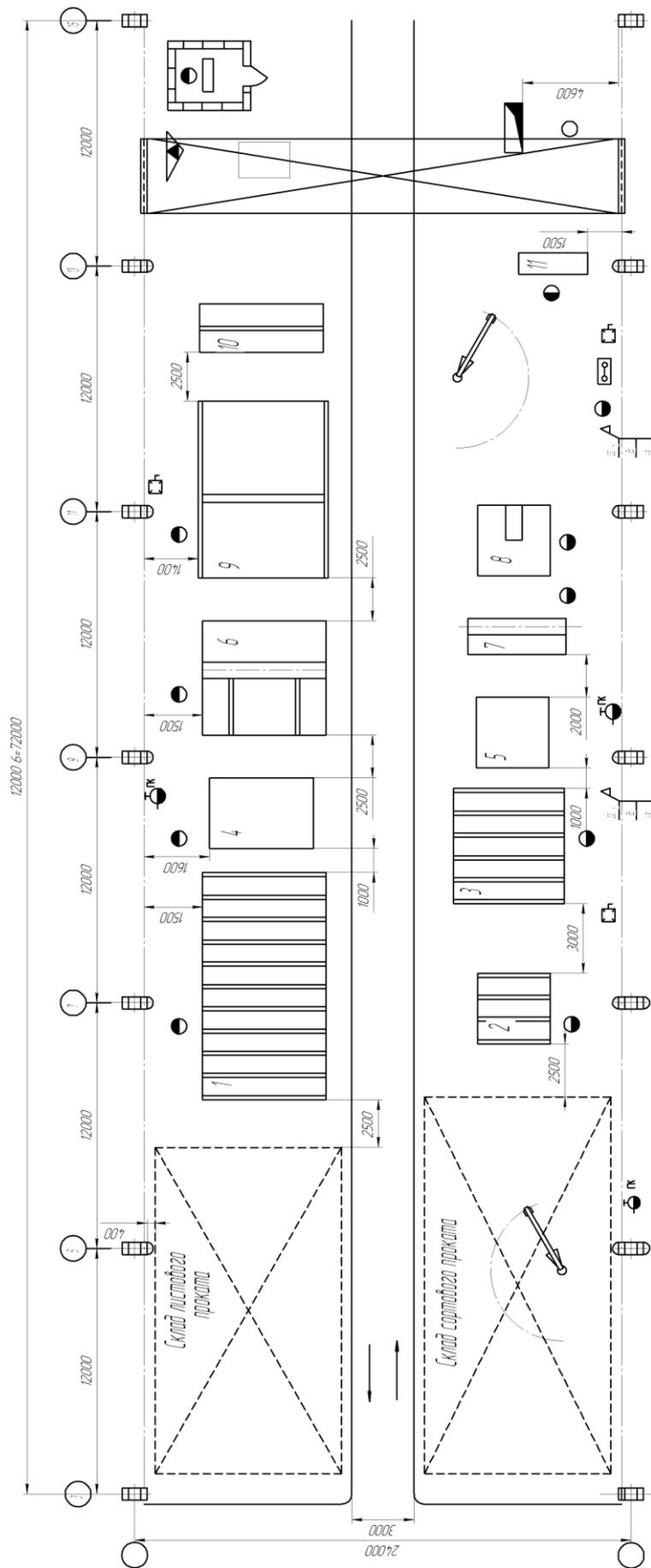


Рисунок 2.3 – Участок сборки и сварки

## 2.8 Проектирование сборочно-сварочного приспособления

К конструкции приспособления предъявляется ряд требований, которые следует учесть и для выбора отдельных элементов, и для разработки общей компоновки приспособления:

1) обеспечение получения приспособлением заданной точности, этого можно достичь за счет выбора соответствующей конструкции и точности каждого элемента, который определяет ориентацию детали в приспособлении, жесткость корпуса приспособления и надежность применяемых зажимов;

2) обеспечение заданной производительности технологического процесса за счет использования механизированного зажимного механизма и механизации других рабочих операций в рамках обслуживания приспособления;

3) хорошая ремонтоспособность, для обеспечения которой необходимо выбрать соответствующую конструкцию легкоизнашивающихся элементов и способы их закрепления в приспособлении;

4) удобство в эксплуатации при обеспечении свободных подходов для установке деталей и монтаже/демонтаже узла в целом и обеспечении требований по эргономике рабочего места;

5) облегчение труда рабочих, это становится особенно важно при проектировании приспособлений для тяжелой и монотонной работы, приводящей к быстрому утомлению;

6) обеспечение безопасности работы, это достигается за счет применения зажимного механизма с самотормозящимся звеном, а также блокировочного устройства, обеспечивающего отключение оборудования в случае внезапного раскрепления узла, и защитного устройства с использованием вращающихся элементов.

При разработке конструкций сборочно-сварочного приспособлений будем ориентироваться на магнитные, как обладающие достаточной

производительностью, малой утомляемостью сварщика и отсутствием затрат на сжатый воздух.

