

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 Технология сварки и сборки многофункциональной лабораторной стойки

Обучающийся

А.И. Рычин

(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

Название выпускной квалификационной работы: «Технология сварки и сборки многофункциональной лабораторной стойки».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 61 страницу, включая введение, пять глав, заключения, 33 рисунка, 20 таблиц, 32 источников, в том числе 5 на иностранном языке и чертежей на 10 листах формата А1.

Целью работы является снижение затрат на изготовление конструкции многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1.

Данная выпускная квалификационная работа включает в себя пять взаимосвязанных глав. В первой главе проводится анализ исходных данных и известных решений по многофункциональной лабораторной стойке, в результате дано описание конструкции стойки, изучены свойства материала, проведён анализ способов сварки и сформулированы задачи работы. Во второй главе разработан технологический процесс сборки и сварки многофункциональной лабораторной стойки: выбрано оборудование, произведён расчёт параметров режимов сварки, разработан специальный стол и спроектирован технологический процесс сборки и сварки. В третьей главе даны рекомендации по использованию лабораторной стойки. В четвёртой главе определены профессиональные риски и предложены методы и средства их снижения. В пятой главе произведён расчёт затрат и разработана калькуляция себестоимости многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1.

Результаты выпускной квалификационной работы показали, что есть вопросы, которые можно решать в результате проектной деятельности студентов (тематика представлена в работе). Данная стойка может быть рекомендована для внедрения в Приволжском федеральном округе.

Abstract

Title of the graduate qualification work: «Welding and assembly technology of a multifunctional laboratory rack».

The graduate qualification work consists of an explanatory note of 61 pages, including an introduction, five chapters, conclusion, 33 figures, 20 tables, 32 sources, including 5 in a foreign language and drawings on 10 sheets of A1 sheets.

The aim of the work is to reduce the cost of manufacturing the design of multifunctional adjustable laboratory stand LS-1.

This graduate qualification work includes five interrelated chapters. In the first chapter the analysis of the initial data and known solutions for the multifunctional laboratory stand is carried out, as a result the description of the stand design is given, the properties of the material are studied, the analysis of welding methods is carried out and the tasks of the work are formulated. In the second chapter, the technological process of assembly and welding of multifunctional laboratory stand is developed: the equipment is selected, the parameters of welding modes are calculated, a special table is developed and the technological process of assembly and welding is designed. The third chapter gives recommendations for the use of the laboratory rack. The fourth chapter identifies professional risks and proposes methods and means of reducing them. In the fifth chapter, the calculation of costs and developed a costing of multifunctional laboratory rack LS-1.

The results of the graduate qualification work showed that there are issues that can be addressed as a result of the students' project activities (topics are presented in the work). This rack can be recommended for implementation in the Volga Federal District.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных и известных решений по многофункциональной лабораторной стойке.....	7
1.1 Описание конструкции лабораторной стойки	10
1.2 Свойства материала лабораторной стойки	12
1.3 Анализ возможных способов сварки лабораторной стойки	13
2 Разработка технологического процесса сборки и сварки многофункциональной лабораторной стойки.....	18
2.1 Выбор оборудования и расчёт параметров режимов сварки для лабораторной стойки	19
2.2 Разработка стола для сборки и сварки лабораторной стойки.....	24
2.3 Разработка технологического процесса сборки и сварки лабораторной стойки.....	25
3 Рекомендации по использованию лабораторной стойки	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта	38
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	38
4.2 Идентификация профессиональных рисков	40
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	43
Заключение по разделу.....	45
5 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений. 47	
5.1 Исходные данные для выполнения экономических расчётов	47
5.2 Расчёт себестоимости изготовления лабораторной стойки	47
5.2.1 Расчёт себестоимости сырья и основных материалов	49
5.2.2 Расчёт зарплаты производственных рабочих	53
5.2.3 Расчёт расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	55

Заключение по разделу.....	57
Заключение	59
Список используемой литературы и используемых источников.....	61

Введение

В настоящее время известны лабораторные телескопические стойки, которые нашли широкое применение для сварщиков. Они позволяют крепить различное сварочное оборудование, что объясняется простотой конструкции и эксплуатации.

При подготовке бакалавров по направлению 15.03.01 по профилю «Технология сварочного производства и инженерии поверхностей» на кафедре «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы» (СОМДиРП) учебным планом предусмотрено восемь дисциплин, в которых предусмотрено проведение лабораторных работ. Это предполагает использование специального лабораторного оборудования в соответствии с наименованием дисциплин.

Исходя из этого, возрастает потребность в лабораторном оборудовании, что требует всё больше и больше их производить.

В настоящее время для изготовления пробных конструкций лабораторного оборудования принято решение использовать телескопические стойки. В связи со сложным экономическим положением в современных условиях на кафедре принято решение организовать изготовление многофункционального лабораторного оборудования непосредственно силами студентов и сотрудников кафедры.

Для обеспечения потребности всех дисциплин при подготовке бакалавров по профилю «Технологии сварочного производства и инженерии поверхностей» возникает необходимость кафедре располагать большими финансовыми возможностями, что в современных условиях экономики страны выполнить не возможно. Поэтому кафедра принимает решение вести разработку лабораторного оборудования и его изготовления своими силами.

Таким образом, цель работы заключается в снижении затрат при изготовлении конструкции многофункциональной лабораторной стойки.

1 Анализ исходных данных и известных решений по многофункциональной лабораторной стойке

В настоящее время для оснащения учебного процесса при подготовке бакалавров по направлению 15.03.01 по профилю «Технология сварочного производства и инженерии поверхностей» учебным планом подготовки предусмотрены следующие дисциплины:

- «Технология сварки плавлением»,
- «Источники питания для сварки»,
- «Производство сварных конструкций»,
- «Автоматизация сварочных процессов»,
- «Технология контактной сварки»,
- «Теория сварочных процессов»,
- «Специальные методы сварки»,
- «Основы научных исследований»,
- «Проектная деятельность».

Для проведения лабораторных работ кроме сварочного оборудования используется приспособление и специальное лабораторное оборудование, которое рекомендовано для применения в учебном процессе.

Так, например, для дисциплины «Производство сварных конструкций» необходимо приобрести стол сварочно-сборочный типа ССД-11 [22] стоимостью 89 400 рублей (рисунок 1). Необходимо предусмотреть крепёжную плиту типа КПД-01-28 [13] стоимостью 24 600 рублей (рисунок 2). Тогда комплект этого оборудования обойдётся в 114 тысяч рублей.



Рисунок 1 – Стол сварочно-сборочный типа ССД-11



Рисунок 2 – Крепёжная плита типа КПД-01-28

Для дисциплины «Автоматизация сварочных процессов» потребуется укомплектовать набор оборудования (рисунок 1, 2) стойкой с зажимом типа ЗСД-02-03 [9] стоимостью 4 080 рублей (рисунок 3).



Рисунок 3 – Стойка с зажимом типа ЗСД-02-03

Кафедра СОМДиРП и научно-исследовательская лаборатория (НИЛ-5), в состав которой входило конструкторское бюро, разрабатывали кроме источников питания для сварки и лабораторное оборудование.

Большой интерес представляет телескопическая стойка, изготовленная из алюминиевого сплава (рисунок 4). Используя конструкцию телескопической стойки доработаем её таким образом, чтобы использовать стойку в качестве лабораторного стенда для всех перечисленных ранее дисциплин. Так как стоимость алюминиевого сплава для труб высокая, то заменим его на Ст3, оснастив лабораторное оборудование поворотной плитой,

прижимными устройствами и стойкой для крепления сварочного оборудования (горелок, управляемого привода, автоматов для сварки неповоротных стыков и др.).



Рисунок 4 – Телескопическая стойка

В результате изучения конструкций лабораторного оборудования проведём сравнительный анализ затрат, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты сравнения затрат

№ п/п	Наименование оборудования	Марка оборудования	Стоимость, руб.
1	Стол сварочно-сборочный типа	ССД-11	89 400
2	Крепёжная плита	КПД-01-28	24 600
3	Стойка с зажимом	ЗСД-02-03	4 080

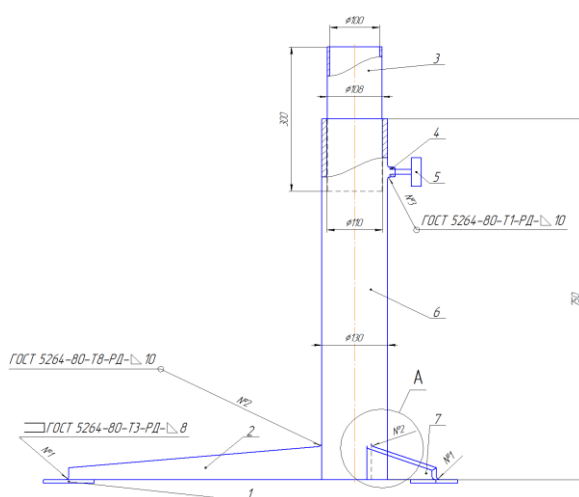
Из приведённых в таблице данных следует, что комплект оборудования обойдётся не менее 28680 рублей, поэтому наименьшие затраты планируется получить за счёт оснащения лабораторий кафедры СОМДиРП телескопическими стойками ЛС-1.

1.1 Описание конструкции лабораторной стойки

Телескопическая стойка — это сварная конструкция, которая выполнена из двух труб Ст3 с тремя опорами (рисунок 4). В трубу наружную 6 диаметром 130 мм и высотой 750 мм вставлена труба внутренняя 3 диаметром 108 мм и высотой 300 мм. Положение внутренней трубы фиксируется с помощью винта для регулировки по высоте 5.

Многофункциональная регулируемая лабораторная стойка ЛС-1 — это конструкция, состоящая из трёх сварных узлов:

- ножки стойки 2, 7 с приваренными к ним пластинами упорными 1;
- труба наружная 6 с приваренными к ней ножками 2, 7;
- гайка круглая 4 приваренная к трубе наружной 6 (рисунок 5).



- 1 - пластина упорная – 3 шт.; 2 - ножка стойки длинная; 3 - труба внутренняя;
 4 - гайка круглая; 5 - винт для регулировки по высоте; 6 – труба наружная;
 7 - ножка стойки короткая – 2 шт.

Рисунок 5 – Конструкция многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1

К наружной трубе, толщиной 10 мм приварены три ножки различной длины к трубе под углом 120 градусов друг от друга (шов №2) (рисунок 5).

Ножки многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1 следует рассматривать как сварную конструкцию, состоящую из самих ножек 2, 7 с приваренными к пластинам упорными 1 (шов №1) (рисунок 6а, 6б).

