

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс и оборудования для изготовления стойки для спортивной штанги

Обучающийся

А.Т. Турдубеков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

Данная выпускная квалификационная работа посвящена повышению производительности при изготовлении стойки для спортивной штанги. Пояснительная записка содержит 61 страницу. Графическая часть содержит 8 листов формата А1 или слайдов для презентации.

При выполнении базовой технологии стойки для штанги применяется ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Однако этот способ не обеспечивает высокой производительности из-за малой скорости сварки.

На основании анализа возможных способов сварки было принято заменить ручную дуговую сварку покрытыми электродами на механизированную сварку плавящимся электродом в смеси защитных газов.

Чтобы достичь поставленной цели выпускной бакалаврской работы, были решены следующие задачи:

- 1) составлен технологический процесс сборки и сварки стойки для штанги;
- 2) произведён экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды;
- 3) разработана экономическая оценка предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

Разработана конструкция стойки предложена технология её изготовления.

Выбрано и доработано приспособление для сборки и сварки отдельных элементов стойки.

Abstract

This graduation qualification work is devoted to increasing productivity in the manufacture of a rack for a sports barbell. Explanatory note contains 61 pages. Graphic part contains 8 sheets of A1 format or slides for presentation.

When performing the basic technology of the barbell rack, manual arc welding with coated electrodes is used. However, this method does not provide high productivity due to the low welding speed.

On the basis of analysis of possible welding methods, it was decided to replace manual arc welding with coated electrodes with mechanized welding with a fused electrode in a mixture of shielding gases.

To achieve the goal of the graduate bachelor's work, the following tasks were solved:

- 1) the technological process of assembly and welding of the boom stand was made;
- 2) environmental analysis of the proposed technological solutions for the possible danger to the environment was made;
- 3) developed an economic assessment of the proposed technical solutions for the effectiveness of their introduction into production.

The design of the rack offered the technology of its production.

The fixture for the assembly and welding of the individual elements of the stand has been selected and finalized.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению стоек для спортивной штанги	7
1.1 Описание конструкций известных стоек для штанг	8
1.2 Описание предлагаемой стойки	11
1.3 Свойства материала стойки для штанги.....	12
1.4 Анализ возможных способов сварки стоек для спортивной штанги	13
2 Разработка технологического процесса сборки и сварки стойки для спортивной штанги	18
2.1 Разметка	18
2.2 Резка	18
2.3 Сборка	19
2.4 Сварка	20
2.5 Контроль качества	21
3 Выбор и разработка оборудования и приспособлений для сборки и сварки стойки для спортивной стойки	22
3.1 Отрезной станок.....	22
3.2 Сверлильный станок.....	23
3.3 Приспособление для сборки и сварки стойки для спортивной штанги.	24
3.4 Источник питания и подающий механизм.....	29
4 Безопасность и экологичность технического объекта	31
4.2 Идентификация профессиональных рисков	32
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	33
4.4 Обеспечение пожарной безопасности	34
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	36
4.6 Заключение разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра	38

5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы.....	40
5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчетов	40
5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	41
5.3 Расчёт штучного времени	42
5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии	45
5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям	50
5.6 Расчёт показателей экономической эффективности.....	53
5.7 Вывод по оценке экономической эффективности выпускной квалификационной работы	55
Заключение	57
Список используемой литературы и используемых источников.....	58

Введение

В настоящее время стойка для штанг является неотъемлемым атрибутом любого тренажерного зала. «Стойки для штанг были разработаны в начале 20-го века, до их появления, занимающимся при выполнении многих упражнений со штангой приходилось прибегать к помощи партнеров, что чрезмерно усложняло тренировочный процесс. С тех пор данный инвентарь претерпел множество изменений в своей конструкции» [12].

«В наше время многие люди, не зависимо от социального статуса и возраста, хочет иметь подтянутое и стройное тело. В связи с относительной экономической стабилизацией, по сравнению с девяностыми годами, у граждан возрос интерес к физическому здоровью и активному отдыху, что, в свою очередь, объясняет высокий спрос» [14].

Стойка имеет телескопический механизм, который позволяет размещать снаряд на различной высоте.

«Для хранения штанг обычно используются специальные стойки, которые обеспечивают надежность и безопасность. Силовая стойка для штанги имеет такие преимущества, как: безопасность и устойчивость конструкции, стойка надежно удерживает штангу, способная выдержать даже самые большие веса; высокая износостойкость, изготовленная из качественного и высокопрочного металла; практичность и компактность, снаряд занимает не много места, но в то же время, позволяет разместить несколько штанг и аксессуары в зависимости от модели» [6].

На сегодняшний день стойки для штанги изготавливают из высококачественного стального профиля с применением ручной дуговой сварки. Однако этот способ не обеспечивает высокой производительности из-за малой скорости сварки, поэтому целью работы является повышение производительности.

1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению стоек для спортивной штанги

В настоящее время здоровый образ жизни стал более модным. Люди, никогда не пробежавшие лишней метр, начали совершать утренние прогулки. А те, кто ни разу не поднимал ничего тяжелее пакета с продуктами, хватаются за штангу. Поэтому не только спортсмены, но и обычные люди занимаются штангами (рисунок 1).

«Штанга состоит из стального грифа (стержень) на концах которого имеются вращающиеся втулки. На гриф надеваются металлические диски (блины) с различными весами, и они закрепляются замками. Штанга по международным меркам имеет длину грифа 2200 мм диаметром 28 мм, диаметр втулок 50 мм, диаметр дисков наружный до 450 мм, весом в 5, 10, 15, 20 и 25 кг» [21].



Рисунок 1 – Штанга

1.1 Описание конструкций известных стоек для штанг

Известна универсальная страховочная стойка Galafit St-22 для штанги (рисунок 2). Эта силовая стойка отличается простой конструкцией, которую можно собрать без специальных инструментов всего за несколько минут. Она изготовлена из высококачественной стали с защитным антикоррозийным покрытием и имеет размеры 1500×830×1500 мм, при этом способна выдерживать нагрузку до 200 кг. Резиновые демпферные заглушки на концах опорных стоек обеспечивают устойчивость стойки во время упражнений, а её небольшой вес и габариты делают её удобной для хранения и переноски. Среди преимуществ этой стойки - высокая прочность при малом весе, быстрая сборка, богатая комплектация и удобство использования. Однако есть и недостаток - тонкий слой порошкового покрытия. Силовая стойка Galafit St-22 предназначена для использования дома и не предназначена для регулярной эксплуатации.



Рисунок 2 – Универсальная страховочная стойка Galafit St-22

Известна стойка для штанги Evo Fitness Home Line SR 11 (рисунок 3). Эта модель тренажерной стойки предлагает широкий диапазон возможностей регулировки. Поддерживающие упоры могут быть установлены в 25 различных положениях, что обеспечивает комфорт и безопасность при выполнении упражнений для людей любого роста. Дополнительные фиксаторы расположены в нижней части рамы, а максимальная нагрузка составляет 230 кг. В рабочем состоянии габариты стойки равны 1810×1710×610 мм. При необходимости можно настроить расстояние между стойками для использования коротких или удлиненных грифов. Среди преимуществ этой стойки выделяются гибкость настройки, высокая прочность, безопасность использования, быстрая установка и защитное покрытие. Однако следует отметить, что стойка может немного смещаться при резких движениях. Тренажерная стойка Evo Fitness Home Line SR подходит как для домашнего использования, так и для регулярного коммерческого использования.



Рисунок 3 – Стойка для штанги Evo Fitness Home Line SR 11

Известна стойка для приседаний DFC DJ001 (рисунок 4). Данная модель силовой стойки изготовлена из качественного стального профиля и покрыта порошковой краской. Резиновые ножки не повреждают покрытие пола и исключают скольжение во время тренировки. При необходимости стойку можно дополнить силовой скамьей. Габариты конструкции составляют 1200x1300 мм, а максимально допустимая нагрузка на фиксаторы - 150 кг. Регулируемая высота держателей штанги находится в пределах от 700 до 1150 мм, что обеспечивает удобство для спортсменов различного роста. Плюсами этой стойки являются: сравнительно компактные габариты, нескользящие ножки, гибкая настройка положения захватов и прочность конструкции. Однако есть и минус - стойка не выдерживает больших весов. Данную стойку рекомендуется использовать для любительских целей дома с небольшими весами.



Рисунок 4 – Стойка для приседаний DFC DJ001

После анализа найденных конструкций стоек для штанги можно сделать вывод, что за основу для разработки стойки можно выбрать конструкцию типа DFC DJ001. Доработав узел соединения вертикальных стоек с нижними опорами, заменив два профильных элемента на один наклонный.

1.2 Описание предлагаемой стойки

Стойка для штанги – это сварная конструкция, которая предназначена для выполнения широкого спектра упражнений со штангой (рисунок 5). Основным материалом изготовления выступает профильная труба 40x40 мм толщиной 2 мм из марки стали Ст3. Размеры стойки 1260x660x1530 мм, а максимальная нагрузка 300 кг.

Стойка имеет широкий диапазон регулировок по высоте и ширине. Для того чтобы отрегулировать стойку по ширине достаточно ослабить крепления и передвинуть стойки на необходимое расстояние. Эта функция позволяет заниматься с грифом любой длины и формы.