### Расчёт электромагнитного зажима [2]

1) Примем следующие начальные условия:

- род тока – постоянный;
- величина тока в катушке – 5...10 А;
- напряжение на катушке  $U_{2н}=24...36$  В;
- тяговой усилие (усилие зажатия)  $P=2$  кН;
- величина хода зажимов  $\delta y=50 \cdot 10^{-3}$  м
- расчётный остаточный зазор -  $\Delta p= 2 \cdot 10^{-3}$  м;
- материал обмоточного провода – медь М1;
- допустимая плотность тока в проводе катушки  $j= 2$  А/мм<sup>2</sup>;
- допустимый режим работы ПВ=100 %
- материал магнитопровода для якоря и статора – сталь 10;
- магнитная индукция материала якоря  $B=1,2$  Тл.

2) Площадь сечения якоря (рис. 2.4):

$$S_{я} = \frac{2\mu_0 P}{B^2} = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{1,2^2} = 0,0017 \text{ м}^2.$$

3) Задавшись диаметром штока  $d_{ш}= 0,014$  м, определим диаметр якоря:

$$d_{я} = \sqrt{\frac{4S_{я} + \pi d_{ш}^2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0017 + \pi \cdot 0,014^2}{\pi}} = 0,05 \text{ м}.$$

4) Расчётная намагничивающая сила, которая будет возбуждаться в обмотке силовой катушки при данном материале якоря и статора и заданном остаточном зазоре с учётом коэффициента запаса 1,4:

$$F_{\phi} = 1,4 \cdot \frac{B \Delta p}{\mu_0} = 1,4 \cdot \frac{1,2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 2600 \text{ вб}.$$

5) Приняв ток в катушке  $I_{\min}= 5$  А, определим общее число витков в ней:

$$\omega = \frac{F_{\phi}}{I} = \frac{2600}{5} = 520.$$

6) Усилие страгивания:

$$P_{cm} = \left( \frac{I_{\min} \cdot \omega}{\delta_y} \right)^2 \frac{S_{я} \mu_0}{2} = \left( \frac{5 \cdot 520}{50 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \frac{0,0017 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2} = 28 \text{ Н.}$$

7) Рассчитываем сечение обмотки катушки, мм<sup>2</sup>:

$$S = w_1 \frac{I}{j} = 520 \frac{5}{2} = 1300 \text{ мм}^2.$$

8) Рассчитываем площадь поперечного сечения обмотки вместе с изоляцией, где коэффициент заполнения  $K_3 = 0,6$ :

$$S_k = \frac{S}{K_3} = \frac{1300}{0,6} = 2200 \text{ мм}^2.$$

9) Задаём ширину катушки  $B_k = 40$  мм.

10) Рассчитываем высоту катушки:

$$H_k = \frac{S_k}{B_k} = \frac{2200}{40} = 55 \text{ мм.}$$

В силовой катушке 1 перемещается якорь 2. Катушка размещается в стакане 3, зажата крышкой нижней 4 и крышкой верхней 5. В стакане малом 6 размещается возвратная пружина 7, обеспечивающая обратный ход штока 9. Для облегчения поступательного перемещения якоря относительно катушки предусмотрен изолятор 8. На штоке 9 размещается упор 10.

#### Описание приспособления

Приспособление для сборки и сварки представляет собой набор стоек, крепящихся на каркасе, повторяющим контуры изделия. При этом такая стойка представляет собой (рис. 2.5) стойку упорную 1, на которой крепятся две регулируемые опоры. Стойка имеет резьбовую ось, которая крепится на каркасе. На стойке перпендикулярно оси крепится плечо упорное 2, на котором посредством хомута закреплён зажим электромагнитный 3. подача тока на силовую катушку электромагнита 3 приводит к втягиванию якоря и

прижатию детали к уголку посредством упора, крепящегося на штоке электромагнитного зажима.