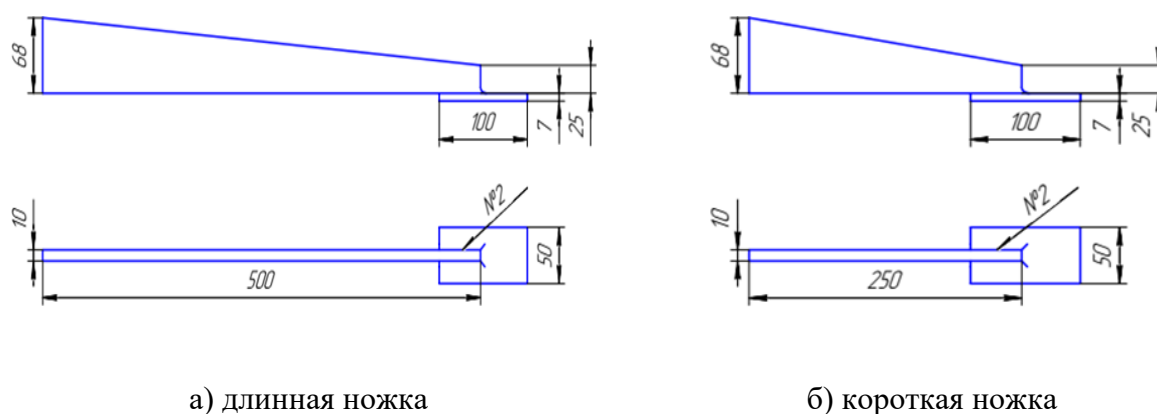
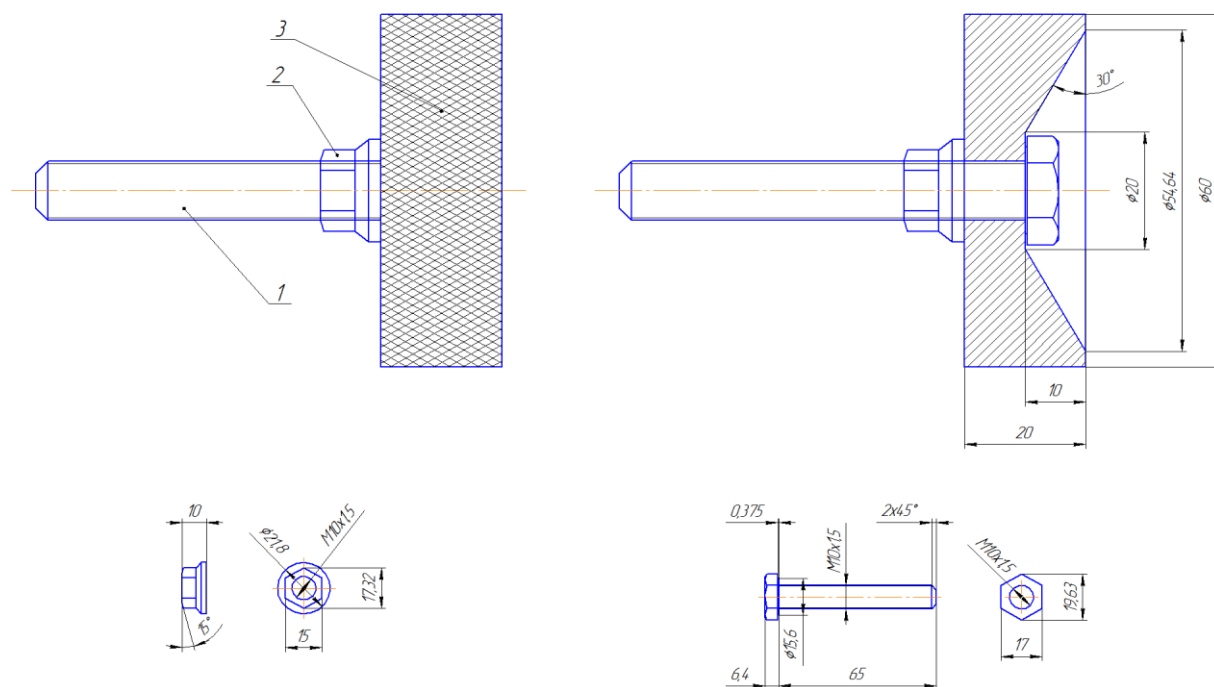


Рисунок 6 – Эскиз ножек стойки с упорной пластиной

Гайка круглая диаметром 20 мм и толщиной 5 мм приварена к наружной трубе (шов №3). В гайку круглую вкручивается винт для регулировки стойки по высоте. Винт следует рассматривать как конструкцию, состоящую из болта М10, гайки фланцевой М10, а также круга стального рифлёного. Эскиз винта показан на рисунке 7.



1 - болт М10; 2 - гайка фланцевая М10; 3 - круг стальной рифлёный

Рисунок 7 – Эскиз винта для регулировки стойки по высоте

Анализ конструкции лабораторной стойки показал, что она выполнена из трёх сварных узлов:

- ножки стойки с приваренными к ним пластинами упорными (шов №1);
- труба наружная с приваренными к ней ножками (шов №2);
- гайка круглая приваренная к трубе наружной (шов №3).

1.2 Свойства материала лабораторной стойки

Ст3 — это хорошо свариваемая сталь всеми способами сварки плавления.

Химический состав стали приведён в таблице 2.

Таблица 2 – 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
-----------	----------	----------	--------	---------	---------	----------	---------	-----

«Сталь всех групп с номерами марок 1, 2, 3 и 4 по степени раскисления изготавливают кипящей, полуспокойной и спокойной» [21, с. 22]. «Нормируемые показатели для стали группы А приведены в табл. 1, а механические свойства стали — в табл. 2» [21, с. 22-23].

«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	Ст0 - Ст6	+	+	+	-
3	Ст2 - Ст6	+	+	+	-

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

Таблица 2 – Механические свойства стали» [21, с. 22-23]

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

Механические свойства сварного соединения можно обеспечить при всех способах сварки плавления.

1.3 Анализ возможных способов сварки лабораторной стойки

В выпускной квалификационной работе приведён анализ возможных способов сварки лабораторной стойки.

Рассмотрим механизированную сварку плавящимся электродом в защитных газах. «Кромки свариваемого изделия расплавляются дугой, горящей между изделием и плавящейся электродной проволокой, непрерывно поступающей в дугу и служащей одновременно присадочным материалом (рисунок 8). 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» [15].

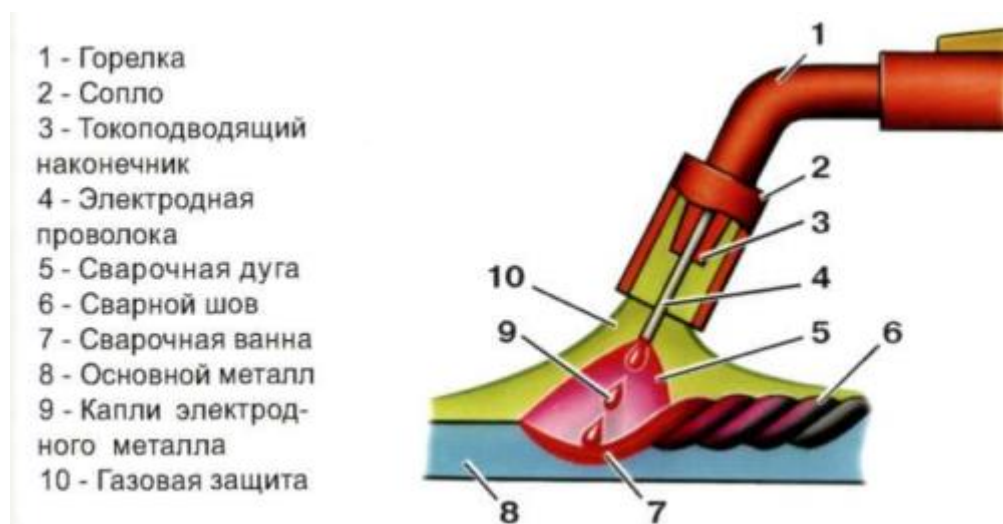


Рисунок 8 – Эскиз механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах

Этот способ отличается высокой производительностью, доступностью наблюдения за процессом сварки, а также отсутствием флюсов и покрытий.

Однако для этого способа требуется применение газовой аппаратуры и дополнительные мероприятия по защите при работе на открытых площадках.

Следовательно, для сварки лабораторной стойки механизированную сварку плавящимся электродом в смеси активных газов использовать нежелательно.

Рассмотрим механизированную сварку самозащитой порошковой проволокой. Известно, что «порошковая проволока представляет собой непрерывный электрод трубчатой или другой, более сложной конструкции с порошкообразным наполнителем — сердечником (рисунок 9)» [25]. Сам «сердечник состоит из смеси минералов, руд, ферросплавов металлических порошков, химикатов и других материалов» [25].

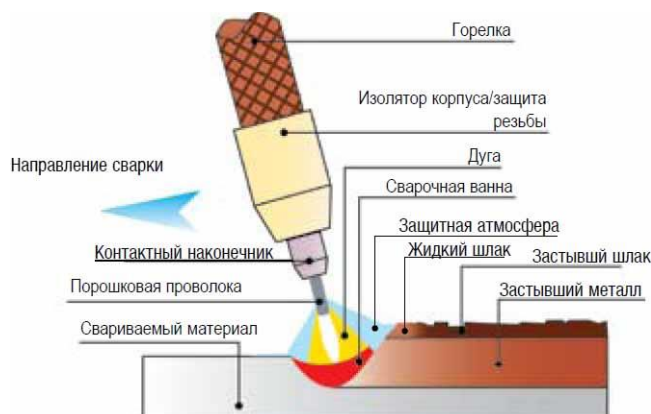


Рисунок 9 – Эскиз механизированной сварки самозащитой порошковой проволокой

Этот способ отличается простотой оборудования и хорошим качеством сварки.

Однако этот способ имеет высокую стоимость проволоки, требует удаление шлаковой корки, а также велика вероятность образования пор в сварном шве.

Следовательно, для сварки лабораторной стойки механизированную сварку самозащитой порошковой проволокой использовать не желательно.

Рассмотрим ручную дуговую сварку покрытыми электродами. «При ручной дуговой сварке покрытыми металлическими электродами, сварочная дуга горит с электрода на изделие, оплавляя кромки свариваемого изделия и расплавляя металл электродного стержня и покрытие электрода (рисунок 10).

Кристаллизация основного металла и металла электродного стержня образует сварной шов» [19].

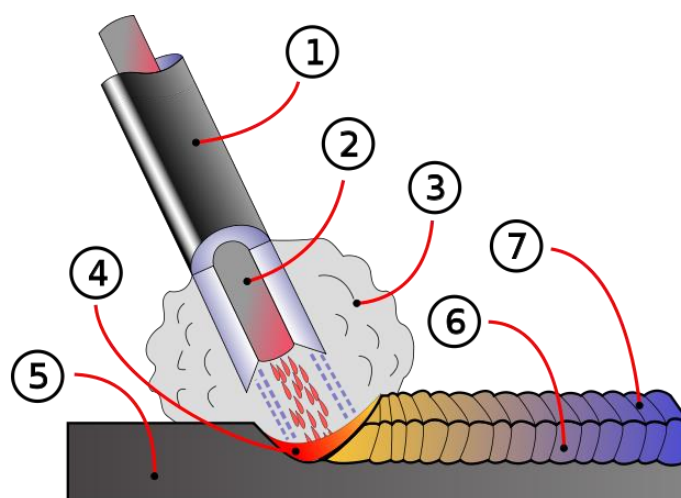


Рисунок 10 – Эскиз ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Этот способ отличается своей простотой и дешевизной сварочного оборудования, возможностью сварки в любых пространственных положениях, мобильностью, широкой областью применения, простотой в уходе и эксплуатации.

Однако этот способ имеет риски здоровья, низкую производительность, необходимость периодически менять электроды, а также образование шлака вокруг сварочной зоны и шва.

Таким образом, для сварки лабораторной стойки предлагается использовать ручную дуговую сварку покрытыми электродами.

Выбор типа покрытого электрода выбирается в зависимости от рода тока. Род тока выбираем постоянный. Для постоянного тока рекомендуются электроды с основным покрытием УОНИИ 13/55 [6, 30, 31].

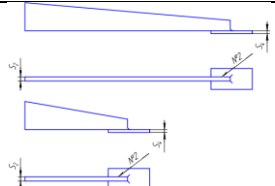
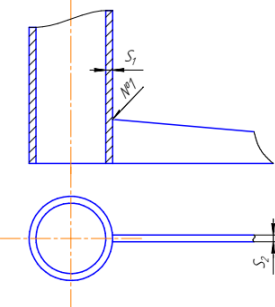
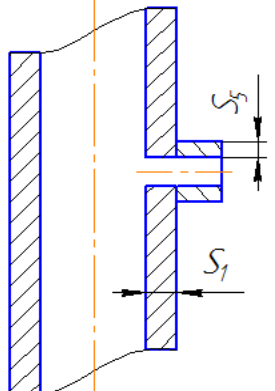
Таким образом, на основании анализа исходных данных и известных решений в выпускной квалификационной работе решаются следующие задачи: выбрать оборудование и рассчитать параметры режимов сварки для многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1; разработать

технологический процесс сборки и сварки многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1; разработать рекомендаций по использованию многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1.

2 Разработка технологического процесса сборки и сварки многофункциональной лабораторной стойки

Анализ исходных данных и известных решений по многофункциональной лабораторной стойке ЛС-1 показал, что конструкция стойки выполнена из трёх сварных узлов, параметры которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сварные соединения лабораторной стойки

Шов	Наименование узла	Эскиз сварного соединения	Способ сварки	Катет	Толщина свариваемых деталей, мм	Рисунок
№1	ножки - пластины упорные		ГОСТ 5264-80*	Δ8	$S_3 = 10,$ $S_4 = 7$	5, 6
№2	труба наружная - ножки			Δ10	$S_1 = S_2 = 10$	5
№3	гайка круглая - труба наружная			Δ5	$S_1 = 10,$ $S_5 = 5$	5

Материал для сварных узлов выбран из Ст3, для которой возможно применение всех способов сварки плавлением. Из перечисленных способов сварки выбрана ручная дуговая сварка покрытыми электродами на постоянном токе.

Технологический процесс изготовления телескопической стойки в выпускной квалификационной работе разрабатывается для узла труба наружная - ножки (шов №2).

2.1 Выбор оборудования и расчёт параметров режимов сварки для лабораторной стойки

Учитывая возможности кафедры СОМДиРП ТГУ, свой выбор останавливаем на сварочных инверторах постоянного тока Государственного Рязанского приборного завода.

