

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

Институт ИНК
Направление подготовки 15.03.01
Кафедра ОТСП

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка компактных клещей для контактной точечной сварки

УДК 621.791.76:621.317.79

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Кузнецов М.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гордынец А.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С.	К.Т.Н., доц.		

Томск – 2016 г.

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

Институт ИНК
Направление подготовки 15.03.01
Кафедра ОТСП

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В21	Кузнецов Михаил Александрович

Тема работы:

Разработка компактных клещей для контактной точечной сварки
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Разработать и спроектировать конструкцию компактных клещей для контактной точечной сварки.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Обеспечение возможности проведения экспериментальных исследований процесса контактной точечной микросварки при высоких показателях стабильности параметров режима
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Чертеж общего вида ФЮРА 683213.001 ВО

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В.С.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	
-	
-	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Гордынец А.С.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В21	Кузнецов М.А.		

Abstract

Graduation thesis, 61 pages, 9 Figures, 21 tables, 5 sources.

Keywords: pincers for contact spot welding, welding, electrode, weld quality, electrode extension.

The object of the research is: development of the design of the compact pincers for contact spot welding.

Goal – to develop and design compact pincers for contact spot welding.

Design ticks carried out in the program KOMPAS 3D V16. Strength calculation of all the elements, experiencing different types of stress was carried out using empirical formulas. The research resulted in the pliers with the advantages of plants having a radial and rectilinear path of movement of the electrodes and the maximum deviation of electrode is 0.01 mm.

The characteristic features of developed mites are adaptability, ease of use, great flight and straight trajectory of the electrode.

Area of application: mechanical engineering, in auto repair shops.

Designed tongs are more cost-effective as a comparison of the values of integral indicators of effectiveness, we can conclude that the introduction of technology is more effective from a position of financial and resource efficiency.

In the future, the introduction of technology at the Department of welding equipment and technology fusion nondestructive testing institute TPU to support the conduct of experimental studies of the process of point bonding on high settings mode stability.

Оглавление

Введение.....	1
1.1 Состояние вопроса. Цель и задачи работы.....	9
2 Конструкторская часть	11
2.1 Прочностной расчет элементов клещей, обеспечивающих прямолинейную траекторию движения электрода.....	14
2.2. Прочностной расчет элементов привода сжатия	22
2.3 Анализ разработанной конструкции.	28
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	29
3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения разработки с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	29
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	29
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений.	30
3.1.3 SWOT – анализ	32
3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.	34
3.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	35
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.	35
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.	35
3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.	35
3.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).	40
3.3.5 Расчет материальных затрат НТИ.	40
3.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.	41
3.3.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	41
3.3.8. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).	43
3.3.9 Накладные расходы.....	44
3.3.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.	44
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	44
4 Социальная ответственность	47

4.1 Введение.....	47
4.2 Производственная безопасность.....	48
4.3 Экологическая безопасность	53
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	54
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	57
Вывод.....	60
Список используемых источников.....	61
Приложение А	62
Чертеж общего вида ФЮРА 683213.001 ВО	

ВВЕДЕНИЕ

Контактная сварка, благодаря высокому качеству сварных соединений и большой производительности, получила широкое распространение в различных отраслях промышленности, и в первую очередь в массовом производстве – автомобилестроении, сельхозмашиностроении, авиастроении, строительстве и на транспорте.

Контактная точечная сварка широко применяется при изготовлении деталей из листовых конструкций и при сварке арматуры железобетона. В связи с широкими возможностями точечной сварки и разнообразием конструкций свариваемых узлов и деталей машины для контактной точечной сварки имеют различное конструктивное оформление и широкий диапазон мощностей.

Для выполнения работ в различных отраслях народного хозяйства, промышленностью производятся стационарные, переносные и подвесные контактные машины для точечной сварки с прямолинейным и радиальным ходом электродов.

В домашних условиях и в небольших мастерских востребована сварка деталей, толщина которых не превышает 1 мм. Поэтому возможности промышленного оборудования избыточны, а их применение экономически не целесообразно.

Необходимо разработать такие компактные клещи для контактной точечной сварки, применение которых позволило бы решить ряд существующих проблем в данном сегменте промышленности.