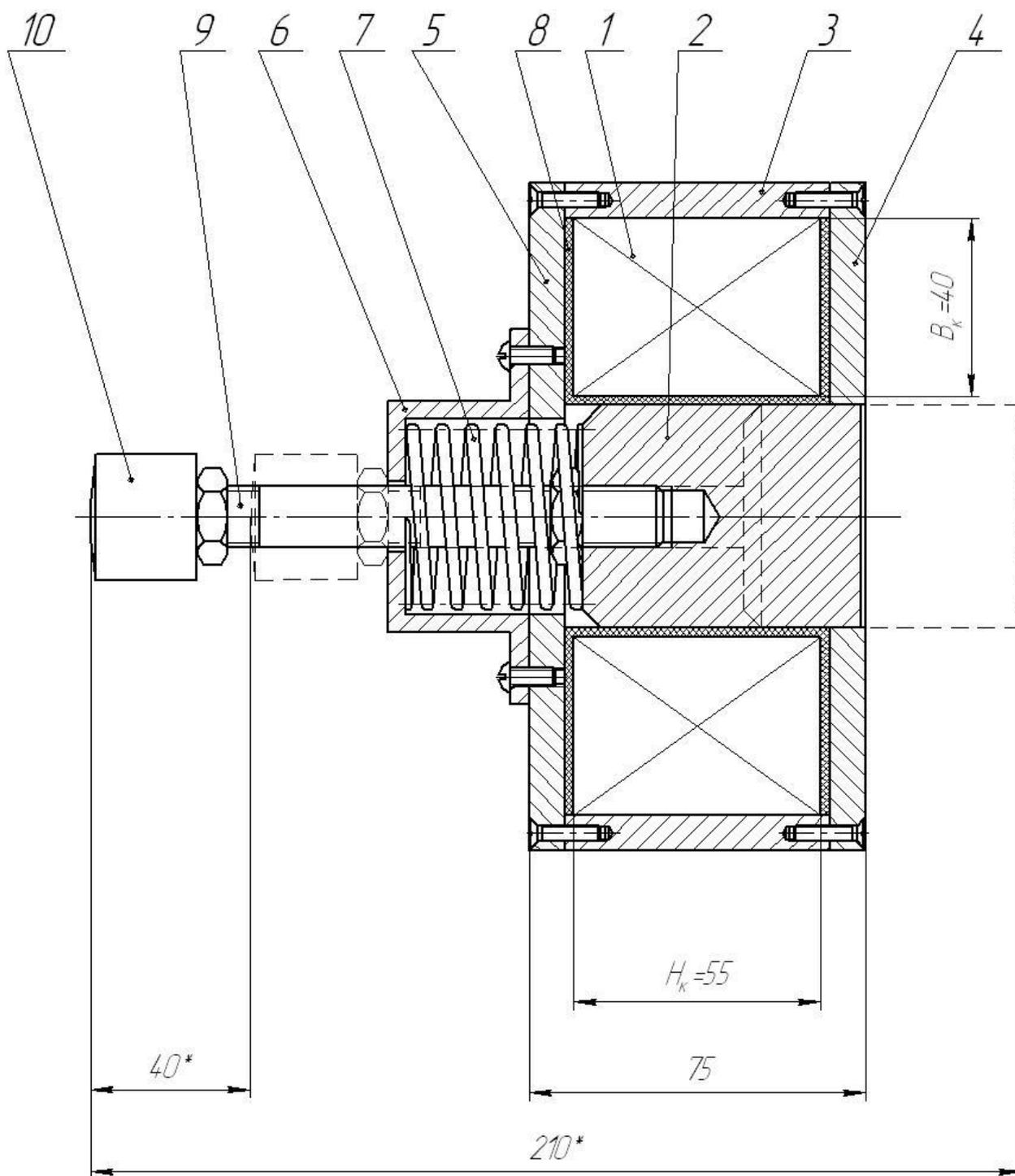


Рисунок 2.4 – Зажим электромагнитный

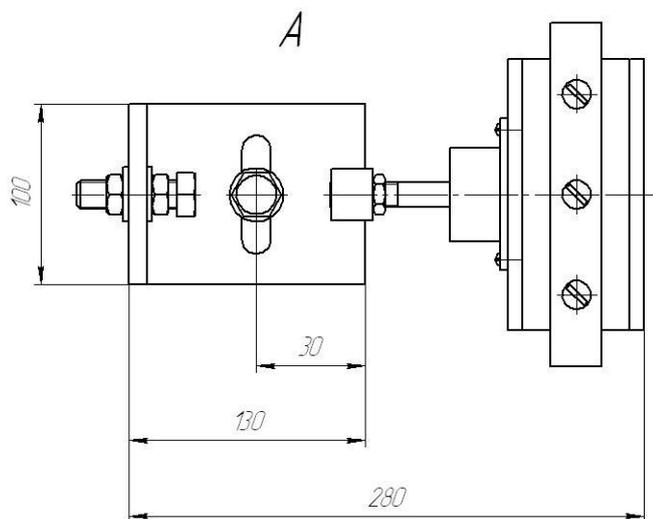
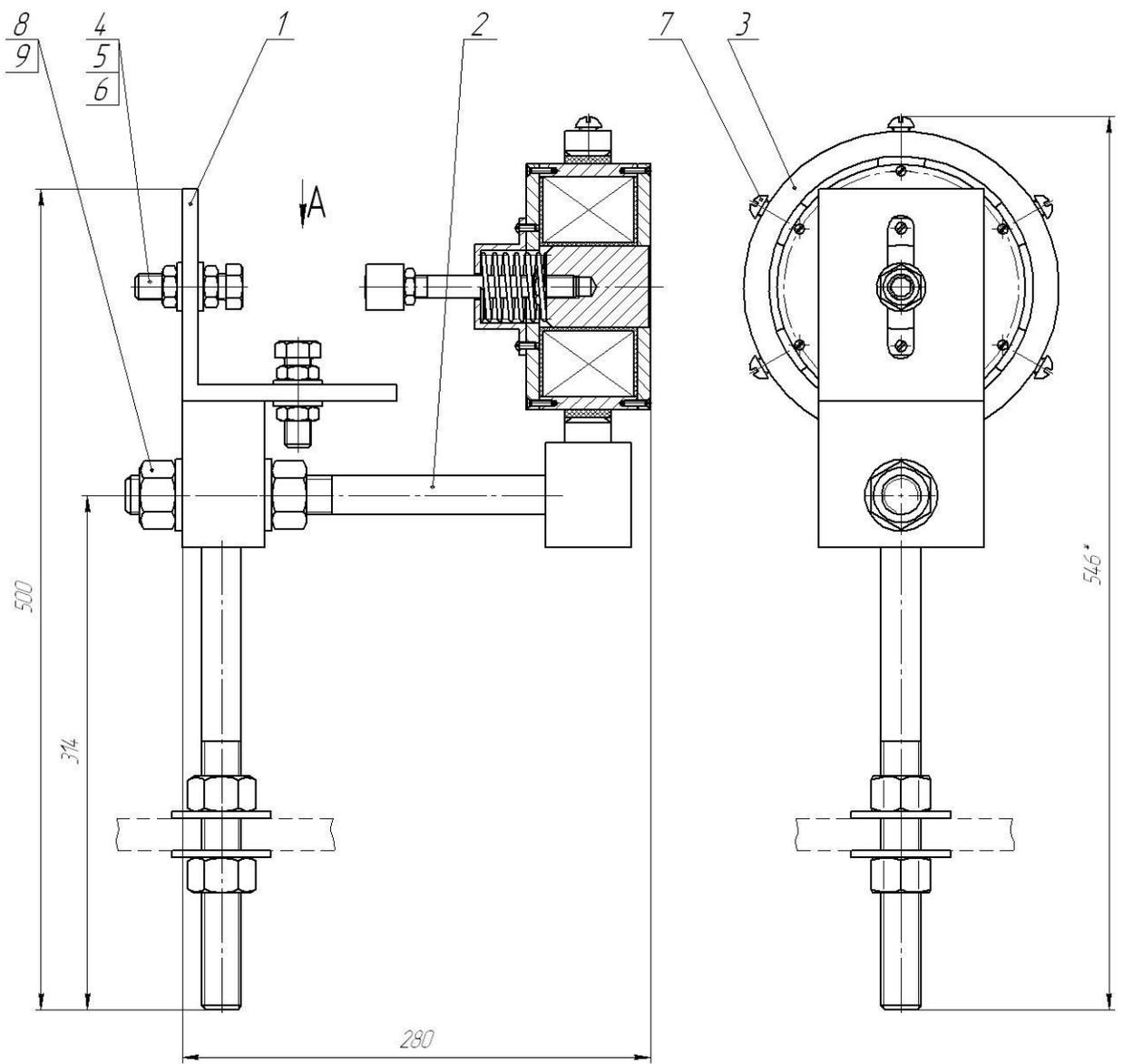