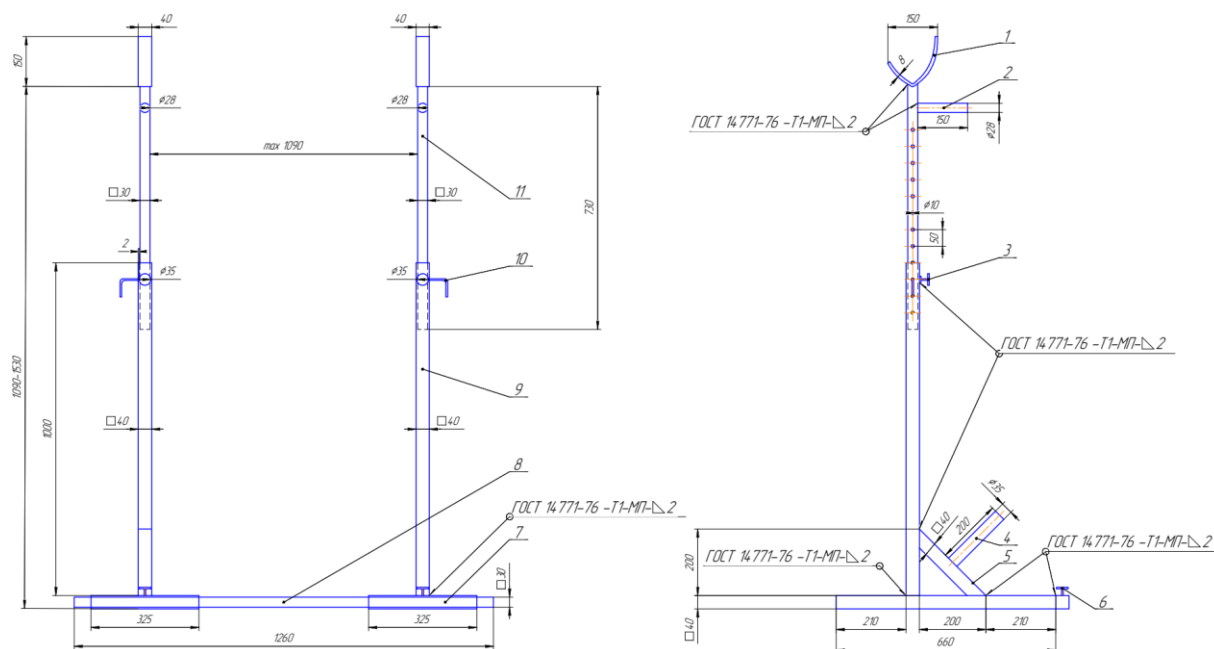


Рисунок 5 – Предлагаемая стойка для штанги

Подобным образом регулируется стойка по высоте, однако для надежности фиксации здесь используется стопорные стержни 10, которые предотвращают сползание стойки во время тренировки. Если установить стойку в низкое положение, то можно производить жим со штангой. А в высоком положении можно выполнять приседания со штангой. Стойка оборудована специальными штырями 5 для хранения дисков, благодаря которым снаряды можно аккуратно и компактно сложить. Также стойка оборудована рукоятками 2 для отжиманий. С помощью механизма регулировки по высоте и ширине, можно настроить удобную для себя высоту рукояток, а также ширину хвата.

1.3 Свойства материала стойки для штанги

«Ст3 – характеризуется уникальной свариваемостью, что обеспечивает большой диапазон технических характеристик, которые можно улучшить при помощи легирующих добавок. Данная сталь по своим качествам считается универсальной. Не подвержена хрупкости после отпуска, не образует флокенов, характеризуется отличной свариваемостью по любым технологиям» [20].

«Сталь всех групп с номерами 1, 2, 3, и 4 по степени раскисления изготавливают кипящей, полуспокойной и спокойной» [15]. Нормируемые показатели для стали группы А приведены в табл. 1, а механические свойства стали — в табл. 2» [15]. Химический состав стали приведён в таблице 1.

«Таблица 1 – Нормируемые показатели для стали группы А

Категории стали	Марки стали всех степеней раскисления и с повышенным содержанием марганца	Временное сопротивление	Относительное удлинение	Изгиб, в холодном состоянии	Предел текучести
1	Ст0 - Ст6	+	+	-	-
2		+	+	+	-
3	Ст2 - Ст6	+	+	+	-

Примечание. Знак + означает, что показатель нормируется, знак - означает, что показатель не нормируется.

Таблица 2 – Механические свойства стали» [15]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	KCV, Дж/см ²	H, МПа
205-255	370-490	22-26	при +20 °С составляет 108 при -20 °С равняется 49	131

Таблица 1 – Химический состав Ст3, %

C	Si	Mn	Ni, Cr, Cu	S	P	N	As	Fe
0,14-0,22	0,15-0,3	0,4-0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,008	до 0,08	~97

1.4 Анализ возможных способов сварки стоек для спортивной штанги

В выпускной квалификационной работе приведён анализ возможных способов сварки стоек для спортивной штанги.

Рассмотрим ручную дуговую сварку покрытыми электродами. «Источником тепловой энергии в ней служит электрическая дуга, горящая между покрытым металлическим электродом и свариваемым металлом (рисунок 6). Под действием теплоты дуги происходит совместное плавление металла и электрода с формированием сварочной ванны. При расплавлении и

разложении находящегося на электродном стержне покрытия образуются газы и жидкий шлак, обеспечивающие сварочной ванне и стекающим в нее каплям электродного металла необходимую защиту от воздуха и металлургическую обработку. Последующее затвердевание (кристаллизация) сварочной ванны при правильно подобранной технологии сварки завершает получение сварных соединений с заданными свойствами» [5].

Этот способ отличается своей простотой, дешевизной сварочного оборудования и мобильностью использования оборудования, возможностью выполнения соединений в различных пространственных положениях и труднодоступных местах.

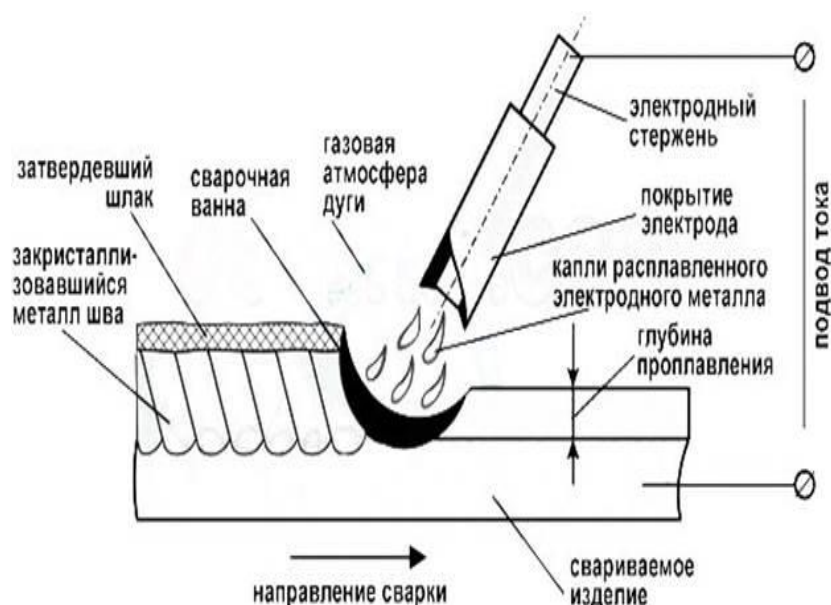


Рисунок 6 – Эскиз ручной дуговой сварки покрытым электродом

Однако этот способ имеет низкую производительность, и большую зависимость человеческого фактора, вредные условия в процессе сварки.

Следовательно, для сварки стоек для спортивной штанги ручную дуговую сварку покрытым электродом использовать нежелательно.

Рассмотрим аргонодуговую сварку (рисунок 7). «Плавнение свариваемых деталей и присадочного материала происходит за счет высокой

температуры, создаваемой электрической дуги. Сущность процесса аргонодуговой сварки состоит из защиты свариваемой кромки металла от окислительных процессов. Аргон подается в зону сварки через сопло горелки. Он выдувает своим давлением воздух вокруг электрода, таким образом, защищая (изолируя) оплаваемый металл свариваемых изделий. Если в зону сварки не подавать инертные газы, то при выделении углерода сварочный шов становится пористым и прерывистым. Аргон сам по себе нейтрален и не вступает в химические реакции даже при высоких температурах плавления металла. Поскольку этот газ тяжелее воздуха, то он выдавливает его из сварочной ванны» [16].

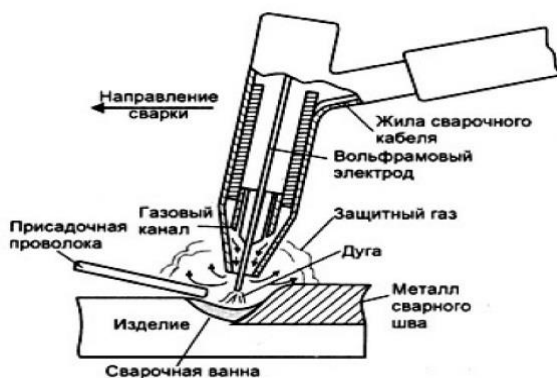


Рисунок 7 – Эскиз аргонодуговой сварки

Этот способ отличается аккуратным и достаточно тонким швом, процесс сварки легко наблюдается и контролируется, отсутствием шлака соответственно нет необходимости в механической доработки швов.

Однако этот способ соединения металлов не относится к высокопроизводительным, имеет повышенное ультрафиолетовое излучение, а также повышенная стоимость оборудования и материалов.

Следовательно, для сварки стоек для спортивной штанги аргонодуговую сварку использовать не желательно.

Рассмотрим механизированную сварку с порошковой проволокой (рисунок 8). «Известно, что порошковая проволока представляет собой металлическую трубку, заполненную порошкообразным наполнителем - смесью минералов, руд, химикатов, обеспечивающей стабилизацию дугового разряда, защиту металла от переноса электродного металла, формирование шва и др.» [22].

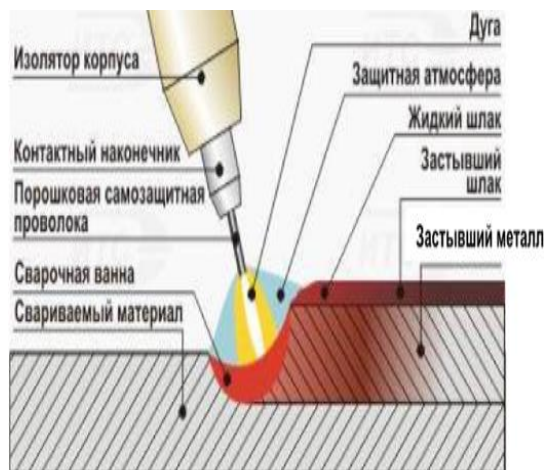


Рисунок 8 – Эскиз механизированной сварки с порошковой проволокой

Этот способ отличается высокой производительностью, нет необходимости баллонах с газами, не чувствительность дуги к ветру исключение защитного облака, получением материалов в процессе сварки химическим составом.

Однако этот способ имеет высокую стоимость расходных материалов, наличием образования на сварочной ванне шлака, велика вероятность образования пор в сварном шве.

Следовательно, для сварки стоек для спортивной штанги механизированную сварку с порошковой проволокой использовать не желательно.