Геометрические параметры узла труба наружная - ножки (шов №2) приведены в таблице 3. Сварное соединение имеет условное обозначение Т8. На рисунке 11 показан эскиз сварного соединения.

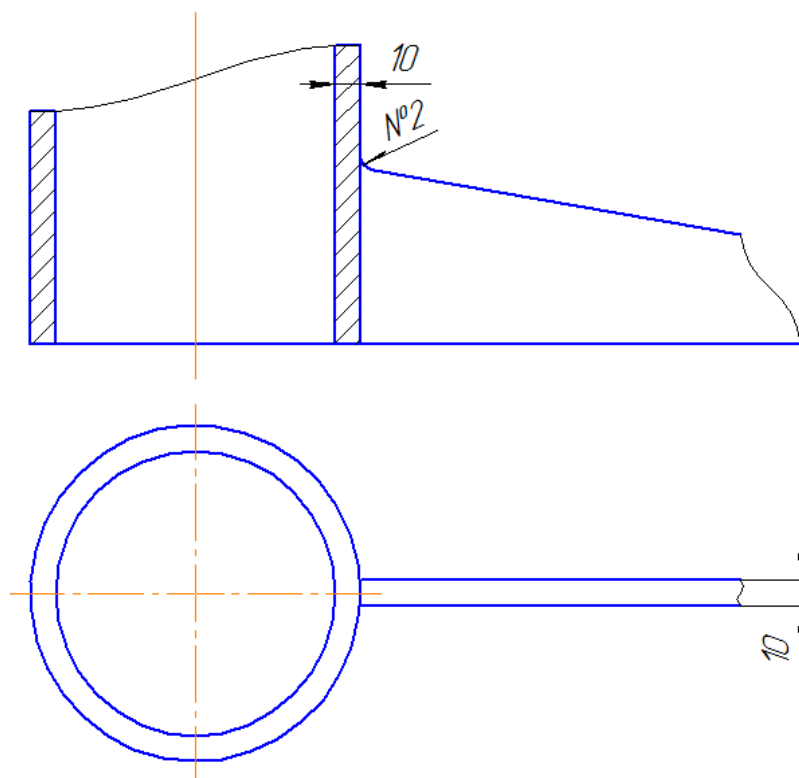


Рисунок 11 – Эскиз сварного соединения наружная труба – ножки

Для выбранного сварного соединения типа Т8 (шов №2) будет произведена подготовка кромок с двумя симметричными скосами. На рисунке 12а показана форма подготовленных кромок, а на рисунке 12б — сварного шва.

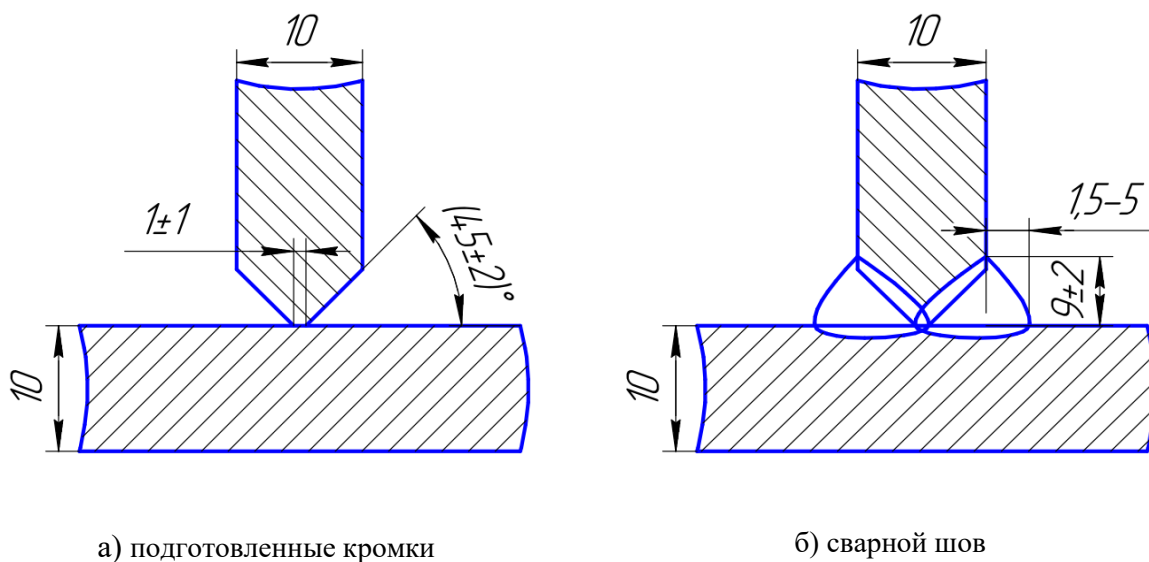


Рисунок 12 — Форма подготовленных кромок и сварного шва

Сварка ножек 2, 7 и трубы наружной 6 производится в два прохода. Поэтому расчёт параметров режима сварки производится для каждого прохода.

К параметрам режима РДС относятся ток дуги I_d , диаметр электрода $d_э$. Скорость сварки при РДС в расчётах принимается равной 5 м/ч и зависит от квалификации сварщика. Толщина деталей задана конструкцией и приведена в таблице 3. В соответствии с ГОСТ 5264-80* катет шва при тавровом соединении Т8 равен 10 мм.

Учитывая рекомендации, изложенные в работе Лескова Г.И., по соотношению толщины детали и диаметра электрода, для первого прохода

выбираем электрод диаметром 4 мм, а для второго прохода — 5 мм (таблица 4).

Таблица 4 — Соотношение толщины детали и диаметра электрода

S, мм	1 - 2	3	4 - 5	6 - 12	> 13
d _э , мм	1,5 - 2,5	3	3 - 4	4 - 5	6 и >

Для определения величины сварочного тока в работах предлагается использовать формулу (1) [26]:

$$I_d = K \times d_э, \quad (1)$$

где I_д — ток дуги в А,

d_э — диаметр электрода в мм,

K — коэффициент в А/мм (таблица 5).

Таблица 5 — Значения коэффициента K*

d _э , мм	1 - 2	3 - 4	5 - 6
K, А/мм	25 - 30	30 - 45	45 - 60

K* - определяется экспериментально.

«Наибольшее значение K принимают для определения силы тока при сварке в нижнем положении, наименьшее — при сварке в потолочном и вертикальном положениях» [26].

Для первого прохода электродом диаметром 4 мм выбираем K = 45 А/мм, для второго прохода электродом диаметром 5 мм выбираем K = 45 А/мм.

Рассчитаем величину тока I_d для двух проходов по формуле (1):

$$I_d = K \times d_s = 45 \times 4 = 180 \text{ A};$$

$$I_d = K \times d_s = 45 \times 5 = 225 \text{ A}.$$

На основании расчётов выбираем сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М, внешний вид которого приведён на рисунке 13.



Рисунок 13 – Внешний вид сварочного инвертора ФОРСАЖ 250М

Технические характеристики сварочного инвертора ФОРСАЖ 250М приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики сварочного инвертора ФОРСАЖ 250М*

Наименование параметра	Единица измерения	Величина
Напряжение сети	В	~ 380
Частота	Гц	50
Напряжение холостого хода	В	70
Диапазон регулирования тока	А	15-250
Продолжительность работы при токе 250 А	%	80
Продолжительность работы при токе 180 А	%	100
Габариты	мм	430x190x350

Масса	кг	13,6
-------	----	------

* Инвертор ФОРСАЖ 250М поставляется без «держателя».

Для сварки от сварочного инвертора ФОРСАЖ 250М выбираем держатель электрода ФОРСАЖ F-3001300, рассчитанный на 300 А. Его внешний вид показан на рисунке 14.



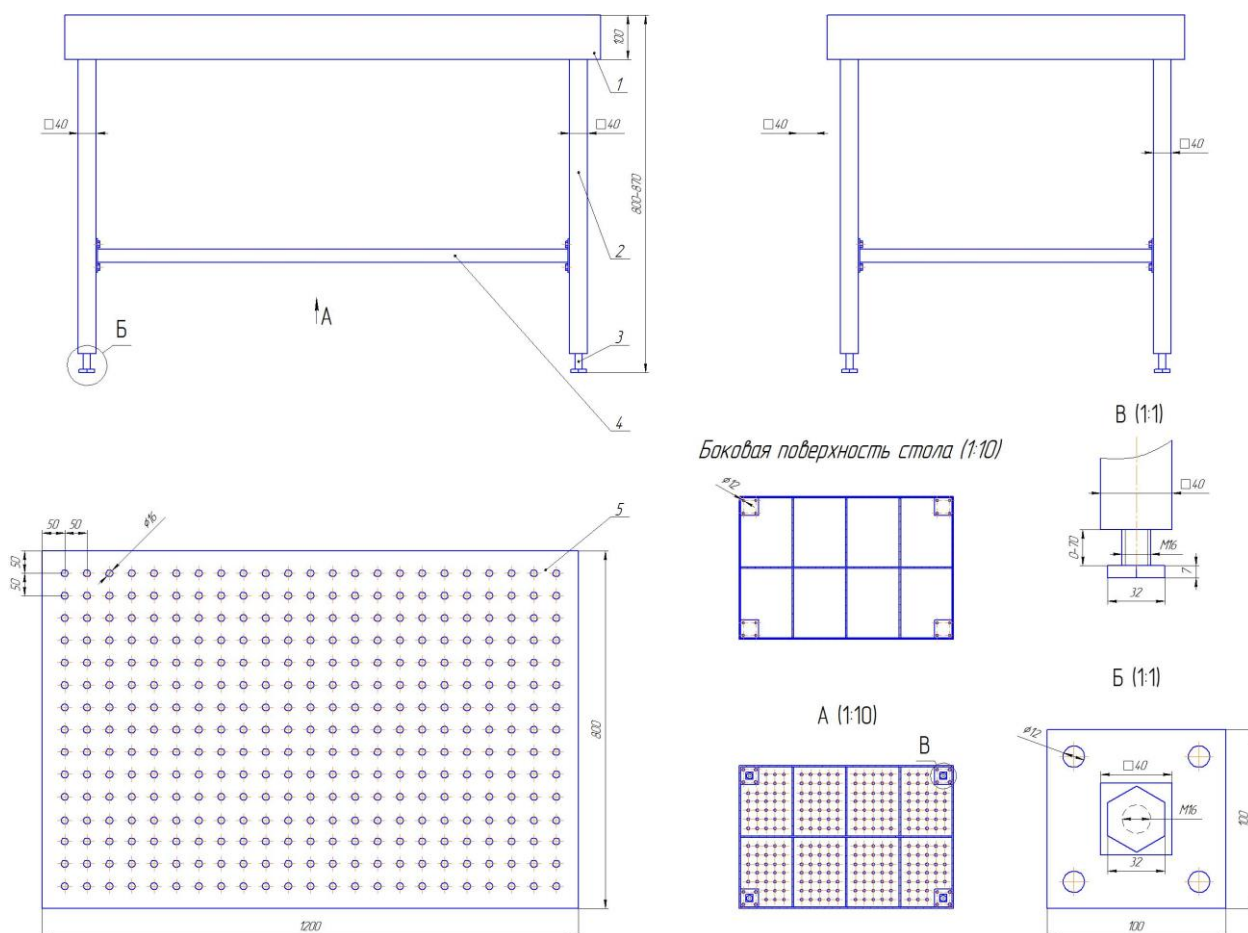
Рисунок 14 – Внешний вид держателя электрода ФОРСАЖ F-3001300

Для сборки и сварки конструкции телескопической стойки необходимо применить прихватки, сборочно-сварочный стол, а также ленточные хомуты-стяжки, закрепляющие трубу в неподвижном положении.

Таким образом, для сварки швов №1, 2, 3 выбираем РДС покрытыми электродами диаметром 4, 5 мм. Сварку производим на постоянном токе сварочным инвертором ФОРСАЖ 250М в комплекте с держателем марки ФОРСАЖ F-3001300.

2.2 Разработка стола для сборки и сварки лабораторной стойки

Для сборки и сварки лабораторной стойки разработан специальный стол, внешний вид которого показан на рисунке 15.



- 1 - каркас под рабочую поверхность стола; 2 - ножка стола; 3 - винт регулировочный;
4 - перекладина; 5 - рабочая поверхность стола

Рисунок 15 – Внешний вид стола для сборки и сварки многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1

Стол изготовлен из Ст3, толщиной 8 мм и состоит из нескольких элементов. Рабочая поверхность стола 5 с габаритами 1200x800 мм имеет отверстия диаметра $\varnothing 16$ мм и шагом 50x50 мм по всей поверхности стола. Отверстия предназначены для крепления деталей при сборке и сварке

лабораторной стойки ленточными хомутами-стяжками. Каркас под рабочую поверхность стола 1 имеет габариты 4000x100 мм.