Рисунок 2.5 – Стойка сборочного приспособления

### 3 Оценка безопасности и экологичности разрабатываемого технического объекта

#### 3.1 Технологическая характеристика объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку с защитных газах с импульсным управлением дуги. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение импульсных источников питания, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты сварщика и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей.

Одним из основных вредных производственных факторов в сварочном производстве является загрязнение воздуха рабочей зоны токсичными веществами в виде сварочных аэрозолей, образующихся при электродуговом процессе. Защита сварщиков и производственной среды от действия сварочных аэрозолей осуществляется посредством различных систем вентиляции, которые должны обеспечить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не выше предельно допустимой концентрации. Для выбора необходимой системы вентиляции и повышения ее эффективности на рабочих местах сварщиков необходимы экспериментальные данные о

содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны при различных условиях вентилирования.

Твердая составляющая сварочного аэрозоля образуется при конденсации паров металлов и шлака. Условия испарения металла и шлака оказывают решающее влияние на состав аэрозоля. Температура капли, ее удельная поверхность и скорость перехода марганца из объема капли к ее поверхности определяют концентрацию марганца в аэрозоле.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1 Входной контроль	Слесарь-сборщик, дефектоскопист	1) Кран-балка 2) Лупа х4	Рукавицы х/б
2. Заготовительная операция	Слесарь-сборщик	1) Сортоправильная машина 2) Дробемётный аппарат 3) Ножницы гильотинные, 4) Резак ГРМ-70 5) Фрезерный станок 6) Газорезательная машина	1) Мел 2) Ацетилен 3) Кислород, 4) Круг абразивный 5) Сверло Р6М5
3. Сборка и сварка	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) Сборочное приспособление 2) Полуавтомат сварочный ПДГ-515 3) Выпрямитель ВДУ-506 4) Шаблон сварщика УШС-3	1) Сварочная проволока Св-08Г2С 2) Углекислый газ
4. Проведение контроля качества	Дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	Ультразвуковой дефектоскоп	-

### 3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Кран-балка</li> <li>2) острые края листов и профильного проката</li> </ul>
2. Заготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Сортоправильная машина</li> <li>2) Дробемётный аппарат</li> <li>3) Ножницы гильотинные,</li> <li>4) Резак ГРМ-70</li> <li>5) Фрезерный станок</li> <li>6) Газорезательная машина</li> </ul>
3. Сборка и сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение уровня ультрафиолетового излучения в рабочей зоне;</li> <li>- повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Сборочное приспособление</li> <li>2) Полуавтомат сварочный ПДГ-515</li> <li>3) Выпрямитель ВДУ-506</li> <li>4) Шаблон сварщика УШС-3</li> </ul>
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне</li> </ul>	Ультразвуковой дефектоскоп

### 3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 3.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение уровня ультрафиолетового излучения в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
7. Повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОВП-80	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов для ограничения разлёта искр.