Рассмотрим механизированную сварку плавящимся электродом в смеси защитных газов (рисунок 9). «Кромки свариваемого изделия расплавляются

дугой, горящей между изделием и плавящейся электродной проволокой, непрерывно поступающей в дугу и служащей одновременно присадочным материалом. Дуга расплавляет проволоку и кромки изделия, образуя сварочную ванну. Дуга металл сварочной ванны, плавящийся электрод и кристаллизирующийся шов защищены от воздействия воздуха газом, подаваемым в зону сварки горелкой. По мере перемещения дуги сварочная ванна кристаллизуется, образуя сварной шов» [3].

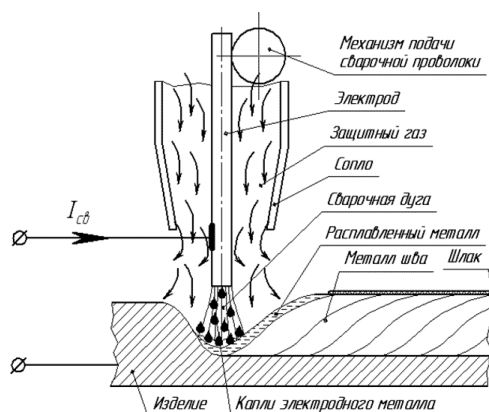


Рисунок 9 – Эскиз механизированной сварки в среде смеси защитных газов

Этот способ отличается высокой производительностью, возможностью ведения процесса во всех пространственных положениях, отсутствием флюсов и покрытий, низкой стоимостью защитного газа, а также доступностью наблюдения за процессом сварки [27].

Однако для этого способа требуется применение газовой аппаратуры и значительное воздействие сквозняка и ветра на сварку, взрывоопасность газовой аппаратуры [26, 28, 29, 30].

Таким образом, для сварки стоек для спортивной штанги можно использовать механизированную сварку плавящимся электродом в среде смеси защитных газов.

2 Разработка технологического процесса сборки и сварки стойки для спортивной штанги

2.1 Разметка

Разработка технологического процесса сборки и сварки стойки для спортивной штанги начинается с операции разметка, который выполняется с помощью линейки, угольника и чертилки с отклонением размеров по длине $\pm 1,5$ мм (рисунок 10).

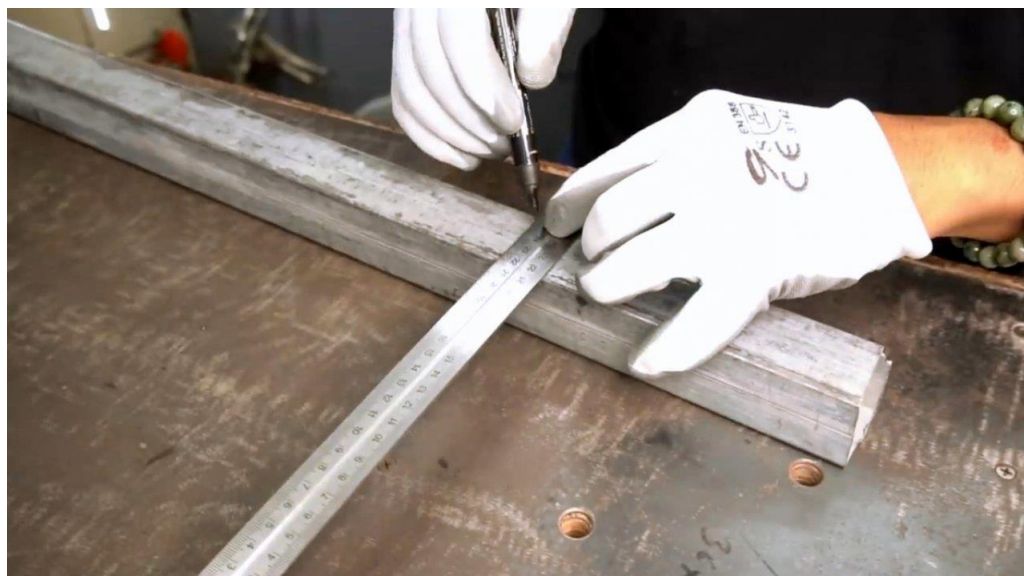


Рисунок 10 – Разметка элементов стойки

2.2 Резка

Потом выполняется операция резка профиля, для которой используется абразивно-отрезной станок серия ОС с отклонением по длине $\pm 1,5$ мм (рисунок 11). Станок имеет следующие режимы: частота вращения шпинделя 3000 об/мин, максимальный диаметр отрезного круга 355 мм, мощность 2,2 кВт, напряжение 380 В.

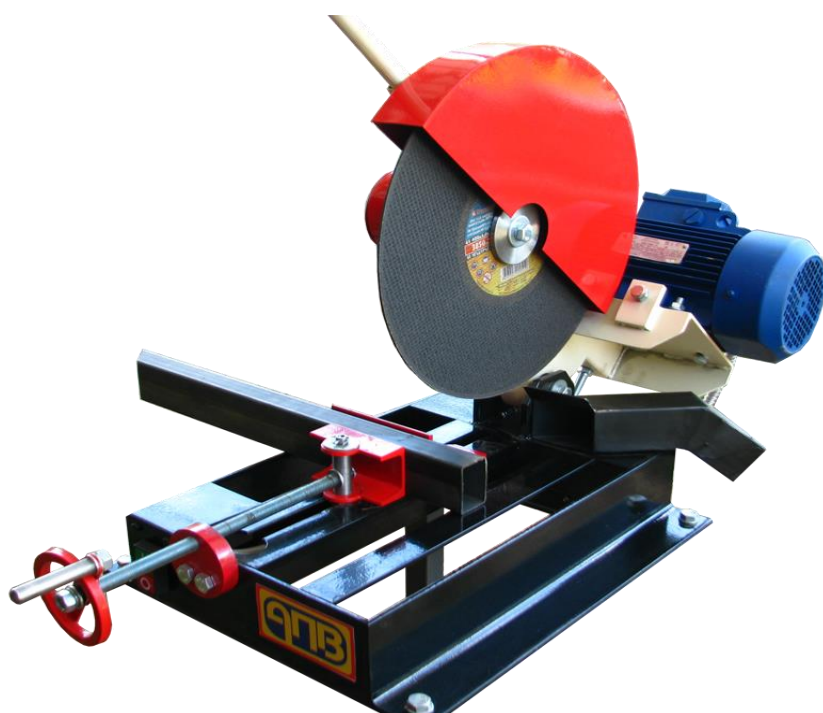


Рисунок 11 – Резка профильной трубы для стойки

2.3 Сборка

Затем выполняется операция сборка элементов стойки (рисунок 12). Соединение некоторых деталей при сборке сварной конструкции производится с помощью прихваток и зажимов. На каждой профильной трубе делаются по две прихватки с противоположной стороны длиной по 10 мм. Для которых используется сборочное приспособление, сварочный аппарат ФОРСАЖ 200ПА и маска сварщика хамелеон ПРОФИ АСФ 605 51MS605В, марка проволоки Св08Г2С с диаметром 1 мм, скорость подачи проволоки 150 м/ч, расход смеси газов $Ar+CO_2$. После сборки деталей под сварку необходимо проверять зазоры между деталями. Отклонение зазора получается $\pm 1,5$ мм и отклонение тока не более 10 %.



Рисунок 12 – Сборка элементов стойки

2.4 Сварка

Далее выполняется операция сварка (рисунок 14). Перед сваркой в профильных трубах делаются отверстия для регулировки стойки по высоте и по ширине, сверлильным станком ЗУБР ВВС-П750. Для сварки стойки для спортивной штанги используется сварочный аппарат ФОРСАЖ 200ПА, а также маска сварщика хамелеон ПРОФИ АСФ 605 51MS605В. Последовательно выбираем режим сварки. Они имеют следующие параметры: напряжение сети 220 В, марка проволоки СВ08Г2С с диаметром 1 мм, скорость подачи проволоки 150 м/ч, сварочный ток 150 А, расход газа $Q_{\text{газ}} = 10\text{-}12$ л/мин. Отклонение тока не более 10%.



Рисунок 13 – Сварка конструкции стойки

2.5 Контроль качества

В заключении выполняется операция контроль качества (рисунок 14). Для которой используется лупа просмотровая складная, увеличение 6-кратное BRAUBERG 451798. Все сварные швы должны подвергаться 100 % визуальному и измерительному контролю. Не допускаются трещины и чешуйчатость не более 2 мм.

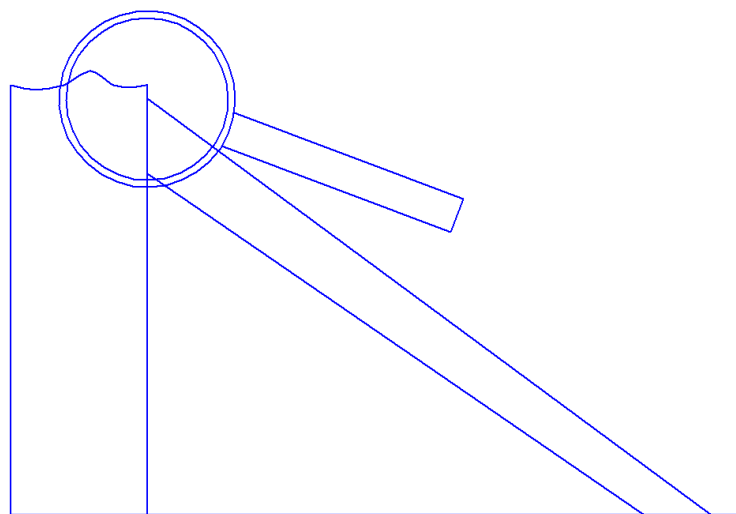


Рисунок 14 – Контроль качества сварных швов конструкции стойки

3 Выбор и разработка оборудования и приспособлений для сборки и сварки стойки для спортивной стойки

3.1 Отрезной станок

«Абразивно-отрезной станок маятникового типа (рисунок 15) предназначен для резки водогазопроводных труб, прямоугольных (квадратных) труб, уголка, швеллера, круга, арматуры и другого металлопроката. Широко применим при производстве заготовительных и монтажных работ в строительстве, коммунальном хозяйстве, оказании услуг по металлообработке» [2].