Ножки стола 2 (4 шт.) зафиксированы перекладинами 4 (4 шт.). Ножки стола изготовлены из профильной трубы 40x40 мм с толщиной стенок 3 мм и высотой 693 мм. Перекладины изготовлены из профильной трубы 30x15 мм с толщиной стенок 2 мм, длиной 1050 мм с длинной стороны стола и 700 мм с короткой стороны стола. Перекладины крепятся к ножкам болтами, у которых резьба М8 по ГОСТ 7798, шаг резьбы 1,25 мм, длина 16 мм.

Стол предусматривает винт регулировочный 3 (4 шт.), установленный на ножках. Винт регулируется по высоте от 0 до 70 мм с помощью ключа гаечного рожкового 32 мм.

2.3 Разработка технологического процесса сборки и сварки лабораторной стойки

Технологический процесс начинается с операции разметка, который выполняется с помощью линейки, рулетки и чертилки с отклонением размеров по длине $\pm 1,5$ мм (рисунок 16).

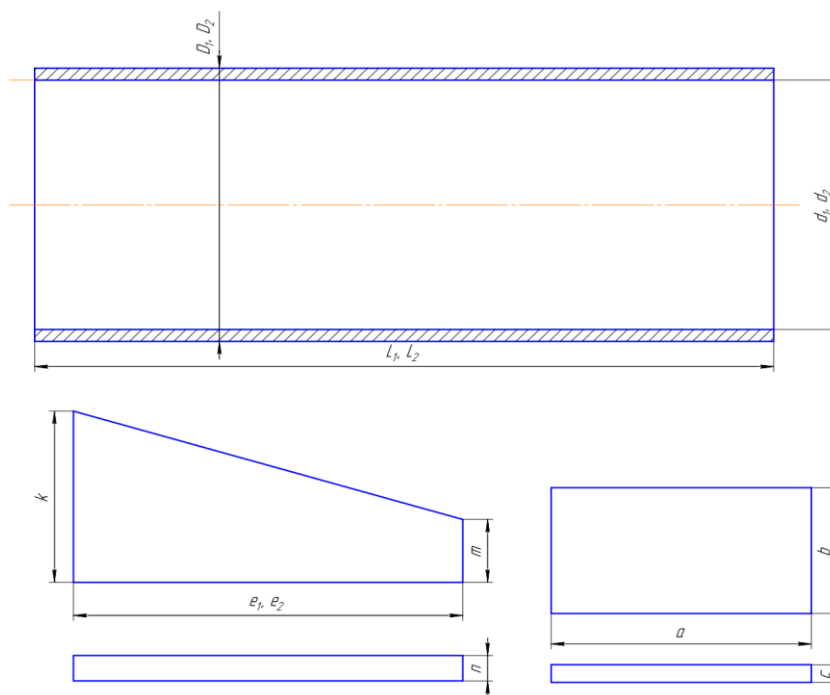


Рисунок 16 – Разметка элементов лабораторной стойки

Потом выполняется операция резка листа, для которой используется гильотина НД-3312Б и линейка с отклонением размеров по длине $\pm 1,5$ мм (рисунок 17).



Рисунок 17 – Резка листа для лабораторной стойки

Затем выполняется операция резка труб, для которой используется монтажная пила DEWALT D28715, отрезной диск DEWALT DT3450 и линейка с отклонением по длине ± 3 мм (рисунок 18).



Рисунок 18 – Резка круглой трубы для лабораторной стойки

Дальше выполняется операция сборки ножек стойки с упорными пластинами, для которых используется металлическая щётка, линейка, сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М, держатель ФОРСАЖ F-3001300, а также защитный щиток Корунд-1 АСФ 4/9-13 (рисунок 19). Соединение деталей при сборке сварной конструкции производится с помощью прихваток [28]. Поверхность под прихватки зачистить механической металлической щёткой. Прихватки 1, 2 ножек стойки устанавливаются с двух сторон от ножки стойки на расстоянии 25 мм от конца ножки, а конец ножки устанавливается на расстоянии 50 мм от конца короткой стороны упорной пластины. Прихватка 3 устанавливается на конце ножки. Длина прихваток составляет 10 мм.

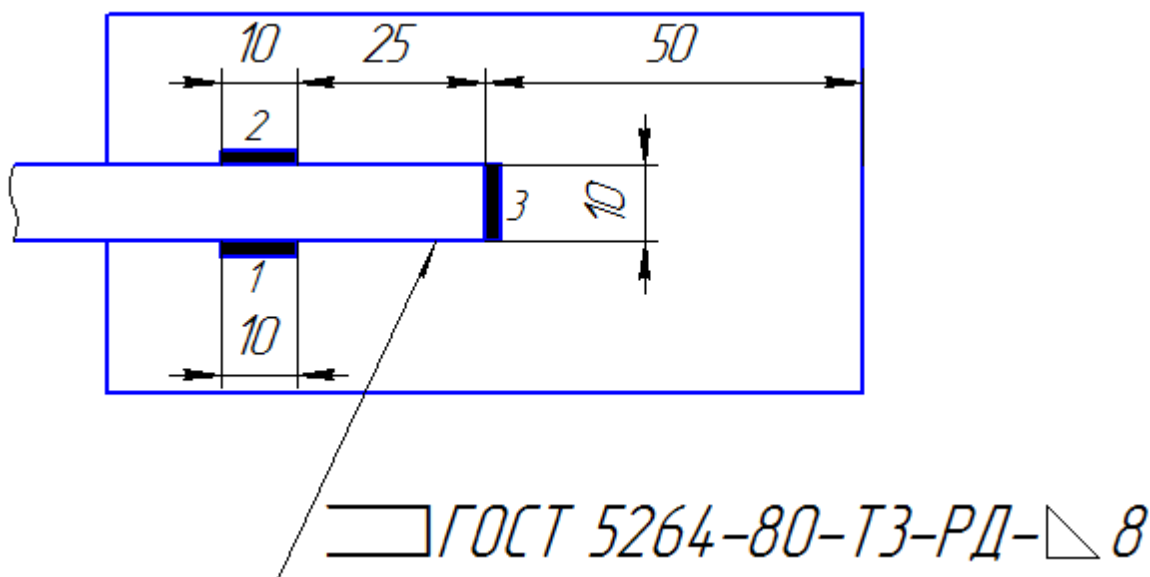


Рисунок 19 – Сборка ножки стойки с упорной пластиной с помощью прихваток

Для сварки ножек стойки с упорной пластиной требуется сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М, держатель ФОРСАЖ F-3001300, а также защитный щиток Корунд-1 АСФ 4/9-13 (рисунок 20). Перед сваркой нужно зачистить поверхности всех деталей. Сварку производить электродом УОНИИ 13/55 в два прохода. Параметры сварки: электрод диаметром 4, 5 мм, ток дуги 180, 225 А соответственно. Отклонения тока дуги должны быть не более 10%.

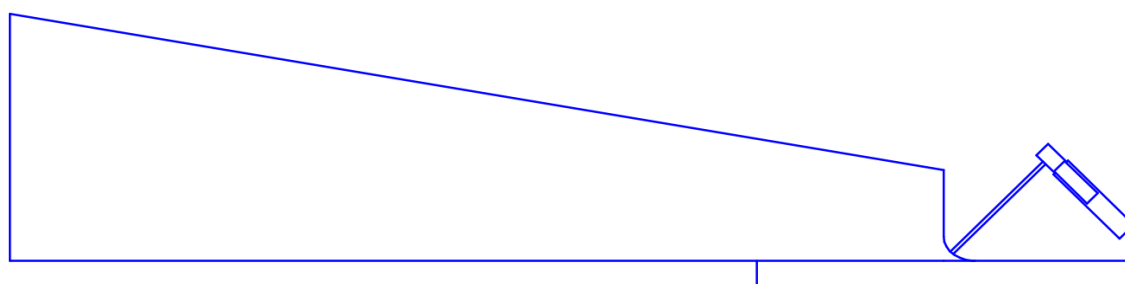


Рисунок 20 – Сварка ножки стойки с упорной пластиной

Затем производится операция сборки ножек стойки с наружной трубой, для которых используется металлическая щётка, линейка, сварочный инвертор

ФОРСАЖ 250М, держатель ФОРСАЖ F-3001300, а также защитный щиток Корунд-1 АСФ 4/9-13 (рисунок 21). Соединение деталей при сборке сварной конструкции производится с помощью прихваток [28]. Поверхность под прихватки зачистить механической металлической щёткой. Прихватки устанавливаются в трёх точках. Длина прихваток составляет 10 мм.

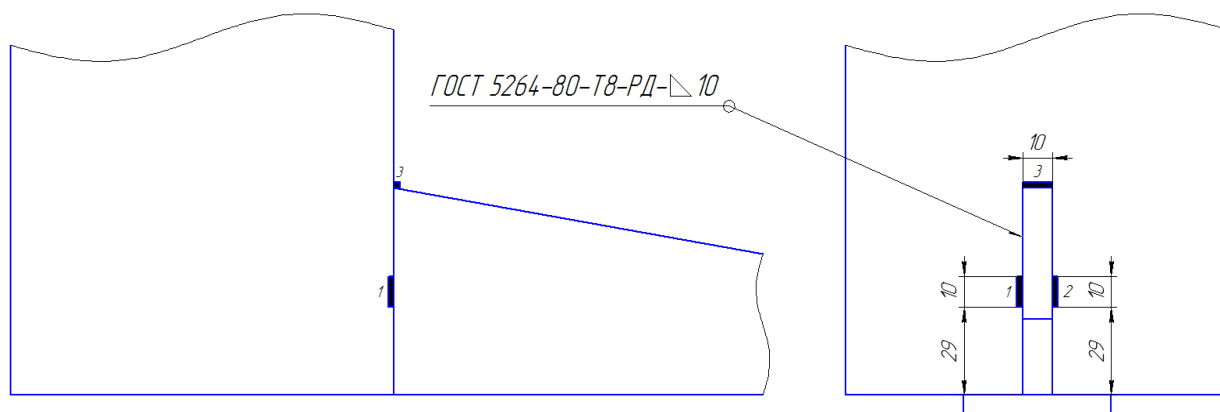


Рисунок 21 – Сборка ножек стойки с наружной трубой

Для сварки ножек стойки с наружной трубой требуется сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М, держатель ФОРСАЖ F-3001300, а также защитный щиток Корунд-1 АСФ 4/9-13 (рисунок 22). Перед сваркой нужно зачистить поверхности всех деталей [29]. Сварку производить электродом УОНИИ 13/55 в три прохода. Параметры сварки: электрод диаметром 4, 5 мм, ток дуги 180, 225 А соответственно. Отклонения тока дуги должны быть не более 10%.