### 3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.6 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Подготовка сборки и сварка опоры перехода	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при сварке	-	упаковка от проволоки бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 3.7 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка опоры перехода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

### 3.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

## 4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

### 4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В экономическом разделе необходимо рассчитать и обосновать эффективность разрабатываемой в данной работе технологии. Для реализации этой технологии необходимо выполнить и внедрить приспособление, позволяющее снизить трудоемкость изготовления, сократить одного рабочего, что позволяет повысить производительность труда и снизить затраты на изготовление детали. Расчет начнем с определения заводской себестоимости изготовления приспособления. Далее необходимо рассчитать затраты на изготовления изделия до заводской себестоимости. После определения заводской себестоимости изготовления изделия, определим необходимые дополнительные капитальные затраты и экономическую эффективность разрабатываемой технологии.

Таблица 4.1 - Исходные данные для экономического расчета

№ п/п	Показатели	Услов. обозн.	Ед-ца измер.	Значение	
				Баз. вар	Проект.вар
1	2	3	4	5	6
1.	Годовая программа выпуска изделий	$G_{п}$	шт.	1000	1000
1.	Разряд сварщика	-	-	V	V
2.	Часовая тарифная ставка сварщика	$C_{ч_{св}}$	Р/час	180	180
3.	Часовая тарифная ставка станочника	$C_{ч_{ст}}$	Р/час	-	220
4.	Норма амортизации площади	$H_{пл}$	%	2	2
5.	Площадь, необходимая для изготовления приспособления	$S_{пр}$	м <sup>2</sup>	-	80
6.	Площадь, необходимая на изделие	$S_{изд}$	м <sup>2</sup>	24	24
7.	Время штучное изготовления изделия	$t_{шт}$	мин.	240	160

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
8.	Время машинное изготовления изделия	$t_{\text{маш}}$	мин.	110	110
9.	Масса приспособления	$H_p$	кг.	-	40
10.	Стоимость материала приспособления	$C_m$	Р/кг.	-	7,8
11.	Стоимость оборудования для сварки: - полуавтомат ПДГ – 515 - выпрямитель ВДУ-506	$C_{об1}$ $C_{об2}$	руб. руб.	43000 16500	43000 16500
12.	Потребляемая мощность	$M_{\text{уст}}$	кВт	9,0	9,0
13.	Количество рабочих для изготовления	$C_k$	чел.	2	2
14.	Количество рабочих для изготовления приспособления	$C_{пр}$	чел.	-	2
15.	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	-	1,05	1,05
16.	Коэффициент доплат к осн. зар. плате	$K_o$	-	1,88	1,88
17.	Коэффициент отчислений на доп. з/плату	$K_{доп}$	%	12	12
18.	Коэффициент отчислений на соц. нужды	$K_{сс}$	%	35,6	35,6
19.	Стоимость эксплуатации площади	$C_{\text{экс}}$	$\frac{P}{\text{м}^2}$ год	1787	1787
20.	Стоимость электроэнергии	$C_{\text{э.э}}$	Р/кВт	0,61	0,61
21.	Цена площади	$C_{\text{пл}}$	Р/м <sup>2</sup>	30000	30000
22.	Коэффициент полезного действия об-я	$KПД$	-	0,75	0,75
23.	Нормативный коэффициент эффективности доп. кап. вложений	$E_H$	-	0,33	0,33
24.	Коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	2,15	2,15
25.	Коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	2,5	2,5
26.	Годовая программа выпуска приспособлений	$П_{\text{з.пр}}$	шт	-	100

## 4.2 Расчет эффективного фонда времени работы оборудования

Завод работает в две смены, следовательно фонд времени работы оборудования будем рассчитывать и для изготовления приспособления, и для изготовления изделия.

$$\Phi_p = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) \cdot T_{см} \cdot c \cdot (-K_{р.п.}) \quad (4.1)$$

где  $D_k$  - количество календарных дней в году;

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

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

$C$  – количество рабочих смен;

$T_{см}$  - продолжительность смены;

$K_{р.п.}$  - потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку.

$$\Phi_p = (65 - 108 - 7) \cdot 8 \cdot 2 \cdot (-0,06) = 3720 \text{ час}.$$

## 4.3. Расчет нормы времени на изготовление приспособления

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п.з} \quad (4.2)$$

где  $t_{маш}$  - машинное время;

$t_{всп}$  - вспомогательное время;

$t_{обсл}$  - время обслуживания оборудования;

$t_{отл}$  - время на отдых и личные надобности рабочего;

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

Так как при изготовлении приспособления выполняется несколько видов операций, расчет произведем в таблице.