При разработке компактных клещей необходимо проанализировать и учесть достоинства и недостатки существующих типов машин для контактной точечной сварки и создать наиболее рациональную конструкцию.

1. Обзор литературы

В настоящее время контактная сварка – основной способ контактной сварки в различных отраслях техники. Она отличается очень высокой степенью механизации, роботизации, автоматизации и, как следствие, высокой производительностью. Благодаря совершенствованию технологического процесса и модернизации оборудования, области ее использования непрерывно расширяются. По объему выпуска сварных изделий контактная сварка составляет около 50% в общем объеме всех способов сварки. Среди механизированных и автоматизированных способов сварки контактная сварка занимает первое место [2].

Точечная сварка – наиболее распространенный способ соединения, на ее долю приходится до 80% соединений, выполняемых контактными способами. Точечная сварка незаменима в автомобилестроении и вагоностроении, строительстве, радиоэлектронике. В современных летательных аппаратах насчитываются миллионы сварных точек. Толщина свариваемых деталей – от нескольких десятков микрон до 10 мм.

Контактной сваркой успешно соединяют все конструкционные, легированные, жаропрочные и коррозионностойкие стали, титановые, алюминиевые, магниевые сплавы, бронзы, латуни, а также тугоплавкие сплавы и композитные материалы.

В связи с широкими возможностями точечной сварки и разнообразием конструкций свариваемых узлов и деталей, машины для контактной точечной сварки имеют различное конструктивное оформление и широкий диапазон мощностей. Но для сварки тонколистовых деталей, используемой в небольших мастерских и индивидуальными потребителями, с толщинами деталей до 1 мм, выбор оборудования ограничен.

Машины для точечной сварки можно классифицировать по следующим признакам:

- по назначению: универсальные и специализированные;
- по способу установки: стационарные и подвижные;
- по виду импульса сварочного тока: переменного тока, низкочастотные, конденсаторные, постоянного тока и др.;
- по направлению движения электродов: с прямолинейным (чаще вертикальным) ходом и радиальным ходом;
- по способу подвода тока к месту сварки: со стороны двух деталей и со стороны одной детали;
- по числу одновременно свариваемых точек: однотоочечные, двухточечные, многоточечные.

Универсальные машины применяют для сварки деталей различной формы и размеров при значительном разнообразии толщины и металлов. Специализированные машины позволяют сваривать детали лишь определенного типа, близкие между собой по форме, размерам, толщине и металлу, или строго определенные детали. Такие машины часто применяют в массовом производстве в составе автоматических линий.

Стационарные машины для контактной точечной сварки средней и большой мощности имеют значительную массу (0,5—16 т), а детали перемещают во вторичном контуре машины. Подвижные и подвесные машины используют при сварке тонкостенных деталей сложной конфигурации или крупногабаритных, где целесообразно перемещать не деталь, а саму машину (клещи) относительно детали.

Источник питания (трансформатор и др.) либо выносят отдельно и закрепляют стационарно, либо встраивают в сами клещи. В первом случае источник питания соединяют с клещами длинным кабелем. Во втором — непосредственно с токопроводящими элементами клещей. В этом случае за счет уменьшения длины контур обладает минимальным общим сопротивлением. Потери электрической мощности снижаются.

Машины переменного тока имеют ограниченную мощность, но широко регулируемый по величине и форме импульс тока. Они позволяют модулировать ток, а также сваривать несколькими импульсами. Источники питания переменного тока широко применяются как в универсальных машинах, так и в специальных машинах для сварки преимущественно малогабаритных узлов из материалов и сплавов с относительно высоким удельным сопротивлением (стали, титановые сплавы) с использованием сварочных токов 5...70 кА.

Существенным недостатком источников питания переменного тока является их большое индуктивное и, соответственно, общее электрическое сопротивление $Z_{к.з} \geq 200 \dots 300$ мкОм, что приводит к малому коэффициенту мощности $\cos\varphi = 0,2 \dots 0,6$ контактной машины и низкой степени полезного использования мощности, потребляемой из сети ($\nu \leq 0,4$). Степень использования электроэнергии резко снижается при наличии ферромагнитных масс свариваемых деталей и приспособлений внутри внешнего контура или в непосредственной близости от его токоведущих элементов.