Рисунок 15 – Абразивно-отрезной станок серия ОС

Элементы управления отрезным станком: 1) Рабочий стол (станина); 2) Искро-улавливатель; 3) Электродвигатель; 4) Защитный кожух отрезного станка; 5) Рукоятка; 6) Отрезной абразивный диск; 7) Тиски; 8) Кнопки пуск-стоп; 9) Защитный кожух ремня.

Этим станком производится резка профильной трубы 40×40 и 30×30, держатель для штанги и штыри.

Технические характеристики отрезного станка: 1) Частота вращения шпинделя 3000 об/мин; 2) Напряжение 380 В; 3) Мощность 2,2 кВт; 4) Посадочный диаметр втулки 25,4 мм; 5) Максимальный диаметр отрезного круга 355 мм; 6) Габариты 530×443×630 мм; 7) Масса 48 кг.

3.2 Сверлильный станок

«Станок сверлильный ЗУБР ВСС-П750 (рисунок 16) предназначен для выполнения отверстий в заготовках из различных материалов. Быстрозажимное устройство позволяет надежно фиксировать даже круглые заготовки, обеспечивая высокую точность выполняемых отверстий. Лазерный указатель точно указывает точку вхождения сверла в материал, обеспечивая быстрое получение точного результата» [11].

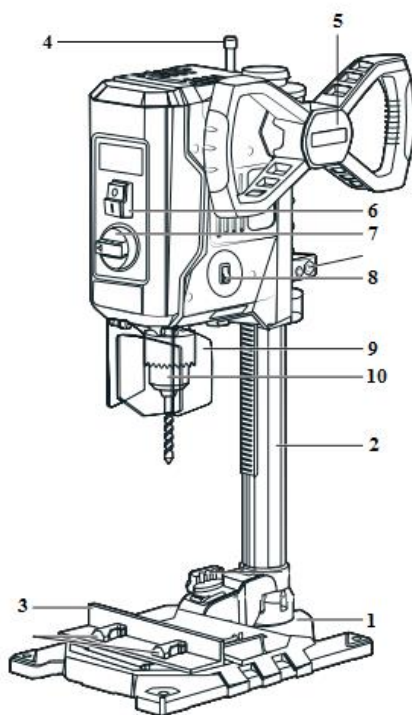


Рисунок 16 – Сверлильный станок ЗУБР ВСС-П750

Таблица 2 – Элементы управления сверлильным станком

1	Основание	6	Выключатель
2	Стойка	7	Регулятор скорости
3	Упор	8	Выключатель лазера
4	Ограничитель глубины сверления	9	Защитный экран
5	Рукоятка механизма опускания / перемещения головы	10	Патрон

Технические характеристики сверлильного станка: 1) Частота вращения шпинделя 500 - 2600 об/мин; 2) Диаметр сверла 1,5 – 13 мм; 3) Мощность 750 Вт; 4) Напряжение 230 В; 5) Частота питающей сети 50 Гц; 6) Габариты 690×220×340 мм.

Данным станком производится сверление отверстий в вертикальной стойке, для регулирования стоек по высоте и для регулирования стоек по ширине.

3.3 Приспособление для сборки и сварки стойки для спортивной штанги

«На сегодняшний день универсальные сборочно-сварочные столы нашли широкое применение во многих отраслях промышленности: начиная от штучного и мелкосерийного производства и заканчивая выпуском массовой продукции мало- и крупногабаритных размеров. На сборочно-сварочных столах можно производить ручную и автоматическую сварку, монтаж, обработку, напыление, шлифовку, чистку изделий (рисунок 17)» [17].

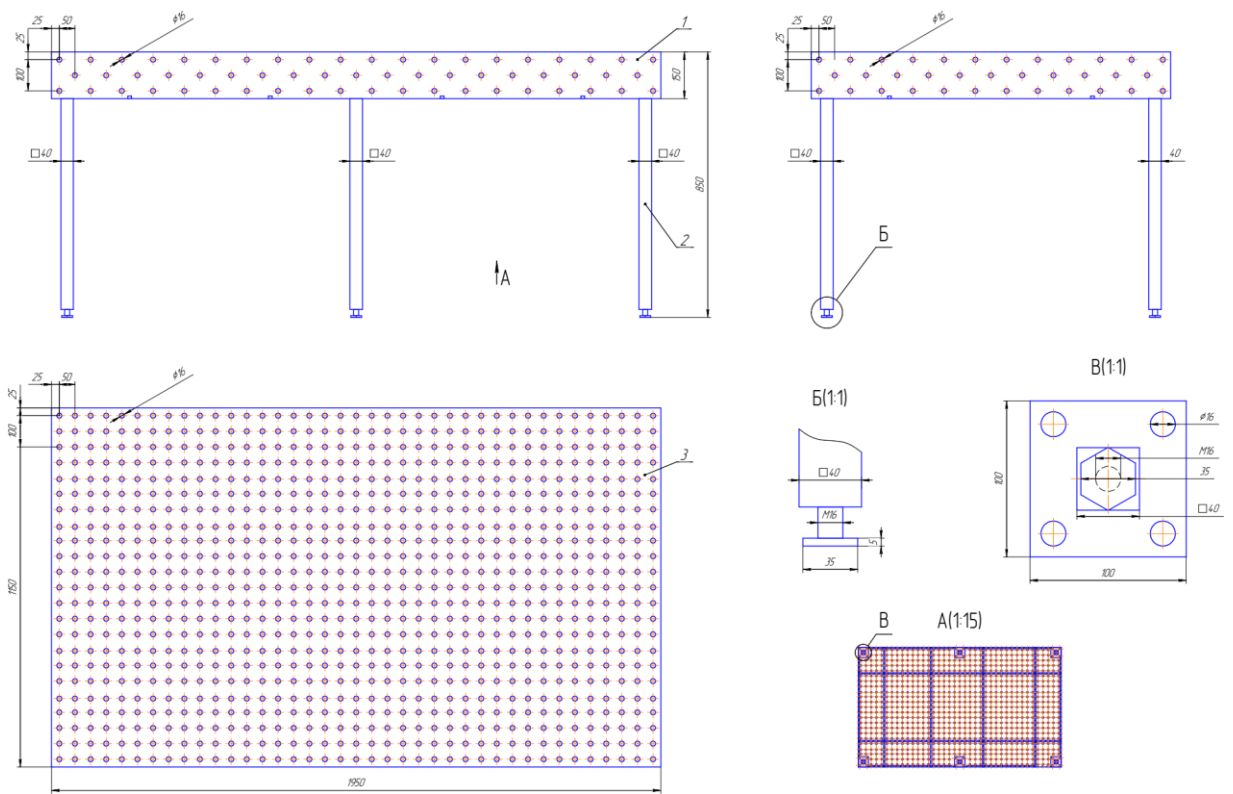


Рисунок 17 – Стенд для сборки и сварки

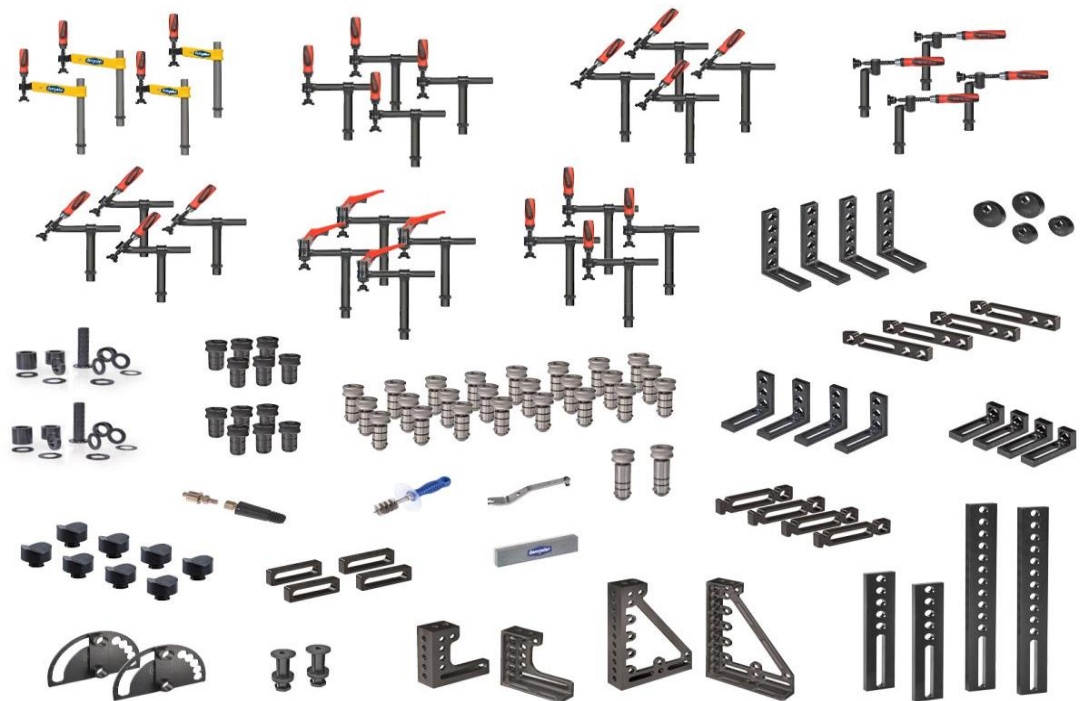


Рисунок 18 – Крепежные элементы сборочно-сварочного стола

«Сварочный стол серии D16 представляет собой сварную конструкцию коробчатой формы» [17].

«Сварная конструкция выполнена из конструкционной низколегированной стали марки 09Г2С. Данный метод обработки позволяет достичь высоких точностных характеристик для межосевых расстояний между отверстиями (50 мм), а также высоких характеристик плоскостных поверхностей и перпендикулярности граней. Толщина стальной плиты составляет 12 мм» [17].

«Стол сварщика данной модели предназначен для работы с малогабаритными и средними изделиями, предельная грузоподъемность стола при использовании стандартных опор составляет не более 2000 кг» [17].

«Популярность стола обусловлена своей универсальностью, идеально выверенной во всех плоскостях поверхностью и удобными элементами фиксации. Модульность и взаимозаменяемость элементов системы позволяет не только произвольно позиционировать детали с высокой точностью, но и легко перенастраивать систему оснастки под различные задачи, не меняя рабочего места» [17].

«Благодаря высокоточным позиционным отверстиям крепежные элементы быстро и легко устанавливаются, позволяя произвольно формировать сварочную оснастку для фиксации деталей на столе и дальнейшей их обработки» [17].