Таблица 4.2 - Расчет нормы времени

№ п/п	Операция	$t_{маш}$	$t_{всп}$	$t_{обсл}$	$t_{отл}$	$t_{н.з}$	$t_{итг}$
1	Разметка и резка материала	30	3	2,1	1,5	0,03	36,63
2	Сварка	18	1,8	1,26	0,9	0,18	22,14
3	Сверление, нарезка резьбы	20	2	1,4	1	0,2	24,6
4	Фрезерование	15	1,5	1,05	0,75	0,15	18,45
5	Сборка	30	3	2,1	1,5	0,3	36,63
<i>Итого время на изготовление приспособления, мин</i>							138,45
час							2,3

#### 4.4 Расчет заводской себестоимости затрат на изготовление приспособления

##### Затраты на материалы

Для изготовления приспособления используется ст.3: и листы; а также плавящиеся электроды для сварки.

$$M = H_p \cdot C_m \cdot K_{m-з} \quad (4.3)$$

где  $H_p$  - норма расхода материала;

$C_m$  - цена материала;

$K_{m-з}$  - коэффициент транспортно - заготовительных расходов.

$$M = 40 \cdot 7,8 \cdot 1,05 + 4 \cdot 18,6 \cdot 1,05 = 327,6 + 39,05 = 367,6 \text{ руб.}$$

##### Фонд заработной платы

$$\Phi ЗП = З_{осн} + З_{доп} \quad (4.4)$$

где  $З_{осн}$  - основная з/плата;

$З_{доп}$  - дополнительная з/плата

а) Основная з/плата.

$$Z_{осн} = Cч \cdot t_{шт} \cdot K_{\delta} \quad (4.5)$$

где  $Cч$  - часовая тарифная ставка;

$t_{шт}$  - штучное время

$K_{\delta}$  - коэффициент доплат.

На изготовление приспособления заняты 2 рабочих: сварщик – универсал и станочник.

$$Z_{осн} = \left( 180 \cdot \left( \frac{22,14 + 36,63}{60} \right) + 220 \cdot \left( \frac{36,63 + 24,6 + 18,45}{60} \right) \right) \cdot 1,88 = 184 + 292 \cdot 1,88 = 900 \text{ руб.}$$

б) Дополнительная з/плата.

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} \quad (4.6)$$

где  $K_{доп}$  - коэффициент доплат к основной заработной плате;

$$Z_{доп} = 900 \cdot 12 / 100 = 108 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП = 900 + 108 = 1008 \text{ руб.}$$

#### Отчисления на соц. нужды

$$O_{с.с.} = \Phi ЗП \cdot K_{сс} \quad (4.7)$$

где  $K_{сс}$  - коэффициент отчислений на соц. нужды.

$$O_{с.с.} = 1008 \cdot 0,356 = 357 \text{ руб.}$$

#### Расходы на оборудование

$$P_{об} = A_{об} + P_{э-э} \quad (4.8)$$

где  $A_{об}$  - амортизация оборудования;

$P_{э-э}$  - расход на электроэнергию.

а) Амортизация оборудования.

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{\Phi_p \cdot 100 \cdot 60} \quad (4.9)$$

где  $Ц_{об}$  - стоимость оборудования;

$H_a$  - норма амортизации;

$t_{маш}$  - машинное время;

$\Phi_p$  - эффективный фонд времени.

Таблица 4.3 – Вычисление расходов на оборудование

№ п/п	Оборудование	$C_{об}$	$H_a$	$t_{маш}$	$\Phi_p$	Значение, руб.
1	Гильотинные ножницы	15000	12	10	3720	0,1
2	Сварочное оборудование	59500	20	18	3720	0,96
3	Сверлильный станок	12000	10	20	3720	0,11
4	Фрезерный станок	120000	12	15	3720	0,97
5	Слесарный инструмент	8000	10	50	3720	0,18
Итого затрат на амортизацию оборудования						2,32

б) Расход на электроэнергию.

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot C_{э-э} \cdot t_{маш}}{КПД \cdot 60} \quad (4.10)$$

где  $M_{уст}$  - мощность установки;

$C_{э-э}$  - стоимость электроэнергии;

$КПД$  - коэффициент полезного действия.

Таблица 4.4 – Вычисление расходов на электрическую энергию

№ п/п	Оборудование	$M_{уст}$	$C_{э-э}$	$t_{маш}$	$КПД$	Значение, руб.
1	Гильотинные ножницы	1,5	0,61	10	0,7	0,218
2	Сварочное оборудование	9	0,61	18	0,75	2,196
3	Сверлильный станок	0,8	0,61	20	0,6	0,271
4	Фрезерный станок	20	0,61	15	0,8	3,813
Итого затрат на электроэнергию						6,45

Итого расходы на оборудование:

$$P_{об} = 2,32 + 6,45 = 8,77 \text{ руб.}$$

Расходы на площадь.

$$P_{пл} = A_{пл} + P_{эсп} \quad (4.11)$$

где  $A_{пл}$  - амортизация площади;

$P_{\text{эксн}}$  - эксплуатационные расходы.