Низкочастотные источники питания имеют большую мощность и хорошую технологичную форму импульсов сварочного тока с плавным нарастанием и спадом, что особенно желательно при сварке легких сплавов. Относительно небольшая скорость нарастания тока, соответствующая частоте 1...10 Гц, приводит к резкому снижению индуктивного сопротивления сварочной цепи и повышению степени полезного использования мощности, потребляемой из сети, даже при сварке крупногабаритных узлов и наличии ферромагнитных масс во внешнем контуре машины.

Из всех видов низкочастотные источники питания имеют наименьшее внутреннее электрическое сопротивление вторичного контура, что обеспечивает наиболее крутопадающую нагрузочную характеристику и наибольшее проявление эффекта саморегулирования сварочного тока при колебании электрического сопротивления зоны сварки.

Недостатками этого источника питания являются большие габаритные размеры и масса сварочного трансформатора и ограничение времени сварки ($t_{св} > 0,6$ с).

Источники питания постоянного тока имеют большую мощность и наиболее универсальную форму импульса тока. Такие машины используют практически для всех групп металлов, но в особенности для сталей и сплавов, требующих мягких режимов сварки.

Постоянный ток мало изменяется при внесении во внешний контур машины массивных ферромагнитных деталей и приспособлений. Использование постоянного тока позволяет резко снизить индуктивные сопротивления сварочной цепи и в 2-3 раза по отношению к источникам переменного тока понизить потребляемую из сети мощность при сварке одних и тех же деталей. Источник постоянного тока имеет крутопадающую нагрузочную характеристику и обеспечивает эффект саморегулирования сварочного тока при колебаниях сопротивления зоны сварки.

Недостатками источников питания постоянного тока являются необходимость использования дорогих мощных низковольтных диодов и значительное падение напряжения на выпрямительном блоке, составляющее до половины напряжения холостого хода сварочного трансформатора.

Конденсаторные источники питания имеют различную мощность и весьма жесткий импульс тока.

Одним из существенных недостатков конденсаторного источника питания является крутой фронт нарастания тока, что в сочетании с большим и нестабильным начальным сопротивлением свариваемых деталей приводит к выплескам. Это вызывает необходимость предусматривать в конденсаторных машинах для сварки деталей малых толщин (менее 0,5 мм) начальную стадию сварочного тока, обеспечивающую подогрев зоны соединения с целью стабилизации контактного сопротивления между свариваемыми деталями.

Конденсаторные источники питания решают две задачи. В приборостроительной промышленности – это технологическая задача получения

импульсов сварочного тока 1...5 кА, длительностью 1...10 мс со стабильным вложением энергии при каждой сварке. Последнее обеспечивается стабилизацией энергии, накапливаемой в батарее конденсаторов определенной емкости при ее зарядке напряжением с точностью до $\pm 1,5\%$.

В машиностроении решается другая задача – энергетическая, связанная со снижением мощности, потребляемой из сети, в первую очередь при точечной сварке крупногабаритных узлов из алюминиевых сплавов. Например, при вылете 1,5 м машина с конденсаторным источником питания сваривает детали из алюминиевых сплавов толщиной 2,5+2,5 мм при потребляемой мощности 75 кВ·А. Низкочастотная машина при этих условиях потребляет мощность 300 кВ·А, а машина переменного тока – 1500 кВ·А.

Точечные машины для контактной сварки с прямолинейным ходом электрода получили наибольшее распространение в машиностроении. Машины этого типа отличаются простотой конструкции, высокой производительностью, относительно низкой стоимостью и выпускаются на сварочные токи 5...40 кА. Они позволяют сваривать листовые конструкции из низкоуглеродистой стали толщиной 0,5...10 мм.

В контактных точечных машинах с прямолинейным ходом электрода (прессового типа) исключается проскальзывание электрода. Но из-за пневмоцилиндра, расположенного непосредственно над держателем электрода, отсутствует возможность регулировки вылета электродов и имеется небольшой разлет электродов.