Технические характеристики сборочного стола: толщина материала 12мм; диаметр отверстий 16мм; расстояние между отверстиями 50мм; шаг координатной сетки 50 мм; высота боковой стенки 150мм; материал 09Г2С; габариты 1950×1150×850 мм.

Это приспособление применяется для сборки основных стенок стойки (рисунок 19) и нижних поперечин стойки (рисунок 20).

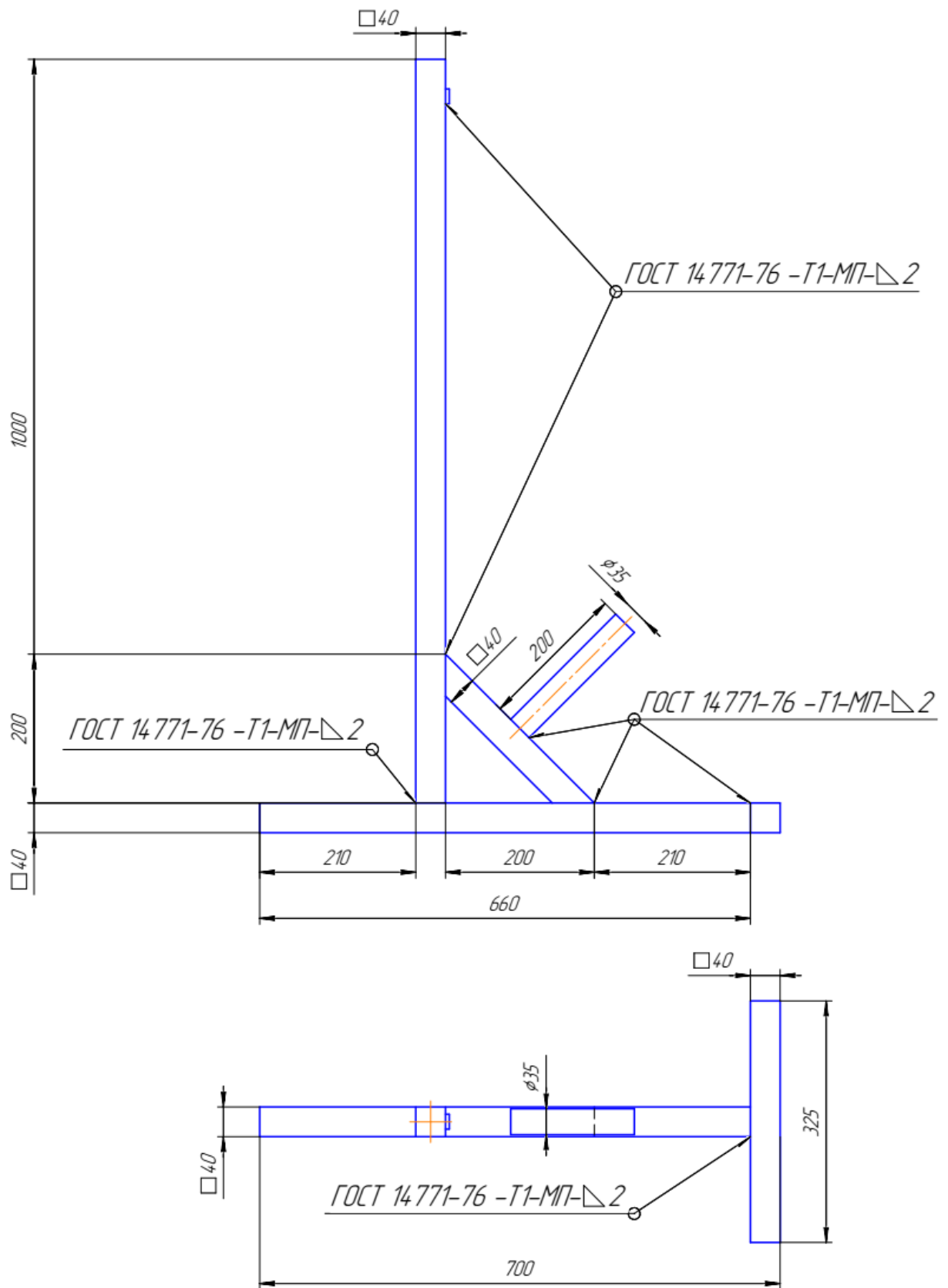


Рисунок 19 – Основная стойка

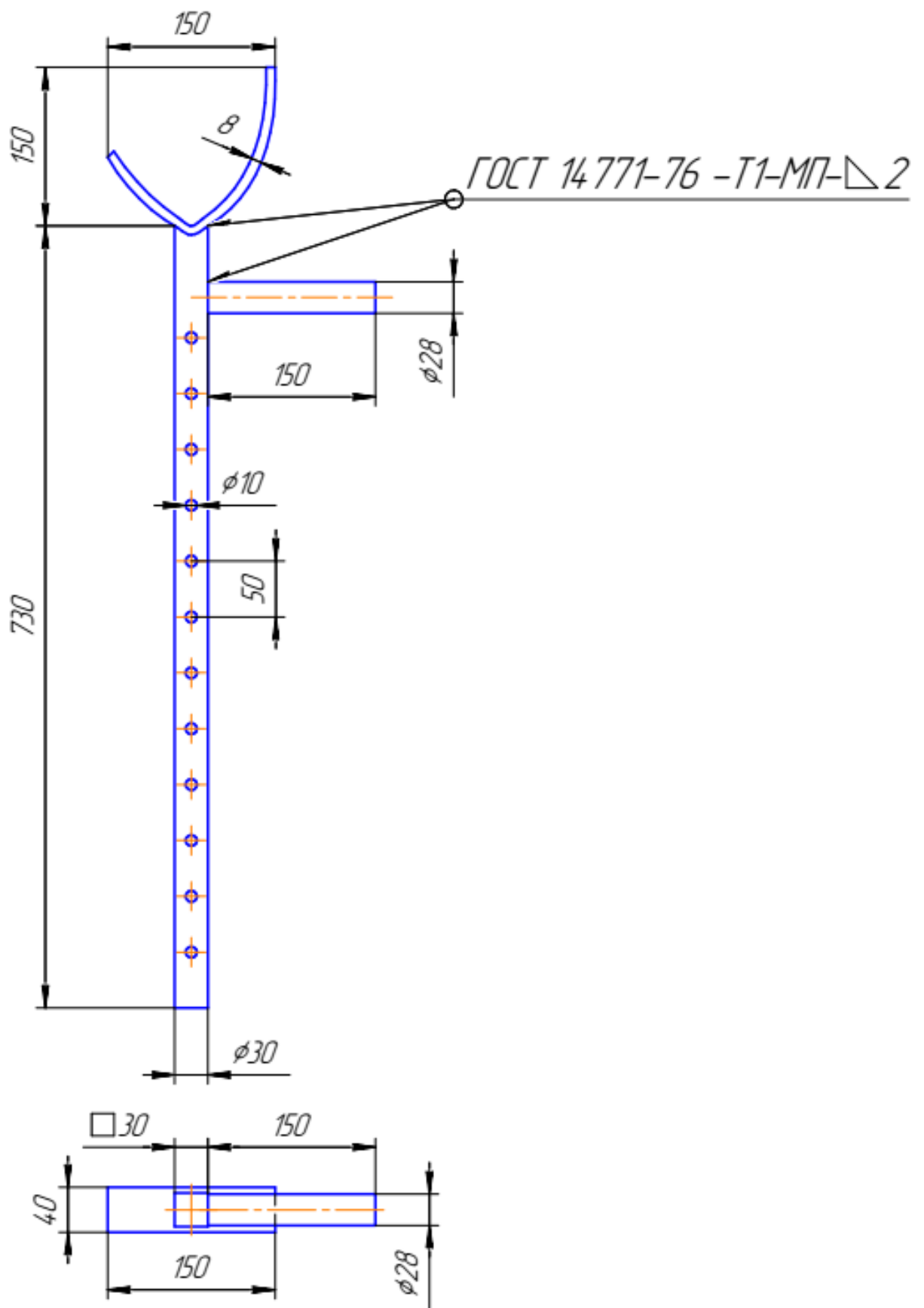


Рисунок 20 – Регулируемая стойка

3.4 Источник питания и подающий механизм

«Универсальный однофазный сварочный аппарат ФОРСАЖ-200ПА (рисунок 20) предназначен для механизированной сварки (режим MIG/MAG) в среде инертных и активных газов и их смесей деталей из углеродистых и легированных сталей сварочной проволокой диаметром от 0,6 до 1,0 мм, а также для ручной электродуговой сварки (режим ММА) штучными плавкими электродами любой марки диаметром от 1,6 до 5,0 мм. При дуге, образованной постоянным током, регулируемым в диапазоне от 15 до 200 А» [18].

«Конструктивно аппарат выполнен в виде моноблока со встроенным 2-х роликовым механизмом подачи проволоки фирмы СООРТИМ (Венгрия) под катушку диаметром 200 мм. В аппарате достигнута оптимальная степень сочетания малого веса и габаритов с высокими техническими характеристиками и широкими функциональными возможностями» [18].



Рисунок 20 – Сварочный аппарат ФОРСАЖ-200ПА

«Аппарат обеспечивает стабильные сварочные свойства при снижении напряжения питания сети до 140 В при работе с электродами диаметром до 5,0 мм и сварочной проволокой до 1,0 мм» [18].

«Инвертор имеет возможность настройки параметров сварки под конкретную деталь с сохранением их в памяти аппарата. Это позволяет обеспечить высокую производительность сварочных работ и хорошее качество конечного результата, а также значительно упростить сам процесс сварки и снизить влияние человеческого фактора» [18].

«Как и в других моделях, в сварочном полуавтомате ФОРСАЖ-200ПА реализована функция автоматического управления работой вентилятора, который включается по факту превышения допустимой температуры на ключевых элементах. Это позволяет значительно снизить энергопотребление и попадание пыли внутрь сварочного аппарата» [18].

Технические характеристики сварочного аппарата ФОРСАЖ-200ПА:

1. Напряжение сети 220 В;
2. Частота питающей сети 50 Гц;
3. MIG/MAG сварочный ток 15 - 200 А;
4. Диаметр стальной проволоки 0,6 - 1 мм;
5. Напряжение холостого хода 70 В;
6. Максимальная мощность питания 9,6 кВт;
7. Габариты 445×245×335 мм.