а) Амортизация площади.

$$A_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot H_{\text{пл}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot S_{\text{пр}}}{100 \cdot \Phi_p \cdot 1} \quad (4.12)$$

где  $C_{\text{пл}}$  - стоимость площади;

$H_{\text{пл}}$  - норма амортизации площади;

$S_{\text{пл}}$  - площадь, необходимая для изготовления приспособления;

$t_{\text{шт}}$  - общее время на изготовление приспособления.

$$A_{\text{пл}} = \frac{3000 \cdot 2 \cdot 2,3 \cdot 80}{100 \cdot 3720} = 2,9 \text{ руб.}$$

б) Расходы эксплуатационные.

$$P_{\text{эксн.}} = \frac{C_{\text{эксн}} \cdot t_{\text{шт}} \cdot S_{\text{пр}}}{\Phi_p} \quad (4.13)$$

где  $C_{\text{эксн}}$  - затраты на эксплуатацию площади.

$$P_{\text{эксн.}} = \frac{1787 \cdot 2,3 \cdot 80}{3720} = 88,39 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{пл}} = 2,9 + 88,39 = 91,29 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость изготовления приспособлений.

$$C_{\text{тех}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + P_{\text{об}} + P_{\text{пл}} \quad (4.14)$$

$$C_{\text{тех}} = 367,6 + 100,37 + 35,73 + 8,77 + 91,29 = 603,76 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + K_{\text{цех}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.15)$$

где  $K_{\text{цех}}$  - коэффициент цеховых расходов.

$$C_{\text{цех}} = 603,76 + 2,15 \cdot 89,62 = 796,41 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость.

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + K_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.16)$$

где  $K_{\text{зав}}$  - коэффициент заводских расходов.

$$C_{\text{зав}} = 796,41 + 2,5 \cdot 89,62 = 1020,46 \text{ руб.}$$

Таблица 4.5 – Калькуляция заводской себестоимости приспособлений

№ п/п	Статьи затрат	Усл. обоз.	Значение
1	Материалы	<i>M</i>	367,6
2	Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	100,37
3	Отчисления на соц. нужды	<i>O<sub>сс</sub></i>	35,73
4	Расходы на оборудование и площади	<i>P<sub>обипл</sub></i>	100,06
	Себестоимость технологическая	<i>C<sub>тех</sub></i>	603,76
5	Расходы цеховые	<i>P<sub>цех</sub></i>	192,68
	Себестоимость цеховая	<i>C<sub>тех</sub></i>	796,41
6	Расходы заводские	<i>P<sub>зав</sub></i>	224,05
	Себестоимость заводская	<i>C<sub>зав</sub></i>	1020,46

#### 4.5 Расчет заводской себестоимости изготовления изделия

В базовой и проектной технологии применялось время штучное, при том, что время машинное не изменилось. Поэтому расчет будем производить только на изменяющиеся статьи затрат.

##### Фонд оплаты труда

а) Основная з/плата

$$Z_{осн.б} = 180 \cdot \frac{240}{60} \cdot 3 \cdot 1,88 = 2830,5 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.пр.} = 180 \cdot \frac{160}{60} \cdot 2 \cdot 1,88 = 1887 \text{ руб.}$$

б) Дополнительная з/плата.

$$Z_{дон.б} = 2830,5 \cdot 0,12 = 339,6 \text{ руб.}$$

$$Z_{дон.пр} = 1887 \cdot 0,12 = 226,4 \text{ руб.}$$

$$\Phi З П_{\sigma} = 2830,5 + 339,6 = 3160,2 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{np} = 1887 + 226,4 = 2113,4 \text{ руб.}$$

4.5.2. Отчисления на соц. нужды.

$$O_{cc.б} = 3160,2 \cdot 0,356 = 1125 \text{ руб.}$$

$$O_{cc.np} = 2113,4 \cdot 0,356 = 752,4 \text{ руб.}$$

4.5.3. Расходы на оборудование.

$$A_{об.б} = \frac{59500 \cdot 20 \cdot 110}{3720 \cdot 100 \cdot 60} = 58,6 \text{ руб.}$$

$$A_{об.np} = \frac{59500 + 1020,46 \cdot 20 \cdot 110}{3720 \cdot 100 \cdot 60} = 59,6 \text{ руб.}$$

4.5.4. Расходы на площадь.

а) Амортизация площади.

$$A_{пл.б} = \frac{30000 \cdot 2 \cdot 240 \cdot 24}{3720 \cdot 100 \cdot 60} = 15,48 \text{ руб.}$$

$$A_{пл.np} = \frac{30000 \cdot 2 \cdot 160 \cdot 24}{3720 \cdot 100 \cdot 60} = 10,32 \text{ руб.}$$

б) Расходы эксплуатационные.

$$P_{экс.б} = \frac{17870 \cdot 240 \cdot 24}{3720 \cdot 60} = 461,2 \text{ руб.}$$

$$P_{экс.np} = \frac{17870 \cdot 160 \cdot 24}{3720 \cdot 60} = 307,4 \text{ руб.}$$

$$P_{пл.б} = 15,5 + 461,2 = 476,7 \text{ руб.}$$

$$P_{пл.np} = 10,3 + 307,4 = 317,7 \text{ руб.}$$

4.5.5. Технологическая себестоимость.

$$C_{тех.б} = 3160,2 + 1125 + 58,6 + 476,7 = 4820,5 \text{ руб.}$$

$$C_{тех.np} = 2113,4 + 752,4 + 53,6 + 317,7 = 3243,1 \text{ руб.}$$

4.5.6. Цеховая себестоимость.