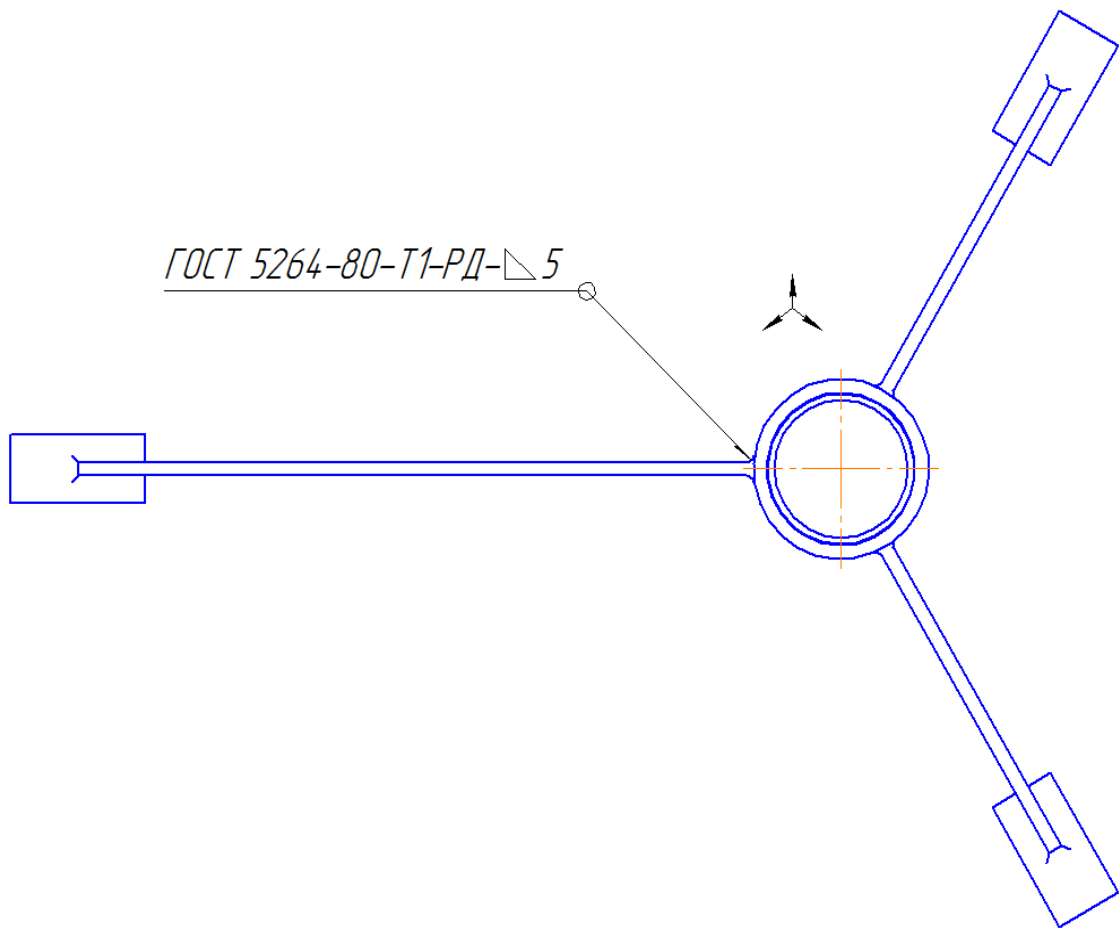


Рисунок 22 – Сварка ножек стойки с наружной трубой

Далее выполняется операция зачистка, для которой необходимы отбойник, УШМ Калибр МШУ 125/955Е, а также круг-диск шлифовальный коралловый зачистной для УШМ (рисунок 23). Скорость вращения УШМ составляет 11000 оборотов в минуту, а диаметр круга-диска шлифовального 125 мм. Зачистить все поверхности от брызг и шлака. Следы шлака не допускаются.



Рисунок 23 – Оборудование для зачистки поверхности лабораторной стойки

В заключении выполняется операция контроль качества, для которой используется лупа складная карманная 6 кратная Sparta и УШС-3. Все сварные швы должны подвергаться 100% визуальному и измерительному контролю (рисунок 24). Трещины и подрезы не допускаются. По ГОСТ 5264-80 для шва №1 размер катета должен составлять 8 мм с отклонением +2 мм, для шва №2 — 10 мм с отклонением +2 мм [5].

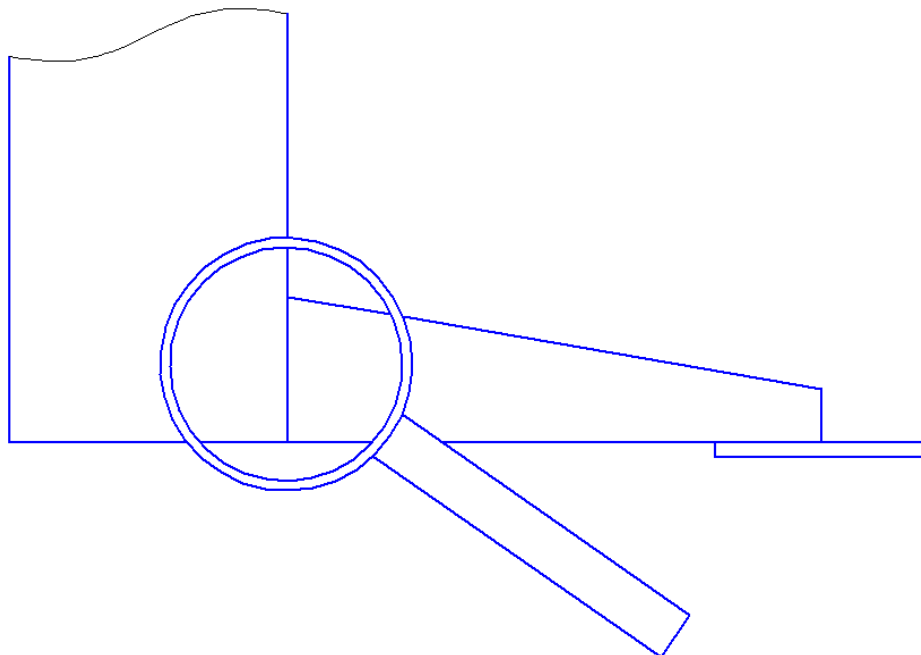
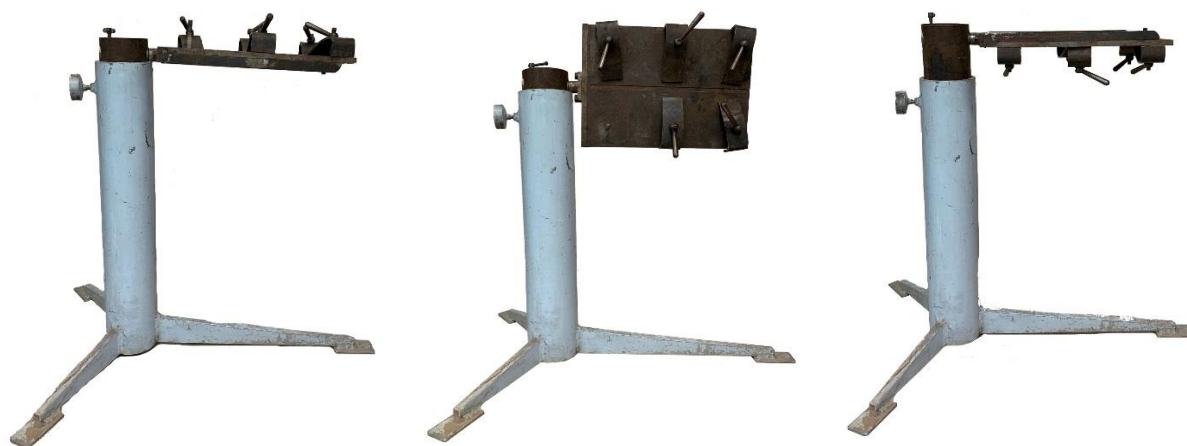


Рисунок 24 – Контроль качества сварных швов лабораторной стойки

3 Рекомендации по использованию лабораторной стойки

При подготовке бакалавров по направлению 15.03.01 «Машиностроение» изучаются такие дисциплины, как «Технология сварки плавлением», в которой по теме 2.1 «Ручная дуговая сварка и наплавка» предусмотрено проведение практических занятий (Пр1) и лабораторных (Лр10), в которых необходимо разработать карту технологического процесса сварки и наплавки образцов из Ст3.

Для выполнения Пр1 Лр1 кафедра СОМДиРП ТГУ должна располагать соответствующим сварочным оборудованием, образующим сварочный пост. В состав сварочного поста для выполнения указанной темы включается лабораторная стойка с поворотным столом, который снабжен механическими прижимами образцов для сварки или наплавки (рисунок 25а, б, в).



а) в нижнем положении

б) в вертикальном положении

в) в потолочном положении

Рисунок 25 — Внешний вид лабораторной стойки для сварки или наплавки

Используя лабораторную стойку, у которой предусмотрен узел крепления внутренней трубы телескопической стойки, РДС и наплавку покрытым электродом позволяет производить во всех пространственных положениях.

Оснатив такой пост сварочным трансформатором, который имеется в распоряжении кафедры (типа ТС-300, ТС-400, ТС-150, ТДМ-140 и др.), появляется возможность производить сварку покрытым электродом держателем типа ФОРСАЖ F-3001300 на переменном токе. В этом случае по дисциплине «Источники питания для сварки» (модуль 2 «Сварочные трансформаторы и установки») предоставляется возможность изучить конструкцию сварочного трансформатора (рисунок 26).



а) лабораторная стойка с держателем

б) сварочный трансформатор ТДМ-140

Рисунок 26 — Комплект сварочного поста

Заменяв сварочный трансформатор инвертором типа TIG-200 AC/DC, получим пост для сварки на постоянном токе (модуль 4 «Инверторы в сварочной технике»).

Выполняя сварку и наплавку в различных пространственных положениях, появляется возможность изучать формирование сварочной ванны (дисциплина «Теория сварочных процессов»).

При изучении дисциплины «Специальные методы сварки» лабораторную стойку предлагается оснастить узлом крепления и перемещения горелок для сварки свободной и сжатой дугой (тема 2 «Плазменная сварка») (рисунок 27).

Регулирование скорости сварки в этом случае осуществляется управляемым электроприводом (дисциплина ЭСУМО, тема «Управляемый электропривод») и дисциплина «Автоматизация сварочных процессов» по теме «Автоматизация процессов сварки свободной дугой неплавящимся электродом в защитных газах») (рисунок 27).



Рисунок 27 – Внешний вид лабораторной стойки для автоматической сварки неплавящимся электродом свободной и сжатой дугой

Дисциплина «Автоматизация сварочных процессов» предусматривает изучение темы «Автоматизация сварки неповоротных стыков труб неплавящимся электродом в защитных газах»). Доработав лабораторную стойку узлом крепления трубы (рисунок 28а), предлагается создать пост для сварки неповоротных стыков труб (рисунок 28б).



а) с узлом крепления трубы



б) с закреплённой трубой $d = 110$ мм

Рисунок 28 – Внешний вид лабораторной стойки

На рисунке 29а приведён внешний вид сварочного поста с автоматом ГНС-1 и внешний вид сварного соединения (рисунок 29б).



а) сварочного поста с автоматом ГНС-1



б) сварного соединения трубы
 $d = 110$ мм и $S = 2$ мм

Рисунок 29 — Внешний вид

Учебный план подготовки бакалавров предусматривает теоретическое изучение дисциплины «Технология контактной сварки» и проведение лабораторных работ. Для этого случая лабораторная стойка используется для крепления контактной машины типа МТК-35, разработанной студентами и преподавателями кафедры СОМДиРП (к.т.н., доцент К.В. Моторин). Контактная машина МТК-35 питается от бытовой сети 220 В и легко переносится в закрытых помещениях (рисунок 30).



Рисунок 30 – Внешний вид лабораторной стойки с контактной машиной МТК-35

По дисциплине «Основы научных исследований» часто используется лабораторная стойка. Так, например, бывший студент ТГУ, Макурин М.А. в своей выпускной квалификационной работе использовал лабораторную

стойку для проведения исследований по сварке свободной дугой алюминиевых сплавов точками. Его сварочный пост приведён на рисунке 31.



1 - лабораторная стойка, 2 - горелка, 3 - инвертор TIG 250

Рисунок 31 — Внешний вид сварочного поста для сварки точками

Таким образом, изучив опыт работы кафедры СОМДиРП за несколько лет и выполнив данную ВКР, многофункциональную регулируемую лабораторную стойку ЛС-1 можно рекомендовать к внедрению в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 15.03.01 «Машиностроение».