Данным аппаратам производится сварка всех элементов стойки для штанги: основных стоек, нижних поперечных стоек и регулируемых стоек, штырей, держатель штанги.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: Технологический процесс и оборудования для изготовления стойки для спортивной штанги. Участок, на котором изготавливаются стойки для спортивной штанги предусматривает стол для разметки, станок для резки, приспособление для сборки, сверлильный станок, сварочный аппарат и склад для готовой продукции (рисунок 21).

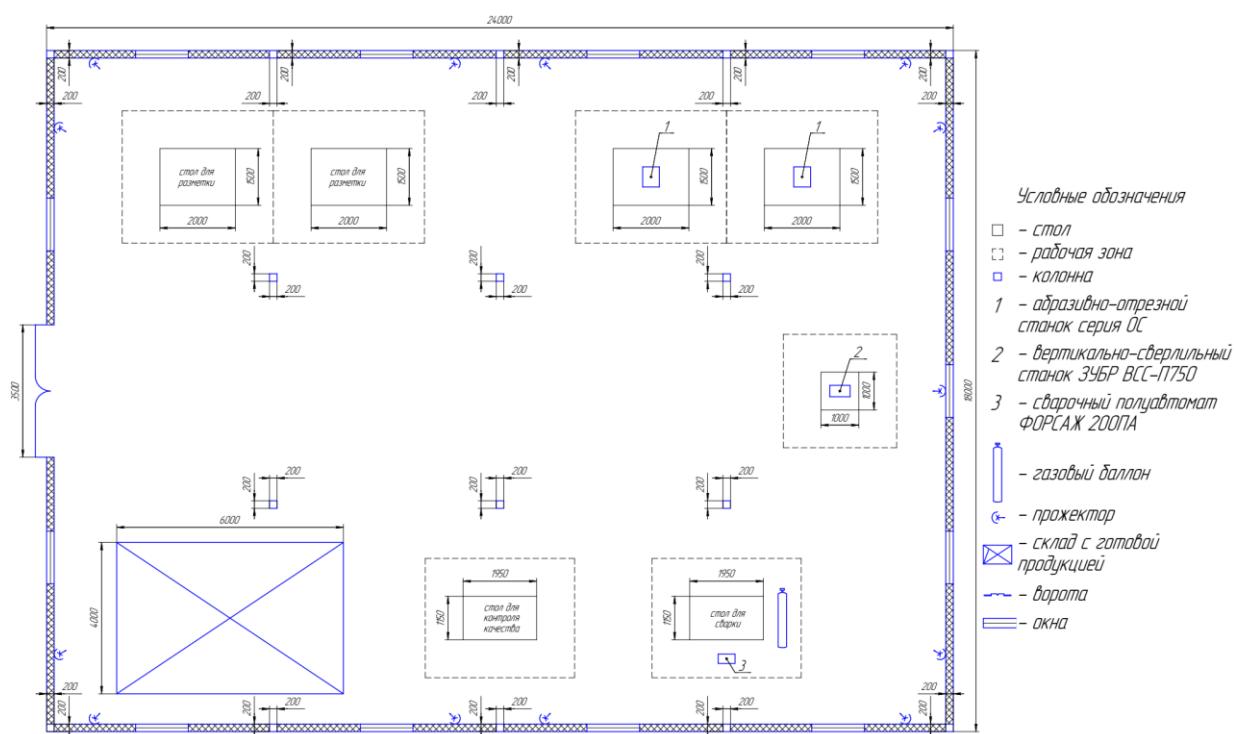


Рисунок 21 – Планировка участка сборки и сварки стойки для штанги

«В производственных процессах существует вероятность проявления опасных и вредных факторов. Таким образом, процесс подразумевает под собой наличие приборов под напряжением, колющих режущих и инструмент, наличие вредных паров и прочее» [4].

«Для технологических процессов, описанных в данной бакалаврской работе, определим перечень опасных и вредных производственных факторов» [4].

«Таблица 3 – Технологический паспорт изготовления стойки для спортивной штанги» [4]

«Технологический процесс» [4]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [4]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [4]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [4]	«Материалы, вещества» [4]
Технологический процесс и оборудования для изготовления стойки для спортивной штанги	Резка профиля	Слесарь-сборщик	Станок абразивно-отрезной серия ОС	Рукавицы
	Сверление отверстий	Слесарь-сборщик	Сверлильный станок ЗУБР ВСС-П750	Рукавицы
	Сварка	Электросварщик	Сварочный аппарат ФОРСАЖ-200ПА, сборочное приспособление	Сварочная проволока, смесь газов, рукавицы

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков» [4]

«Производственно-технологическая и или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [4]	«Опасный и или вредный производственный фактор» [4]	«Источник опасного и или вредного производственного фактора» [4]
1	2	3
Резка профиля	<ul style="list-style-type: none"> - искры, - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	станок абразивно-отрезной маятниковый СОМ-400 Е

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Сверление	- подвижные детали, обрабатываемые заготовки, - острые кромки, металлическая стружка, постоянное напряжение внимания	Сверлильный станок ЗУБ ВВС-П750
Сварка	- искры, брызги расплавленного металла; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- сварочный источник питания; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия - струбины

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Таблица 5 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков» [4]

«Опасный и или вредный производственный фактор» [4]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и или вредного производственного фактора» [4]	«Средства индивидуальной защиты работника» [4]
1	2	3
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок	размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	защитный кожух, спецодежда
движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону, размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	спецодежда
повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха, применение устройств обще обменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Вытяжная вентиляция

Продолжение таблицы 5

1	2	3
повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	организация защитного заземления, проведение периодического инструктажа по технике безопасности, периодический контрольный замер изоляции, периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	спецодежда
повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности, механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	спецодежда
инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	применение защитных экранов, применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	щиток, спецодежда

4.4 Обеспечение пожарной безопасности

«Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара» [4]. «Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения» [4]. «В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением» [4]. «Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 6 позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения согласно таблице 7» [4].

«Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара» [4]. «Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса» [4].

«Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара» [4]

«Участок, подразделение» [4]	«Оборудование» [4]	«Класс пожара»	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара» [4]
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	Станок для резки, источник питания сварочной дуги, сверлильный станок, сварочный полуавтомат	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)»[4].	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [4].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [4].

«Таблица 7 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [4]

«Первичные средства пожаротушения»	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Пожарные автомобили (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Нет необходимости	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения»[4]

«Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий согласно таблицы 10» [4].

«Таблица 8 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [4]

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта» [4]	«Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [4]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [4]
Участок для сборки и сварки (механизованная сварка плавящимся электродом в среде смеси защитных газов)	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [4].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [4].

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 9 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 10» [4].

«Таблица 9 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [4]

<p>«Наименование технического объекта, производственного-технологического процесса» [4]</p>	<p>«Структурные составляющие технического объекта, производственного-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [4]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [4]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источника в водоснабжении)» [4]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [4]</p>
<p>Сборка и сварка (механизованная сварка плавящимся электродом в смеси защитных газов)</p>	<p>Разметочная операция, операция резки, операция сборки, операция сварки, операция контроля качества</p>	<p>«Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [24].</p>	<p>Нет необходимости</p>	<p>«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [24].</p>

«Таблица 10 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [4]

<p>«Наименование технического объекта» [4]</p>	<p>Сварка</p>
<p>1</p>	<p>2</p>

Продолжение таблицы 10

1	2
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу» [4]	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [23].
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу» [4]	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [4]	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [23].

4.6 Заключение разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

Этот раздел выпускной квалификационной работы посвящен исследованию и анализу негативных производственных и экологических факторов, которые могут возникнуть при применении предлагаемой технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия. В ходе изучения особенностей технологического процесса сборки и сварки стойки для спортивной штанги с использованием механизированной сварки в смеси защитных газов и электродной проволоки были выявлены опасные и вредные производственные факторы. На основе этих факторов был предложен ряд стандартных средств и методик, которые позволяют устранить опасность или снизить ее воздействие на персонал до приемлемого уровня.

Также был разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможных пожаров. Для этого были определены опасные факторы пожара и предложены стандартные средства и методики для их устранения.

При анализе экологической стороны предлагаемого технологического процесса было установлено, что его внедрение в производство не вызовет негативных последствий для окружающей среды, включая атмосферу, гидросферу и литосферу. В данном разделе предложены мероприятия, направленные на снижение негативного влияния на окружающую среду.

Все предложенные мероприятия в данном разделе направлены на снижение влияния негативных экологических факторов.

5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчетов

В выпускной квалификационной работе разработана технология сборки и сварки изготовления стойки для спортивной штанги, основным материалом выступает профильная труба из марки стали Ст3 с применением механизированной сварки плавящимся электродом в смеси защитных газов.

По базовому варианту работы выполнялись ручной дуговой сваркой покрытым электродом, недостатком является низкая скорость сварки.

Проектный вариант технологии предполагает применение механизированной сварки плавящимся электродом в смеси защитных газов.

Таблица 11 – «Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса» [7]

Наименование экономического показателя	Условное обозначение в расчетах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	руб/час	200	250
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
Норма амортизации площади	$Н_{a.пл.}$	%	5	5
Площадь под оборудование	S	m^2	432	432
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	руб/ m^2	30000	30000
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{зксп}$	(руб/ m^2)/год	2000	2000

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Стоимость оборудования	Цоб	руб.	28000	40000
Коэффициент дополнительной производственной площади	Кпл	-	3	3
Мощность оборудования	Муст	кВт	4,8	4,8
Стоимость электрической энергии	Цэ-э	руб/ кВт	6,74	6,74
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,7	0,85
Коэффициент эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

«Размер временного резерва, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе, по основным и конструктивным возможностям можно определить по формуле» [7]:

$$F_n = (D_p \cdot T_{cm} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{cm}. \quad (1)$$

где « T_{cm} – продолжительность рабочей смены в часах» [7];

« D_p – общее число рабочих дней в календарном году» [7];

« D_n – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [7];

« T_n – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [7];

« K_{cm} – количество рабочих смен» [7].

«После подстановки в формулу (1) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

«Расчет эффективного фонда наработки сварочного оборудования, участвующего в выполнении операций технологического процесса по основным и конструктивным возможностям, можно определить по формуле» [7]:

$$F_э = F_n(1 - B/100) \quad (2)$$

где «В – процент планируемых потерь рабочего времени» [7].