В машинах для точечной сварки с радиальным ходом верхний электрод закреплен на качающемся токопроводе с приводом, расположенном внутри корпуса. Такая компоновка позволяет освободить пространство над верхним электродом для размещения деталей свариваемых изделий сложной конструкции. Эти машины контактной сварки находят широкое применение.

По своей конструкции машины контактной сварки с радиальным ходом верхнего электрода просты, экономичны в изготовлении, менее металлоемки. Их

масса на 25-30 % меньше массы аналогичных машин контактной сварки с прямолинейным ходом верхнего электрода.

Сварочный ток подводится обычно с обеих сторон деталей. Это позволяет соединять детали в широком диапазоне толщины, металла, формы и размеров. За один цикл получается одна точка. По такой схеме работает подавляющее большинство универсальных точечных машин.

Одностороннюю двухточечную сварку применяют в тех случаях, когда не возможен или ограничен двусторонний подход электродов к месту сварки.

Многоточечные машины часто применяют в массовом производстве. Эти машины резко повышают производительность при изготовлении определенных либо однотипных деталей. В таких машинах бывает двухсторонний и односторонний подвод тока.

Электроды для точечной сварки бывают прямые, фигурные и специальные. Конструктивное оформление электродов определяется металлом, формой и толщиной деталей, а также доступом к месту сварки.

Прямые электроды получили наибольшее применение для конструкций с хорошим доступом к месту сварки из-за того, что они более простые технологичные и жесткие. Рабочая часть электродов может быть плоской или полусферической. Электроды со сферической поверхностью имеют лучшие технологические характеристики: обеспечивают большую стойкость, хорошие условия отвода теплоты от деталей, уменьшенную склонность к образованию наружных выплесков и менее чувствительны к перекосам при установке, чем электроды с плоской поверхностью. Поэтому электроды со сферической поверхностью рекомендуется применять в машинах радиального типа и клещах. Данные электроды применяются при сварке легких сплавов, так как плоская поверхность в этом случае формирует вмятины и подрезы на поверхности точек.

Электроды с плоской поверхностью рабочей поверхности используют главным образом для сварки металлов с повышенным сопротивлением деформации (сталей, жаропрочных сплавов). При сварке электродами с плоской

рабочей поверхностью колебания наибольшего усилия сжатия меньше влияют на диаметр ядра, чем со сферической.

Для сварного соединения деталей сложной формы применяются электроды сапожковые – со смещенной рабочей частью. Данные электроды ограничивают сварочное и, в особенности, ковочное усилие. Это снижает стойкость рабочей поверхности. Сапожковые электроды нашли большое распространение для сварки тонколистовых стальных конструкций, никелевых и титановых сплавов.

Посадочные части электродов (места, соединяемые с электрододержателем) должны обеспечивать надежную передачу электрического импульса и усилие прижима. Часто они выполняются в виде конуса, хотя существуют и другие виды соединений - по цилиндрической поверхности или резьбе.

Очень важное значение имеет материал электродов, определяющий их электрическое сопротивление, теплопроводность, термостойкость и механическую прочность при высоких температурах. В процессе работы электроды нагреваются до больших температур. Термоциклический режим работы, совместно с механической переменной нагрузкой, вызывает повышенный износ рабочих частей электродов, результатом чего становится ухудшение качества соединений. Чтобы электроды были в состоянии противостоять тяжелым условиям работы, их делают из специальных медных сплавов, обладающих жаропрочностью и высокой электро- и теплопроводностью. Чистая медь также способна работать в качестве электродов, однако она обладает низкой стойкостью и требует частых переточек рабочей части.

1.1 Состояние вопроса. Цель и задачи работы

Для работ в специализированных авторемонтных мастерских и в промышленных масштабах на различных машиностроительных производствах

применяют стационарные, переносные и подвесные контактные машины для точечной сварки с прямолинейным и радиальным ходом электродов.

Стационарные машины для контактной точечной сварки характеризуются большими габаритными размерами, в следствие чего сварка в труднодоступных местах затруднена.

Подвесные клещи обладают возможностями схожими с стационарными машинами, в следствие чего имеют большой вес и габаритные размеры. Для манипулирования ими необходимо использовать балансирный механизм. Средняя цена на клещи с балансирным оборудованием колеблется в пределах 300...800 тыс. руб.