Учитывая тот факт, что в учебный план подготовки бакалавров введена дисциплина «Проектная деятельность», предлагается следующая тематика: 1) Лабораторная стойка для крепления контактной машины; 2) Лабораторная стойка для автоматической сварки сжатой дугой; 3) Лабораторная стойка для автоматической сварки свободной дугой неплавящимся электродом; 4) Лабораторная стойка для ручной дуговой сварки покрытыми электродами; 5) Лабораторная стойка для механизированной сварки плавящимся электродом;

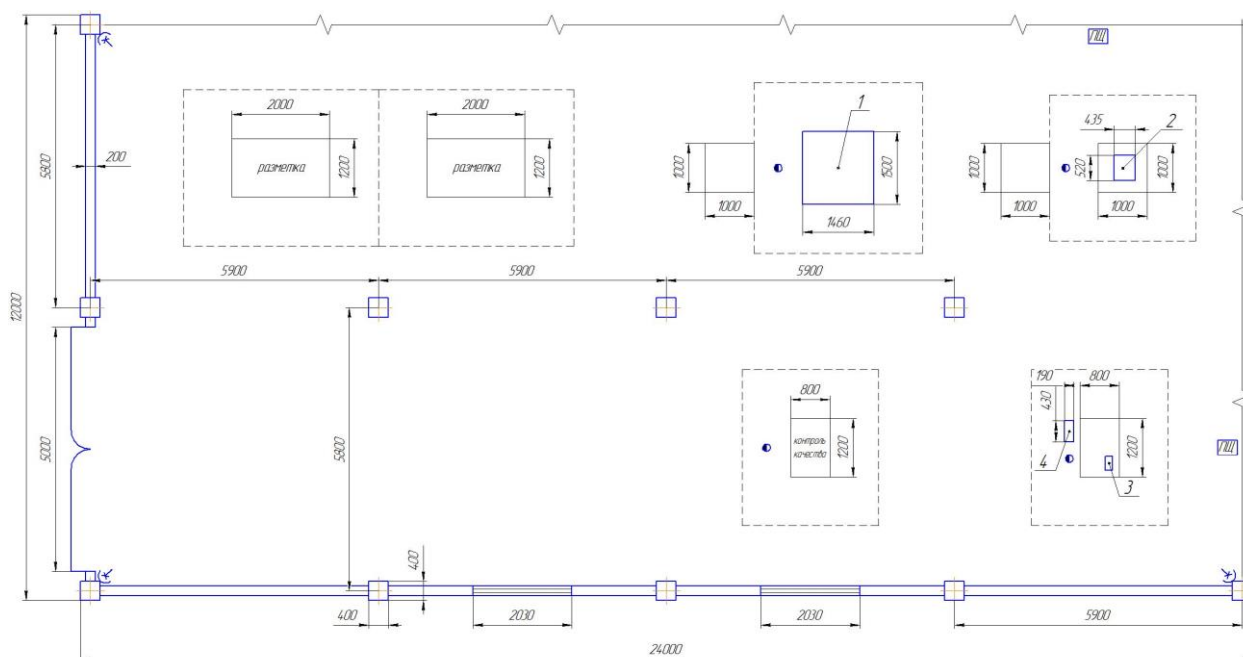
б) Лабораторная стойка для аргодуговой сварки; 7) Лабораторная стойка для проведения научно-исследовательских работ студентов; 8) Лабораторная стойка для сварки неповоротной трубы.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: Технология сварки и сборки многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1.

Участок, на котором изготавливаются многофункциональные регулируемые лабораторные стойки ЛС-1 предусматривает стол для разметки, станок для резки листа и трубы, приспособление для сборки и сварки, сварочный инвертор и УШМ для зачистки швов (рисунок 32).



Условные обозначения

- | | |
|-------------------|------------------|
| □ - стол | ☼ - освещение |
| ▣ - зона рабочая | ⌋ - ворота |
| ⊕ - колонна | ▭ - окна |
| • - рабочее место | 🔥 - пожарный щит |

Оборудование

- 1 - гильотина НД-3312Б
- 2 - монтажная пила DEWALT D28715
- 3 - УШМ Калибр МШУ 125/755Е
- 4 - сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М

Рисунок 32 — Планировка участка цеха сборки и сварки

многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1

В процессе изготовления многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1 присутствует вероятность возникновения опасных и вредных факторов.

Так как многофункциональная регулируемая лабораторная стойка ЛС-1 сложная сварная конструкция, то в технологическом процессе отражены опасные и вредные производственные факторы при сборке и сварке. Для технологического процесса разработан технологический паспорт технического объекта (таблица 7).

Таблица 7 — «Технологический паспорт технического объекта» [4]

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Технологический процесс сборки и сварки лабораторной стойки	Резка листа Резка трубы	Слесарь	Гильотина НД-3312Б; Монтажная пила DEWALT D28715; Диск DEWALT DT3450	Рукавицы; Ветошь
	Сборка с прихватками	Электросварщик; Слесарь	Сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М; Держатель ФОРСАЖ F3001300; Сборочное приспособление	Рукавицы; Покрытый электрод
	Сварка			

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Определим профессиональные риски при изготовлении многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1. Результаты приведены в таблице 8.

Таблица 8 — «Идентификация профессиональных рисков» [4]

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Резка листа	- шум; - опасность порезов рук при установке листов на стол; - возможность попадания пальцев рук работников под ножи и прижимы	Гильотина НД-3312Б
Резка трубы	- искры; - шум; - острые кромки	Монтажная пила DEWALT D28715; Диск DEWALT DT3450
Прихватки	- искры;	Сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М; Держатель ФОРСАЖ F3001300; Ленточные хомуты-стяжки для закрепления деталей изделия
Сварка	- взвеси; - брызги; - задымление; - излучения ренгеновского) (кроме	

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Определив профессиональные риски при изготовлении многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1, предлагаются следующие средства снижения, позволяющие снизить возникающие риски, а также воздействия опасных и вредных производственных факторов (таблица 9).

Таблица 9 — «Организационно-технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [4]

Опасный и или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3

Продолжение таблицы 9

1	2	3
- шум; - опасность порезов рук при установке листов на стол; - возможность попадания пальцев рук работников под ножи и прижимы	Размещение плакатов по технике безопасности	Повышение квалификации рабочих; Спецодежда; Рукавицы;
- искры; - шум; - острые кромки		Спецодежда Рукавицы
- искры; - взвеси; - брызги; - задымление; - излучения (кроме рентгеновского)	Организация сварочного участка для изготовления стойки	Спецодежда электросварщика; Защитный щиток; Вытяжка воздуха

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В связи с тем, что при изготовлении многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1 используется ручная дуговая сварка покрытыми электродами велика вероятность возникновения пожара при использовании дугового разряда. Известно, что РДС сопровождается выбросом расплавленного металла на большое расстояние от изделия, поэтому возникают опасные факторы пожара. В связи с этим определим класс пожара, который может возникнуть на участках сборки и сварки (таблица 10).

Таблица 10 — «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [4]

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	Гильотина НД-3312Б; Монтажная пила DEWALT D28715; Диск DEWALT DT3450; Сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М; Держатель ФОРСАЖ F3001300	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	пламя и искры; тепловой поток; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;	Образующиеся токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества горящего технического объекта

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, на котором осуществляется сборка и сварка многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1, предусматриваются технические средства обеспечения пожарной безопасности (таблица 11).

Таблица 11 — «Технические средства обеспечения пожарной безопасности»

[4]

Первичные средства пожаротушения	Пожарный ящик с песком, огнетушитель
Мобильные средства пожаротушения	Пожарный автомобиль (вызывается в случае ЧП)
Стационарные установки системы пожаротушения	-
Средства пожарной автоматики	Извещатель пожарный
Пожарное оборудование	Щит пожарный, шкаф пожарный с рукавом
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Огнестойкий защитный костюм; Кожаный фартук; Кожаные рукавицы; Гетры; Защитная обувь;
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Совковые лопаты, кирки, топоры, багры, ломы
Пожарные сигнализация, связь и оповещение.	Кнопка пожарной сигнализации

Для обеспечения пожарной безопасности разрабатываются организационные (организационно-технические) мероприятия, которые представлены в таблице 12.

Таблица 12 — «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [4]

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки (ручная дуговая сварка покрытыми электродами)	Инструктаж сотрудников по пожарной безопасности; Журнал по пожарной безопасности	Необходимо иметь щит пожарный, шкаф пожарный с рукавом, знак «Номера экстренных служб для звонков с городских и сотовых телефонов»

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

При изготовлении многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1, возникают экологические факторы негативного воздействия, которые приведены в таблице 13.

Таблица 13 — «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [4]

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования),	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	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.)
Сборка и сварка	Разметка; Резка; Сборка; Сварка; Контроль качества	Задымление	-	Брызги

Таблица 14 — «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [4]

Наименование технического объекта	Сборка и сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Вытяжная вентиляция
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	-
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Контейнер для сбора брызг

Заключение по разделу

Технологический процесс сборки и сварки лабораторной стойки включает в себя резку листа, резку трубы, сборку с прихватками, а также сварку. Для выполнения технологического процесса выбрано оборудование и материалы (таблица 7).

Установлены профессиональные риски: шум, опасность порезов рук при установке листов на стол, возможность попадания пальцев рук работников под

ножи и прижимы, искры, острые кромки, взвеси, брызги, задымление, излучения (кроме рентгеновского) (таблица 8).

Определив профессиональные риски разработаны средства снижения, позволяющие снизить возникающие риски, а также воздействия опасных и вредных производственных факторов (таблица 9).

Выявлен класс пожара «Е», связанного с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (таблица 10).

Для обеспечения пожарной безопасности на участке сборки и сварки предусмотрены средства пожарной автоматики, индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование, пожарный инструмент, пожарные сигнализация, связь и оповещение (таблица 11). Кроме этого, разработаны организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, которые представлены в таблице 12.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» установлены негативные экологические факторы технического объекта и дополнительные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду (таблица 13, 14).

5 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

5.1 Исходные данные для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа связана с разработкой технологического процесса сборки и сварки регулируемой многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1. Для этого спроектирована сварная конструкция лабораторной стойки. Конструкция лабораторной стойки разработана на кафедре СОМДиРП силами студентов и сотрудников кафедры.

При подготовке бакалавров по направлению 15.03.01 по профилю «Технология сварочного производства и инженерии поверхностей» учебным планом предусмотрены дисциплины, для которых необходимо проведение лабораторных работ. Это предполагает использование специального лабораторного оборудования.

В целях экономии материальных затрат при подготовке выпускников предлагается использовать спроектированную лабораторную стойку. В связи с этим производим расчёт себестоимости изготовления лабораторной стойки.

5.2 Расчёт себестоимости изготовления лабораторной стойки

При исчислении плановой себестоимости единицы продукции должна быть определена величина прямых (основных) и косвенных (накладных) расходов на её производство и сбыт.

К прямым расходам относятся расходы, непосредственно связанные с производством изделия.

К накладным относятся расходы, которые связаны с изготовлением всех видов изделий данным предприятием, и поэтому они распределяются между

ними косвенным путём (пропорционально тем или иным статьям прямых затрат).

При расчёте за единицу продукции принимаем регулируемую многофункциональную лабораторную стойку (рисунок 4).

Применительно к условиям производства в себестоимость включают следующие прямые статьи затрат:

- стоимость сырья и материалов;
- покупные комплектующие изделия;
- полуфабрикаты;
- транспортные расходы;
- основная заработная плата рабочих.

Для иллюстрации целесообразности производства используется расчёт безубыточности, составленный с учётом деления общих затрат на условно-постоянные и условно-переменные. Трудозатраты технологического процесса приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Трудозатраты технологического процесса

Технологический процесс		Кол-во деталей, шт.	Оборудование	t (час)	Разряд работ
1		2	3	4	5
Разметка	листа для пластин упорных	3	- линейка; - чертилка	0,08	IV
	листа для ножек стойки	3		0,17	
	трубы наружной	1		0,03	
	трубы внутренней	1		0,03	
Резка	пластин упорных	3	- гильотина НД-3312Б	0,17	
	ножек стойки	3		0,5	
	трубы наружной	1	- монтажная пила DEWALT D28715	0,17	
	трубы внутренней	1		0,17	
	ножек стойки с наружной трубой	3		0,25	

Продолжение таблицы 15

1		2	3	4	5
Сборка	ножек стойки с упорными пластинами	3	- металлическая щётка; - линейка; - сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М;	0,25	V
	ножек стойки с наружной трубой	3	- держатель ФОРСАЖ F-3001300; - защитный щиток Корунд-1 АСФ 4/9-13	0,25	
Сварка	ножек стойки с упорными пластинами	3	- сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М; - держатель ФОРСАЖ F-3001300;	0,083	
	ножек стойки с наружной трубой	3	- защитный щиток Корунд-1 АСФ 4/9-13	0,25	
Зачистка		-	- отбойник; - УШМ Калибр МШУ 125/955Е; - круг-диск шлифовальный коралловый зачистной для УШМ	0,25	IV
Контроль качества		-	- лупа складная карманная 6 кратная Sparta; - УШС-3	0,17	V
Итого:				2,573	-

5.2.1 Расчёт себестоимости сырья и основных материалов

Для расчёта общей стоимости основных материалов потребуется рассчитать объём и вес каждой детали лабораторной стойки.

Расчёт объёма и веса стальных листов выполним согласно формулам:

$$V = S \cdot \delta, \quad (2)$$

$$G = V \cdot \rho \quad (3)$$

где S — площадь основания, см^2 ;

δ — толщина детали, см ;

ρ — плотность металла, равная $7,85 \text{ г/см}^3$.

$$V_{\text{пласт. упор.}} = 100 \cdot 500 \cdot 7 = 35000 \text{ мм}^3 = 35 \text{ см}^3;$$

$$G_{\text{пласт. упор.}} = 35 \cdot 7,85 = 274,75 \text{ г} \approx 0,3 \text{ кг};$$

$$V_{\text{ножки кор.}} = (93 \cdot 250 \cdot 10) / 2 = 116250 \text{ мм}^3 = 116,25 \text{ см}^3;$$

$$G_{\text{ножки кор.}} = 116,25 \cdot 7,85 = 912,5625 \text{ г} \approx 1 \text{ кг};$$

$$V_{\text{ножки дл.}} = (93 \cdot 500 \cdot 10) / 2 = 232500 \text{ мм}^3 = 232,5 \text{ см}^3;$$

$$G_{\text{ножки дл.}} = 232,5 \cdot 7,85 = 1825,125 \text{ г} \approx 2 \text{ кг.}$$

Расчёт объёма стальных труб выполним согласно формуле:

$$V = \pi \cdot (d \cdot \delta + \delta^2) \cdot L, \quad (4)$$

где d — внутренний диаметр трубы, см;

δ — толщина трубы, см;

L — высота трубы, см.