«После подстановки в формулу (2) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

5.3 Расчёт штучного времени

«Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы» [7]:

$$t_{шт} = t_{ОСН} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{П-З}. \quad (3)$$

«где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $t_{ОСН}$ – основное время - количество времени в часах, которое сотрудники затрачивают на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями. Определяется по формуле» [7]:

$$t_{шт} = L_{шв} / V_{шв} \quad (4)$$

где $L_{шв}$ - сумма длин всех швов, м $\sum L_{шв} = 1,6$ м;

$V_{св}$ - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч, $V_{св} = 15$ м/ч; $V_{св}$ – скорость сварки (базовый вариант), м/ч, $V_{св} = 5$ м/ч.

Определяем основное время по формуле (4) для обоих вариантов:

$$t_{ОСНбаз.} = 1,6/5 = 0,32$$

$$t_{OCH_{\text{проект}}} = 1,6/15 = 0,10.$$

« $t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время - количество времени в часах, которое сотрудники будут затрачивать на выполнение подготовительных операций технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{всп}} = 10\%$ от $t_{\text{очн}}$ » [7];

« $t_{\text{обсл}}$ – наработка - количество времени в часах, которое будет определять обслуживающий персонал, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{обсл}} = 5\%$ от $t_{\text{очн}}$ » [7];

« $t_{\text{отл}}$ – время личный досуг - объем-время в часах, которое будет затрачено работником на обеспечение личных потребностей в отпуске при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{отл}} = 5\%$ от $t_{\text{очн}}$ » [7];

« $t_{\text{п-з}}$ – время подготовки-финальное - количество времени в часах, которое будет определено сотрудником для выполнения подготовки - окончательная операция технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{п-з}} = 1\%$ от $t_{\text{очн}}$ » [7].

«После подстановки в формулу (3) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$t_{\text{ит.баз}} = 0,32 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,38 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{ит.проектн.}} = 0,10 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,12 \text{ ч.}$$

«Расчет годовой программы сварочных работ по рассматриваемому технологическому процессу по основному и конструктивному вариантам возможен по формуле» [7]:

$$П_2 = F_3 / t_{\text{ит.}} \quad (5)$$

«где $F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $t_{шт}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [7];

«После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$P_{г.баз.} = 2054/0,38 = 5405 \text{ за год};$$

$$P_{г.проектн.} = 2054/0,12 = 17116 \text{ за год}.$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе годовой программы $Пг = 10000$ стоек в год» [7].

«Необходимое количество сварочного оборудования, которое будет использовано при выполнении операций технологического процесса согласно основным и конструктивным возможностям, рассчитывается по формуле» [7]:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot P_г / (F_э \cdot K_{вн}) \quad (6)$$

где « $Пг$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $t_{шт}$ – штучное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение всех операций технологического процесса согласно базовым и проектным возможностям» [7];

« $F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы, (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$)» [7].

«После подстановки в формулу (6) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$n_{расч. б.} = 0,38 \cdot 10000 / (2054 \cdot 1,03) = 1,79;$$

$$n_{расч. пр.} = 0,12 \cdot 10000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,56.$$

«Исходя из расчета по определению эффективного функционального рабочего времени на единицу оборудования, времени, которое будет затрачено рабочими на выполнение всей работы технологического процесса, основных возможностей и возможностей в проекте, можно сделать вывод о необходимом количестве и сварочное оборудование. Для реализации ключевой технологии необходимо использовать штучное производственное оборудование. Для реализации технологии проекта необходимо использовать единое производственное оборудование» [7].

«Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле» [7]:

$$K_z = n_{расч} / n_{пр.} \quad (7)$$

где « $n_{расч}$ – полученное согласно (6) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $n_{пр}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7].

«После подстановки в формулу (7) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$K_{зб} = 1,79 / 1 = 1,79;$$

$$K_{зн} = 0,56 / 1 = 0,56.$$

5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

«Сварочные изделия являются подходящими сварочными материалами. Базовая технология сварки предполагает использование ручной дуговой

сварки покрытым электродом. Технология проекта предусматривает использование механизированной сварки плавящимся электродом в смеси защитных газов. Стоимость сварочных материалов, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей проекта, рассчитывается по формуле» [7]:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з} \quad (8)$$

где « C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ» [7];

« $K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент затрат на оборудование по затратам на транспорт и подготовку» [7].

«После подстановки в формулу (8) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$M_{баз.} = 120 \cdot 2 \cdot 1,05 = 252 \text{ руб.};$$

$$M_{проектн.} = 90 \cdot 0,6 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 198,45 \text{ руб.}$$

«Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ » [7].

«Объём $Z_{осн}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot K_{д} \quad (9)$$

где « $C_{ч}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника» [7];

« $K_{д}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [7].

«После подстановки в формулу (9) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$Z_{осн.баз.} = 0,38 \cdot 200 \cdot 1,88 = 142,88 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 0,12 \cdot 200 \cdot 1,88 = 45,12 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{доп}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100. \quad (10)$$

где « $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [7].

«После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 142,88 \cdot 12 / 100 = 17,14 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 45,12 \cdot 12 / 100 = 5,41 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 142,88 + 17,14 = 160,02 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 45,12 + 5,41 = 50,53 \text{ руб.}$$

«Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на страховые взносы определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (11)$$

где « $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на страховые взносы» [7].

«После подстановки в формулу (11) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$O_{\text{ссбаз.}} = 160,2 \cdot 30 / 100 = 48,06 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сспроектн.}} = 50,53 \cdot 30 / 100 = 15,1 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{ээ.}} \quad (12)$$

«где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $P_{\text{ээ}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7].

«Финансовые потери от износа оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7]:

$$A_{об} = Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш} / F_e \cdot 100. \quad (13)$$

где « $C_{об}$ – цена оборудования, задействованного в операциях технологического процесса, по основным и конструктивным возможностям, определяемая по каталогам компаний в сети Интернет» [7];

« H_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [7];

« $t_{МАШ}$ – машинное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями» [7];

« F_e – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7].

«После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$A_{об. баз.} = 28000 \cdot 21,5 \cdot 0,38 / (2054 \cdot 100) = 1,11 \text{ руб.};$$

$$A_{об. пр.} = 40000 \cdot 21,5 \cdot 0,12 / (2054 \cdot 100) = 0,5 \text{ руб.}$$

«Стоимость электроэнергии при проведении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определяется расчетным методом по формуле» [7]:

$$P_{э} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э} / КПД. \quad (14)$$

где « $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $C_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [7];

«КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [7].

«После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$P_{\text{ээ баз}} = 4,8 \cdot 0,38 \cdot 6,74 / 0,7 = 17,56 \text{ руб.};$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 4,8 \cdot 0,12 \cdot 6,74 / 0,85 = 4,56 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 1,11 + 17,56 = 18,67 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 0,5 + 4,56 = 5,06 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + Осс + Зоб. \quad (15)$$

«После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 252 + 160,2 + 48,6 + 18,67 = 479,47 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 198,45 + 50,53 + 15,1 + 5,6 = 269,68 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (16)$$

где « $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю производственных затрат при выполнении операций технологического процесса по основным и проектным возможностям» [7].

«После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 479,47 + 1,5 \cdot 142,88 = 479,47 + 214,32 = 693,79 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 269,68 + 1,5 \cdot 45,12 = 269,68 + 67,68 = 337,36 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (17)$$

где « $K_{зав}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7].

«После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$C_{завБаз.} = 693,79 + 1,15 \cdot 142,88 = 693,79 + 164,3 = 858,09 \text{ руб.};$$

$$C_{завПроектн.} = 314,8 + 1,15 \cdot 45,12 = 314,8 + 51,8 = 366,6 \text{ руб.}$$

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 12» [7].

Таблица 12 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [7]

ПОКАЗАТЕЛИ	Условные обозначения	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектный
1. Материалы	М	252	198,45
2. Фонд заработной платы	ФЗП	160,2	50,53
3. Отчисление на соц. нужды	Осн	48,6	15,1
4. Затраты на оборудование	Зоб	1,11	0,5
5. Себестоимость технологич.	Стехн.	479,47	269,68
6. Себестоимость цеховая	Сцех.	693,79	314,8
7. Себестоимость заводская	Сзав	858,9	366,6

5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

«Значение $K_{общ}$ капитальные затраты, которые потребуются для выполнения технологических операций над базовыми и проектными вариантами, определяются расчетным путем по формуле» [7]:

$$K_{общ. б.} = Ц_{ОБ.Б} \cdot K_{з.б.} \quad (18)$$

где « $K_з$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [7];

« $C_{\text{ОБ.Б.}}$ – остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования» [7];

« n – приобретенное ранее количество единиц технологического оборудования, для выполнения технологических операций в базовом и конструктивном вариантах» [7].

«Величину $C_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточная стоимость технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [7]:

$$C_{\text{об.б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100). \quad (19)$$

где « $C_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [7];

« $T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту» [7];

« H_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [7].

«После подстановки в формулу (18) и (19) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 28000 - (28000 \cdot 4 \cdot 21,5/100) = 3920 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = 1 \cdot 3920 \cdot 1,79 = 7016 \text{ руб.}$$

«Величину $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$ суммарные капитальные затраты на выполнение операций технологического процесса в технологии проекта определяем расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{кон.}} \quad (20)$$

где « $K_{\text{ОБ.ПР}}$ – оценочная сумма капитальных вложений в оборудование, используемое для выполнения технологических операций в технологии проекта» [7];

« $K_{ПЛ.ПР}$ – предполагаемый объем капитальных вложений в производственные мощности, которые используются для выполнения технологических операций по технологии проекта» [7];

« $K_{СОП.ПР}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [7].

«Объём $K_{ОБ.ПР}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{мз} \cdot K_{зн.} \quad (21)$$

«После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [7].

$$Ц_{об. пр.} = 40000 \cdot 1,05 \cdot 0,56 = 23520 \text{ руб.}$$

«Объём $K_{СОП}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса в технологии проекта определяется расчётным методом по формуле» [7]:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт.} \quad (22)$$

где « $K_{ДЕМ}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии» [7];

« $K_{МОНТ}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [7].