$$C_{цех.б} = 2830,5 \cdot 2,15 + 4820,5 = 10906 \text{ руб.}$$

$$C_{цех.пр} = 1887 \cdot 2,15 + 3243,1 = 7300,2 \text{ руб.}$$

4.5.7. Заводская себестоимость.

$$C_{зав.б} = 2830,5 \cdot 2,5 + 10906 = 17982,3 \text{ руб.}$$

$$C_{зав.пр} = 1887 \cdot 2,5 + 7300,2 = 12017,7 \text{ руб.}$$

Таблица 4.6 - Калькуляция заводской себестоимости изготовления изделия

№ п/п	Статьи затрат	Усл. обоз.	Значение, руб.	
			Баз.	Проект.
1	Фонд заработной платы	$\Phi ЗП$	3160,2	2113,4
2	Отчисления на соц. нужды	$O_{cc}$	1125	752,4
3	Расходы на оборудование и площади	$P_{обипл}$	535	377
4	Расходы цеховые	$P_{цех}$	6085,5	4057
	Себестоимость цеховая	$C_{цех}$	10906	73002
5	Расходы заводские	$P_{зав}$	7076	4717,5
	Себестоимость заводская	$C_{зав}$	17982,3	12017,7

#### 4.6 Расчет дополнительных капитальных затрат

Так как по базовому и проектному варианту применяется одинаковое оборудование, расположенное на одинаковой площади, посчитаем только дополнительные капитальные вложения в приспособления.

$$K_{доп} = C_{пр} \cdot n \cdot K_{монт} \quad (4.17)$$

где  $C_{пр}$  - заводская себестоимость приспособления;

$n$  - необходимое количество приспособлений для выполнения годовой программы;

$K_{монт}$  - коэффициент монтажа приспособлений;

$$K_{\text{дон}} = 1020,46 \cdot 100 \cdot 1,2 = 122455,2 \text{ руб.}$$

#### 4.7 Расчёт экономической эффективности разрабатываемой технологии:

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.18)$$

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{240 - 160}{240} \cdot 100\% = 33\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.19)$$

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 33}{100 - 33} = 50\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.20)$$

Подставив в (4.20) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{4820 - 3243}{4820} \cdot 100\% = 32\%$$

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot П_{\text{Г}} \quad (4.21)$$

Подставив в (4.21) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (17982 - 12017) \cdot 100 = 596460 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\mathcal{E}_{\text{уг}}} \quad (4.22)$$

Подставив в (4.22) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{122455}{596460} \approx 0,3$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{г.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н.}} \cdot K_{\text{доп.}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\text{г.}} = 596460 - 0,33 \cdot 122455 = 556049 \text{ руб.}$$

#### 4.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 33 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 50 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 596460 рублей. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 556049 рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,3 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки обладает экономической эффективностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – *повышение производительности и качества изготовления рас тренажёрных снарядов за счёт организации мелкосерийного сборочно-сварочного производства на базе существующих площадей и оборудования.*

Базовая технология сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов. Для достижения поставленной цели предложено решение задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса: 1) совершенствование способов заготовки материалов; 2) выбор более производительного способа сварки; 3) совершенствование схемы сборки-сварки изделия; 4) повышение степени механизации сборочно-сварочных операций; 5) совершенствование системы внутрицехового транспорта; 6) рациональная планировка размещения производственных участков внутри цеха металлоконструкций.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 33 %, повышению производительности труда на 43 %, снижению технологической себестоимости на 50 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 556 тыс. рублей.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
2. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
3. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов и др.; под ред. Ю. В. Казакова. - 3-е изд., стер.; Гриф МО. - М. : Академия, 2003. – 399 с.
4. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением.— М.: Машиностроение, 1977
5. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
6. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
7. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
8. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
9. Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
10. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
11. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография /

А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

12. Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.

13. Походня, И.К. Об испарении марганца при сварке стали / И.К. Походня, В.И. Швачко, И.Р. Явдошин, С.С. Пономарев // Автоматическая сварка. – 1982. – №11. – С. 24–26.

14. Походня, И.К. Источники поступления марганца и железа в сварочный аэрозоль / И.К. Походня, И.Р. Явдошин, А.В. Булат, В.И. Швачко // Автоматическая сварка. – 1981. – № 3. – С. 37–29.

15. Патон, Б.Е. Применение защитных газов в сварочном производстве / Б.Е. Патон, С.Т. Римский, В.И. Галинич // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 17–24.

16. Лебедев, В.А. Современные механизмы подачи электродной проволоки в аппаратах для механизированной сварки, наплавки и резки / В.А. Лебедев, С.И. Притула // Автоматическая сварка. – 2006. – № 4. – С. 53–56.

17. Левченко, О.Г. Экспериментальное и расчетное определение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны при дуговой сварке покрытыми электродами / О.Г. Левченко А.О. Лукьяненко, Ю.О. Полукаров // Автоматическая сварка. – 2010. – № 1. – С. 31–34.

18. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

19. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

20. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-

методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова,  
И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.