После подстановки численных значений в формулы (3) и (4), получим:

$$V_{130} = \pi \cdot (110 \cdot 10 + 10^2) \cdot 750 = 2,8 \cdot 10^6 \text{ мм}^3 = 2800 \text{ см}^3;$$

$$G_{130} = 2800 \cdot 7,85 = 21980 \text{ г} \approx 22 \text{ кг};$$

$$V_{108} = \pi \cdot (100 \cdot 4 + 4^2) \cdot 300 = 3,9 \cdot 10^5 \text{ мм}^3 = 390 \text{ см}^3;$$

$$G_{108} = 390 \cdot 7,85 = 3061,5 \text{ г} \approx 3 \text{ кг.}$$

Общая стоимость основных материалов на изготовление изделия представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Общая стоимость основных материалов

Наименование материала	Единица измерения	Норма расхода на изделие	Стоимость* $C_{o.m.1}$, руб.	Стоимость $C_{o.m.}$, руб.
Лист Ст3, 7 мм	кг	1	71,99	75,5895
Лист Ст3, 10 мм (короткая ножка)		2	143,98	122,919
Лист Ст3, 10 мм (длинная ножка)		2	143,98	122,919
Труба Ст3, 130 мм		78,5	4396	4615,8
Труба Ст3, 108 мм		21,5	967,5	1015,875
Итого:				5953,1025
* – лист Ст3, 7 мм: 71990 руб./т; лист Ст3, 10 мм: 71990 руб./т; труба Ст3, 130x10 мм: 56000 руб./т; труба Ст3, 108x4 мм: 45000 руб./т [1, 23, 24, 27]				

Рассчитаем стоимость пластин упорных выполним согласно формуле:

$$C_{o.m.} = C_{o.m.1} \cdot K_{m-z} - m_o \cdot Z_o, \quad (5)$$

где $C_{o.m.}$ — стоимость основных материалов;

$C_{o.m.1}$ — стоимость листа Ст3, 7 мм (пластины упорные);

K_{m-z} — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

$$K_{m-з} = 1,05;$$

m_o – масса отходов;

$$m_o = 0 \text{ кг};$$

Z_o – цена отходов;

$$Z_o = 0 \text{ руб. / кг.}$$

После подстановки численных значений в формулу (5), получим:

$$C_m = 71,99 \cdot 1,05 = 75,5895 \text{ руб.}$$

Рассчитаем стоимость коротких и длинных ножек стойки согласно формуле (5):

где $C_{o.m.l}$ – стоимость листа Ст3, 10 мм;

$K_{m-з}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

$$K_{m-з} = 1,05;$$

m_o – масса отходов;

$$m_o = 5,652 \text{ кг};$$

Z_o – цена отходов;

$$Z_o = 5 \text{ руб. / кг.}$$

После подстановки численных значений в формулу (4), получим:

$$C_{o.m.l} = 143,98 \cdot 1,05 - 5,652 \cdot 5 = 122,919 \text{ руб.}$$

Так как масса отходов при изготовлении коротких и длинных ножек стойки одинаковая, то стоимость основных материалов на длинные ножки составит 122,919 руб.

Учитывая то, что трубы диаметром от 70 до 152 мм поставляются размером 6 м, рассчитаем стоимость труб согласно формуле (5):

где $C_{o.m.l}$ – стоимость трубы Ст3, 130/108 мм;

$K_{m-з}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

$$K_{m-з} = 1,05;$$

m_o – масса отходов;

$$m_o = 0 \text{ кг};$$

Z_o – цена отходов;

$$Z_o = 0 \text{ руб. / кг.}$$

После подстановки численных значений в формулу (5), получим:

$$C_{o.m. 130} = 4396 \cdot 1,05 = 4615,8 \text{ руб.};$$

$$C_{o.m. 108} = 967,5 \cdot 1,05 = 1015,875 \text{ руб.}$$

Подсчитываем затраты на вспомогательные расходные материалы, необходимые для изготовления одного изделия по таблице 17.

Таблица 17 – Вспомогательные расходные материалы, необходимые для изготовления одного изделия

Материал	шт.	Цена за шт., руб.	Стоимость, руб.
Отрезной диск DEWALT DT3450	1	730	730
Электроды УОНИИ 13/55	3	6,1	18,3
Круг-диск шлифовальный коралловый зачистной для УШМ	1	450	450
Итого:			1198,3

Подсчитываем затраты на вспомогательные материалы для производства одного изделия:

$$C_{в.м.} = C_{отр.диска} + C_{электр.} + C_{к.-д.шлиф}, \quad (6)$$

где $C_{в.м.}$ – затраты на вспомогательные материалы;

$C_{отр. диска}$ – стоимость отрезного диска;

$C_{электр.}$ – стоимость электродов;

$C_{к.-д. шлиф.}$ – стоимость круга-диска шлифовальный коралловый зачистной для УШМ.

Длина всех сварных швов на одну стойку составляет 798 мм. Длина одного электрода УОНИИ 13/55 по ГОСТ составляет 350 мм, из которых длина огарка – 70 мм. Отсюда следует, что для изготовления лабораторной стойки потребуется 3 электрода.

После подстановки численных значений в формулу (5), получим:

$$C_{в.м.} = 730 + 3 \cdot 6,1 + 450 = 1198,3 \text{ руб.}$$

Рассчитываем общие расходы на материалы:

$$C_m = C_{o.m.} + C_{в.м.}, \quad (7)$$

где C_m – общие расходы на материалы;

$C_{o.m.}$ – стоимость основных материалов;

$C_{в.м.}$ – стоимость вспомогательных материалов.

После подстановки численных значений в формулу (6), получим:

$$C_m = 5953,1025 + 1198,3 = 7151,4025 \text{ руб.}$$

Рассчитываем затраты на электроэнергию на одно изделие:

$$Z_э = M \cdot C_э \cdot t, \quad (8)$$

где $Z_э$ – затраты на электроэнергию;

M – мощность, кВт/час;

$C_э$ – цена за электроэнергию, руб./кВт;

$C_э = 5,26$ руб./кВт;

t – время, час.

Затраты на энергию по формуле 8 составляют:

1. Для гильотины НД-3312Б: $Z_э = 1,3 \cdot 5,26 \cdot 0,67 = 4,58$ руб.
2. Для монтажной пилы DEWALT D28715: $Z_э = 2,2 \cdot 5,26 \cdot 0,34 = 3,93$ руб.
3. Для сварочного инвертора ФОРСАЖ 250М: $Z_э = 12 \cdot 5,26 \cdot 0,333 = 21,02$ руб.
4. Для УШМ Калибр МШУ 125/955Е: $Z_э = 0,95 \times 5,26 \times 0,25 = 1,25$ руб.

Общие затраты на электроэнергию составляют:

$$Z_э = 4,58 + 3,93 + 21,02 + 1,25 = 30,78 \text{ руб.}$$

5.2.2 Расчёт зарплаты производственных рабочих

Рассчитываем основную зарплату производственных рабочих, согласно данных приведенных в таблице 18 по разрядам и оплате согласно тарифу:

$$Z_{осн} = T_c \cdot t \cdot \kappa_y \cdot \kappa_{нф}, \quad (9)$$

где $Z_{осн}$ – основная зарплата производственных рабочих;

T_c – тарифная ставка, руб./час;

t – количество часов, ч;

κ_y – коэффициент доплат за условия труда (если они вредные);

$\kappa_y = 1,04$;

$K_{нф}$ – коэффициент доплат за профмастерство (начиная с 3-го разряда);

$$K_{нф} = 1,1.$$

Таблица 18 – Часовые тарифные ставки 2023 год

Разряды	3	4	5	6	7	8
Оплата согласно тарифу, руб./час	163,35	182,5	230,94	246,56	268,95	279,66

1 рабочий, 1 изделие:

$Z_{осн}$ разметка листа – основная зарплата на разметку листа,

$$Z_{осн} \text{ разметка листа} = 182,5 \cdot 0,25 \cdot 1,1 = 50,19 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ разметка трубы – основная зарплата на разметку трубы,

$$Z_{осн} \text{ разметка трубы} = 182,5 \cdot 0,06 \cdot 1,1 = 12,05 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ резка листа – основная зарплата на обрезку листа,

$$Z_{осн} \text{ резка листа} = 182,5 \cdot 0,67 \cdot 1,1 = 134,50 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ резка трубы – основная зарплата на обрезку трубы,

$$Z_{осн} \text{ резка трубы} = 182,5 \cdot 0,34 \cdot 1,1 = 68,26 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ сборка ножек с упор. пласт. – основная зарплата за сборку ножек стойки с упорными пластинами,

$$Z_{осн} \text{ сборка ножек с упор. пласт.} = 230,94 \cdot 0,25 \cdot 1,04 \cdot 1,1 = 66,05 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ сварка ножек с упор. пласт. – основная зарплата за сварку ножек стойки с упорными пластинами,

$$Z_{осн} \text{ сварка ножек с упор. пласт.} = 230,94 \cdot 0,083 \cdot 1,04 \cdot 1,1 = 21,93 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ сборка ножек с наруж. труб. – основная зарплата за сборку ножек стойки с наружной трубой,

$$Z_{осн} \text{ сборка ножек с наруж. труб.} = 230,94 \cdot 0,25 \cdot 1,04 \cdot 1,1 = 66,05 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ сварка ножек с наруж. труб. – основная зарплата за сварку ножек стойки с наружной трубой,

$$Z_{осн} \text{ сварка ножек с наруж. труб.} = 230,94 \cdot 0,25 \cdot 1,04 \cdot 1,1 = 66,05 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ зачистка – основная зарплата за зачистку швов,

$$Z_{осн} \text{ зачистка} = 182,5 \cdot 0,25 \cdot 1,1 = 50,19 \text{ руб.},$$

$Z_{осн}$ контроль качества – основная зарплата за контроль качества,

$$Z_{осн} \text{ контроль качества} = 230,94 \cdot 0,17 \cdot 1,1 = 43,19 \text{ руб.}$$

Основная зарплата производственных рабочих, суммируя основную зарплату по операциям технологического процесса составляет:

$$Z_{осн} = 50,19 + 12,05 + 134,50 + 68,26 + 66,05 + 21,93 + 66,05 + 66,05 + 50,19 + 43,19 = 578,46 \text{ руб.}$$

Вычислим дополнительную заработную плату производственных рабочих за отпуск:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot 0,1, \quad (10)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Подставив численные значения в формулу (10) получим:

$$Z_{доп} = 578,46 \cdot 0,1 = 57,85 \text{ руб.}$$

Рассчитаем страховые взносы в фонды:

$$Z_{отч} = (Z_{осн} + Z_{доп}) \cdot K_c, \quad (11)$$

где $Z_{отч}$ – страховые взносы в фонды;

K_c – коэффициент расчёта отчислений в социальные фонды (30%);

$$K_c = 0,3.$$

Подставив численные значения в формулу (11) получим:

$$Z_{отч} = (578,46 + 57,85) \cdot 0,3 = 636,31 \cdot 0,3 = 190,893 \approx 191 \text{ руб.}$$

5.2.3 Расчёт расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Рассчитать расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, используя данные таблицы 19, можно по формуле:

$$P_{с.э.об.} = 1,5 \cdot \Sigma \left(\frac{Ц_{об.}}{T_{с.с.}} \cdot 2112 \cdot t \right), \quad (12)$$

где $P_{с.э.об.}$ – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;

1,5 – коэффициент, учитывающий дополнительные расходы;

$Ц_{об.}$ – цена оборудования;

$T_{с.с.}$ – срок службы оборудования;
 2112 – годовой фонд времени (в 1 смену);
 t – время эксплуатации оборудования.