«Затраты $K_{ДЕМ}$ на демонтаж оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса на базовом исполнении, определяются расчётным способом по формуле» [7]:

$$K_{ДЕМ} = Ц_{Б} \cdot K_{ДЕМ.} \quad (23)$$

где « $K_{ДЕМ}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [7].

«После подстановки в формулу (23) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$K_{ДЕМ} = 28000 \cdot 0,05 = 1400 \text{ рублей.}$$

«Стоимость $K_{МОН}$ на установку оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту, мы определяем расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_m \quad (24)$$

где « $K_{МОНТ}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [7].

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формулах (5.22) и (5.24) имеем» [7]:

$$K_{монт} = 40000 \cdot 0,05 = 2000 \text{ руб.}$$

$$K_{сop} = 1400 + 2000 = 3400 \text{ руб.}$$

$$K_{общ. пр.} = 23520 + 3400 = 26920 \text{ руб.}$$

«Размер $K_{ДОП}$ дополнительных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{ДОП} = K_{ОБЩПР} - K_{ОБЩБ.} \quad (25)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (25) имеем» [7]:

$$K_{ДОП} = 26920 - 7016 = 19904 \text{ рублей.}$$

«Размер индивидуальных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{уд} = K_{общ} / П_r \quad (26)$$

где « $П_r$ – принятое значение годовой программы» [7].

$$K_{удБаз} = 7016 / 10000 = 0,716 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн} = 26920 / 10000 = 2,692 \text{ руб./ед.}$$

5.6 Расчёт показателей экономической эффективности

«Сокращение трудозатрат при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [7]:

$$\Delta t_{um} = (t_{um \delta} - t_{um np}) \cdot 100 \% / t_{um \delta}. \quad (27)$$

«После замены в формуле (27) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [7].

$$\Delta t_{um} = (0,38 - 0,12) \cdot 100 \% / 0,38 = 68 \%.$$

«Прирост производительности труда Π_T при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [7]:

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{um} / 100 - \Delta t_{um}. \quad (28)$$

«После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [7].

$$\Pi_T = 100 \cdot 68 / 100 - 68 = 212,5 \%.$$

«Снижение технологической себестоимости ΔC_{tex} , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:» [7].

$$\Delta C_{tex} = (C_{tex.б.} - C_{tex.пр.}) \cdot 100\% / C_{tex.б.} \quad (29)$$

«После подстановки в формулу (29) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$\Delta C_{tex} = (479,47 - 269,68) \cdot 100\% / 479,47 = 0,44 \%.$$

«Условная годовая экономия затрат (ожидаемая прибыль) при внедрении предложенного решения в производство будет определяться расчетным способом по формуле» [7]:

$$Пр_{ож.} = Э_{v.г.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{np}) \cdot Пг \quad (30)$$

«После замены в формуле (30) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [7].

$$Э_{v.г.} = (858,9 - 366,6) \cdot 10000 = 4923000 \text{ руб.}$$

«Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [7]:

$$T_{ок} = K_{доп} / \text{Эу.г.} \quad (31)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (31) имеем:» [7].

$$T_{ок} = 19904 / 4923000 = 0,5 \text{ года}$$

«Годовой экономический эффект Эг на участке при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [7]:

$$\text{Эг} = \text{Эу.г} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (32)$$

«После подстановки в формулу (32) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [7].

$$\text{Эг} = 4923000 - 0,33 \cdot 19904 = 4916431,68 \text{ руб.}$$

5.7 Вывод по оценке экономической эффективности выпускной квалификационной работы

Предлагается заменить ручную дуговую сварку покрытым электродом на механизированную сварку плавящимся электродом в среде защитного газа. Это позволит повысить производительность, обеспечить экономичность и высокое качество сварочных соединений при минимальном разбрызгивании проволоки.

Экономические расчеты показали, что использование проектной технологии приведет к снижению трудоемкости операций на 68%, а производительность труда увеличится на 212,5%. Снижение сопутствующих расходов и затрат на оплату труда приведет к снижению технологической себестоимости на 44%.

Внедрение проектной технологии приведет к условно-годовой экономии в размере 4 923 000 рублей, что позволит окупить затраты на внедрение за 0,004 года. Ежегодный экономический эффект с учетом капитальных вложений составит 4 916 431,68 рублей.

На основе полученных данных можно сделать вывод о высокой эффективности предлагаемых решений, которые рекомендуется внедрить в производство.

Потенциальные риски внедрения проектной технологии могут включать несоответствие качества продукции требованиям заказчика, задержки в производственном процессе из-за нехватки квалифицированных сотрудников или оборудования, недостаточную подготовку персонала к работе с новым оборудованием, а также неожиданные технические проблемы при работе с новой технологией. Для снижения рисков необходимо провести тщательный анализ и планирование, а также предусмотреть резервные варианты действий в случае возникновения проблем.

Заключение

Целью данной выпускной квалификационной работы является повышение производительности при сборке и сварке стоек для спортивной штанги. В базовом варианте используется ручная дуговая сварка покрытыми электродами, однако это сопровождается низкой скоростью сварки. В проектном варианте предлагается механизированная сварка плавящимся электродом в смеси защитных газов.

Анализ конструкций стоек показал их технологичность и обоснованность автоматизации сварки швов.

При изучении возможных способов сварки были рассмотрены ручная дуговая сварка покрытыми электродами, аргонодуговая сварка, механизированная сварка с порошковой проволокой и механизированная сварка в смеси защитных газов.

В результате разработки технологии стоек для спортивной штанги было решено заменить ручную дуговую сварку покрытыми электродами на механизированную сварку плавящимся электродом в смеси защитных газов для увеличения производительности.

Проведен анализ проектной технологии сварки на предмет опасных и вредных производственных факторов. Расчетный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 4 916 431,68 рублей. Повышение производительности труда составляет 212,5%.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что поставленная цель выпускной квалификационной работы была достигнута. Результаты работы могут быть внедрены в производство для производства стоек для спортивной штанги.

Список используемой литературы и используемых источников

1. 11 лучших силовых стоек [Электронный ресурс]. URL: <https://vyboroved.ru/rejting/luchshie-silovye-stojki>
2. Абразивно-отрезной станок серия ОС [Электронный ресурс]. URL: <https://vss-g.ru/katalog/metalloobrabatyvayushhee-oborudovanie/otreznye-stanki/abrazivno-otreznye-stanki-mayatnikovogo-tipa/stanok-otreznoj-seriya-os/>
3. Виноградов, В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки : учеб. для проф. учеб. заведений / В. С. Виноградов. - Москва : Высш. шк. : Изд. центр "Академия", 1997. - 318 с.
4. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. – 22 с.
5. Жизняков, С.Н. Ручная дуговая сварка : Материалы. Оборудование. Технология / С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. - Москва : ЦТТ ИЭС им. Е. О. Патона, 2007. - 359 с.
6. Зачем нужна стойка для штанг [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zavodsporta.ru/news/Zachem-nuzhna-stojka-dlja-shtang/>
7. Зубкова Н.В. – к.э.н., доцент. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Тольятти: ТГУ, 2020. – 123 с.
8. Климов, А.С. Машиностроение. Выполнение выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы): электронно-методическое пособие / А.С. Климов – Тольятти: ТГУ, 2022. – 61 с.
9. Методическое указание по оформлению квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры. – Тольятти: ТГУ, 2020. – 39 с.

10. Моторин К.В. Методическое указание по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. / К.В. Моторин. – Тольятти: ТГУ, 2021. – 7 с.
11. Настольный вертикально-сверлильный станок [Электронный ресурс]. URL: <https://zubr.ru/mekhanizirovannye-instrumenty/stanki/stanki-sverlilnye/stanki-sverlilnye-nastolnye/vss-p750-4hdd/>
12. Оборудование и инвентарь для силовой подготовки [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sites.google.com/site/atletikgymnastik2012/oborudovanie-i-inventar>
13. Положение о выпускной квалификационной работе: утверждено решением ученого совета Тольяттинского государственного университета № 25 от 28 апреля 2022 года. – Тольятти, 2022. – 31 с. – URL: https://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/regulatory-documents-of-educational-process/Положение%20о%20ВКР_решение%20УС%20от%2028.04.2022%20№%2025.pdf (дата обращения: 17.10.2022).
14. Разработка бизнес-плана открытия тренажерного зала в г. Челябинске [Электронный ресурс]. URL: https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/20932/2018_471_murta zinra.pdf
15. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Редкол.: Г. А. Николаев (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 – т. 3 / Под ред. В.А. Винокурова. 1979. – 567 с.
16. Сидоров, В. П. Расчет точности параметров аргонодуговой и контактной сварки : монография / В. П. Сидоров, А. В. Мельзитдинова ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти : Анна, 2018. - 251 с.
17. Системы УСП [Электронный ресурс]. URL: <http://tctena.ru/pdf/Catalog%20УСП.pdf>

18. Универсальный сварочный аппарат ФОРСАЖ-200 ПА [Электронный ресурс]. URL: <http://www.epowerlab.ru/uploads/2016-06-17-02-11-200.pdf>
19. Фролов, В.А. Технология сварки плавлением и термической резки металлов : учеб. для студентов вузов, обуч. по специальности "Металлургия свароч. пр-ва" / В. А. Фролов, В. Р. Петренко, В. В. Пешков [и др.] ; под ред. В. А. Фролова. - Гриф УМО. - Москва : Альфа-М : ИНФРА-М, 2016. - 445 с.
20. Характеристика стали Ст3 [Электронный ресурс]. URL: <https://elbows.ru/marki/st3.pdf>
21. Что такое спортивные штанги и грифы к ним Блог Сергея Тяпкина [Электронный ресурс]. URL: <http://old.sergosport.ru/news/sportivnye-shtangi-ix-raznovidnost-grify-k-nim.html>
22. Щекин. В.А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов / В. А. Щекин. - Изд. 2-е, перераб. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. - 345 с.
23. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224 с.
24. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
25. ГОСТ Р 58318-2018 Стойки для приседаний со штангой. Требования и методы испытаний с учетом безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://allgosts.ru/97/220/gost_r_58318-2018
26. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114-119.
27. Dilthy, U., Reisinger U., Stenke V. et al. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118-123.
28. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8-13.

29. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // *Welding and Metal Fabrication*. – 1992. – № 6. – P. 269-276.
30. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // *Metal Constr. and Brit. Weld. J.* - 1971. - 3, № 6. - P. 230-233.