Таблица 19 – Данные по эксплуатации оборудования

Оборудование	Цена $C_{об.}$, руб.	Срок службы $T_{с.с.}$, год	Время эксплуатации t , час
1	2	3	4
гильотина НД-3312Б	691500	10	0,67
монтажная пила DEWALT D28715	30000	1	0,34
сварочный инвертор ФОРСАЖ 250М	36190	3	0,333
УШМ Калибр МШУ 125/955E	3150		0,25

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования определены согласно формуле (12):

$$\begin{aligned}
 Z_{с.э.об.} &= \left(1,5 \cdot \frac{691500}{10 \cdot 2112} \cdot 0,67\right) + \left(1,5 \cdot \frac{30000}{1 \cdot 2112} \cdot 0,34\right) + \left(1,5 \cdot \frac{36190}{3 \cdot 2112} \cdot 0,333\right) + \left(1,5 \cdot \frac{3150}{3 \cdot 2112} \cdot 0,25\right) = \\
 &= 32,91 + 7,24 + 2,85 + 0,19 = 43,19 \text{ руб.}
 \end{aligned}$$

Общехозяйственные затраты рассчитываем по формуле:

$$Z_{общ} = Z_{осн} \cdot K_{ОБЩ}, \quad (13)$$

где $Z_{общ}$ – общехозяйственные затраты;

$Z_{осн}$ – основная зарплата;

$K_{ОБЩ.}$ – коэффициент расчёта общехозяйственных расходов;

$K_{ОБЩ.} = 1,2$.

Подставив численные значения в формулу (13), получим:

$$Z_{общ} = 578,46 \cdot 1,2 = 694,152 \text{ руб.}$$

Калькуляция себестоимости многофункциональной регулируемой лабораторной стойки ЛС-1 представлена в таблице 20. Диаграмма структуры себестоимости изделия изображена на рисунке 33.

Таблица 20 – Калькуляция себестоимости многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1

Статьи затрат	Обозначение	Затраты, руб.
---------------	-------------	---------------

1	2	3
Основные материалы	<i>С_{о.м.}</i>	5953,1025
Вспомогательные материалы	<i>С_{в.м.}</i>	1198,3
Электроэнергия	<i>З_э</i>	30,78
Основная зарплата	<i>З_{осн}</i>	578,46
Дополнительная зарплата	<i>З_{доп}</i>	57,85

Продолжение таблицы 20

1	2	3
Страховые взносы в фонды	<i>З_{отч}</i>	191
Содержание и эксплуатация оборудования	<i>З_{с.э.об.}</i>	43,19
Общехозяйственные затраты	<i>З_{общ.}</i>	694,152
Итого:		8726,8345

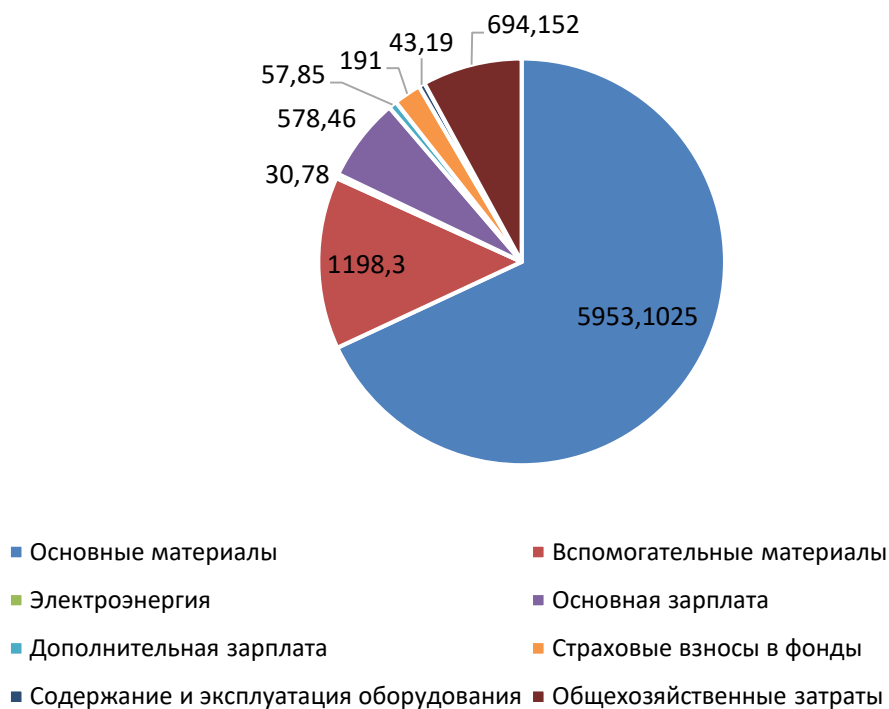


Рисунок 33 – Диаграмма структуры себестоимости изделия

Себестоимость изделия – многофункциональная регулируемая лабораторная стойка ЛС-1 составляет 8726,8345 рублей.

Заключение по разделу

В выпускной квалификационной работе производится расчёт себестоимости изготовления регулируемой многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1. При исчислении плановой себестоимости

единицы продукции определена величина прямых (основных) и косвенных (накладных) расходов при её производстве и сбыте.

При расчёте себестоимости единицы продукции включаем следующие прямые статьи затрат: стоимость сырья и материалов, покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты, транспортные расходы, основная заработная плата рабочих.

В результате трудозатраты технологического процесса составят 2,573 часа при использовании рабочих IV и V разрядов.

Затраты себестоимости сырья и основных материалов при изготовлении одной лабораторной стойки составили 5953,1025 рублей, затраты на вспомогательные материалы – 1198,3 рубля.

Общие затраты на электроэнергию составили 30,78 рублей.

Затраты основной заработной платы производственных рабочих по операциях технологического процесса составили 578,46 рублей, а на дополнительную зарплату – 57,85 рублей.

Страховые взносы в фонды составили 191 рубль.

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования составили 43,19 рубля.

Общехозяйственные затраты составили 694,152 рубля.

В результате проведённых расчётов разработана калькуляция себестоимости многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1 и выявлено, что большая часть затрат ложиться на основные материалы (рисунок 33).

Заключение

При подготовке бакалавров по направлению 15.03.01 «Машиностроение» по профилю «Технология сварочного производства и инженерии поверхностей» учебным планом предусмотрено восемь дисциплин, в которых проводятся лабораторные работы. Это предполагает использование специального лабораторного оборудования.

Для снижения материальных затрат при подготовке бакалавров кафедра «СОМДиРП» проектирует силами студентов и преподавателей специальную регулируемую многофункциональную лабораторную стойку ЛС-1.

Лабораторная стойка – это сварная конструкция, которая выполнена из двух стальных труб с тремя опорами. Телескопическая стойка позволяет производить сварку во всех пространственных положениях: нижнем, вертикальном и потолочном. Кроме этого, при доработке специальными дополнительными узлами расширяются её возможности.

Для сборки и сварки лабораторной стойки ЛС-1 используется ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

В результате работы спроектирован технологический процесс сборки и сварки стойки. Для этого произведён выбор сварочного оборудования. Организован сварочный пост. Систематизированы материалы по расчёту параметров режимов сварки, который рекомендуется использоваться студентами.

В работе приведено подробное описание технологических операций при изготовлении стойки.

Более того, в выпускной квалификационной работе даны рекомендации по использованию лабораторной стойки для крепления контактной машины, для автоматической сварки сжатой дугой и свободной дугой неплавящимся электродом, для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, для механизированной сварки плавящимся электродом, для аргонодуговой сварки,

для проведения научно-исследовательских работ студентов и для сварки неповоротной трубы.

В разделе безопасность и экологичность технического объекта определены профессиональные риски и предложены методы и средства их снижения.

В разделе экономической эффективности предлагаемых технологических решений разработана калькуляция себестоимости многофункциональной лабораторной стойки ЛС-1.

Себестоимость изготовления стойки составляет 8726,8345 рублей.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть рекомендованы для внедрения в Приволжском федеральном округе.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Бесшовная горячекатаная труба 130x10 мм Ст 3 ГОСТ 8732-78 [Электронный ресурс]. URL: https://belgorod.pulscen.ru/products/besshovnaya_goryachekatanaya_truba_130kh10_mm_st_3_gost_8732_78_174570153
2. Болт 10x65 DIN 933 класс прочности 8,8 с полной резьбой [Электронный ресурс]. URL: <http://mtk-metizi.ru/catalogue/show/bolt-10h65-din-933-kl-proch-8-8-s-poln/>
3. Гайка с фланцем M10 DIN 6923, класс прочности 8, оцинкованная сталь [Электронный ресурс]. URL: https://krepcom.ru/catalog/gayki-razdel/gayka_m10_s_pressshayboy_DIN_6923__ots.htm
4. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 1 оптический диск.
5. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандарт, 1980. – 35 с.
6. ГОСТ 9466-75. Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. – М.: Стандарт, 1975. – 43 с.
7. Держатель электрода 300А Forsage F-3001300 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.specos.ru/product/derzhatel-elektroda-300a>
8. Ельцов, В.В. Технология сварки плавлением: электронное учебное пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2019. – 181 с.
9. ЗСД-02-03 стойка с зажимом [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zavod-vto.ru/zsd-02-03-stoyka-s-zazhimom.html>
10. Инвертор сварочный Форсаж-250М [Электронный ресурс]. URL: <http://www.svarvent.ru/catalog/032/element.php?ID=1863>

- 11.Иоффе И. С. Сварка порошковой проволокой: Учеб. пособие для сред. ПТУ. – М.: Высш. шк., 1986. – 95 с.
- 12.Климов, А.С. Машиностроение. Выполнение выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы): электронно-методическое пособие / А.С. Климов – Тольятти: ТГУ, 2022. – 61 с.
- 13.КПД-01-28 крепёжная плита [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zavod-vto.ru/kpd-01-28-krepezhnaya-plita.html>
- 14.Методическое указание по оформлению квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры. – Тольятти: ТГУ, 2020. – 39 с.
- 15.Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов (MIG/MAG), Юхин Н.А., – М: Соуэло, 2008. – 72 с.
- 16.Моторин, К.В. Методическое указание по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. / К.В. Моторин. – Тольятти: ТГУ, 2021. – 7 с.
- 17.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: 03.10.2022).
- 18.Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста : учеб.-метод. пособие / А.Г. Егоров [и др.]. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – с. : обл.
- 19.Ручная дуговая сварка металла [Электронный ресурс]. URL: <https://helpiks.org/7-50952.html>
- 20.Ручная дуговая сварка: учебник / В.Г. Лупачёв. – Мн.: Высш. шк., 2006. – 416 с.

21. 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.
22. ССД-11 стол сварочно-сборочный 3D с 5-ю рабочими поверхностями [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zavod-vto.ru/ssd-11-svarochno-sborochnyu-stol-3d-s-5-yu-rabochimi-poverhnostyami.html>
23. Стальной горячекатаный лист Ст3, 10 мм [Электронный ресурс]. URL: <https://metallurg-moskva.ru/catalog/prod/stal-listovaya-g-k-st3-10/>
24. Стальной горячекатаный лист Ст3, 7 мм [Электронный ресурс]. URL: <https://metallurg-moskva.ru/catalog/prod/list-g-k-40/>
25. Сущность способа сварки порошковой проволокой [Электронный ресурс]. URL: <https://pvrt.ru/pohodny/pohod-01.html>
26. Томас, К.И. Технология сварочного производства: учебное пособие / К.И. Томас, Д.П. Ильященко; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 247 с.
27. Труба бесшовная холоднокатаная 108x4 ст.3 ГОСТ 8734-75 конструкционная [Электронный ресурс]. URL: https://belgorod.pulscen.ru/products/truba_besshovnaya_kholodnokatanaya_108x4_st_3_gost_8734_75_konstruksionnaya_121854956
28. Ademilua, R. O., & Ajayi, T. O. Development of a Multifunctional Welding and Assembly Laboratory Stand for Engineering Students. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). – 2017. – Vol. 6 № 6. – P. 493-500
29. Amuda, S. S., Mohammed, M. S., & Adeniran, O. A. Development of a Multifunctional Welding and Assembly Laboratory Stand. Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13 № 1. – P. 50-59.
30. Ojo, T. A., & Ismaila, A. O. Design and Fabrication of a Multifunctional Welding and Assembly Laboratory Stand for Engineering Students.

International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2014. – Vol. 5 № 5. – P. 1783-1790.

31. Olawale, J. B., Olawale, A. S., & Bolaji, B. O. Design and Fabrication of a Multifunctional Welding and Assembly Laboratory Stand. International Journal of Engineering and Science Invention (IJESI). – 2017. – Vol. 6 № 2. – P. 29-34.
32. Olumuyiwa, J. A. O., Ademiluyi, O. A., & Raji, A. O. Design and Fabrication of a Multi-Functional Welding and Assembly Laboratory Stand. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 7 № 8. – P. 293-298.