В домашних условиях и в небольших мастерских, толщина свариваемых деталей обычно не превышает 1 мм. Поэтому возможности промышленного оборудования избыточны, а их применение экономически не целесообразно.

Промышленностью выпускаются переносные клещи, используемые для сварки в бытовых условиях, но их конструкции обладают рядом недостатков, таких как: радиальный ход, небольшой вылет электродов, малое усилие сжатия.

Для контактной сварки в домашних условиях экономически более целесообразно применять клещи с ручным приводом, потому что не требуется дополнительного оборудования. При этом в клещах с ручным приводом в подавляющем большинстве случаев используется радиальный ход электрода.

Преимуществом такого решения является простота конструкции и как следствие низкая себестоимость. Однако при этом возрастает вероятность появления выплесков при сварке, возникающих за счет углового смещения верхнего электрода относительно вертикальной оси (рисунок 1).

Этот недостаток отсутствует у клещей с прямолинейным ходом электродов, но при этом значительно усложняется их конструкция.

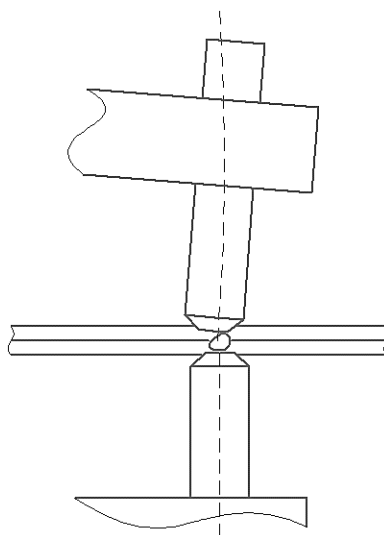


Рисунок 1 – Формирование литого ядра при радиальной траектории движения верхнего электрода.

Целью данной работы является разработка конструкции клещей для контактной точечной сварки, применяемой для бытовых целей и свободной от недостатков существующих конструкций.

Основная задача данной работы состоит в том, чтобы разработать сварочные клещи, развивающие высокие значения усилия сжатия деталей, при этом их вес не должен превышать максимально допустимую массу для ручного инструмента 10 кг.

На основе анализа режимов контактной точечной сварки были сформулированы технические требования к сварочным клещам, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические требования к проектируемым клещам

Параметр	Значение
Привод сжатия электродов	ручной
Свариваемые толщины, мм (не более)	1,0
Траектория движения электродов	прямолинейная
Усилие сжатия электродов, Н (не более)	1500
Длина нижнего хобота, мм	300
Ход электрода, мм	15
Масса клещей, кг (не более)	10

2. Конструкторская часть

Проанализировав достоинства и недостатки конструкций клещей, применяемых при ручном приводе сжатия, был выбран механизм с радиальным ходом электрода, показанный на рисунке 2.

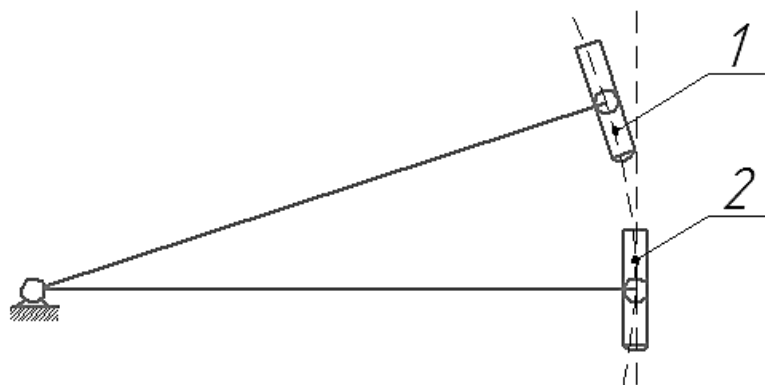


Рисунок 2 – Кинематическая схема радиального хода.

1 – начальное положение; 2 – конечное положение.

Для того чтобы не возникало углового смещения верхнего электрода относительно вертикальной оси в момент сжатия, применим сдвоенный подвижный рычаг, показанный на рисунке 3.

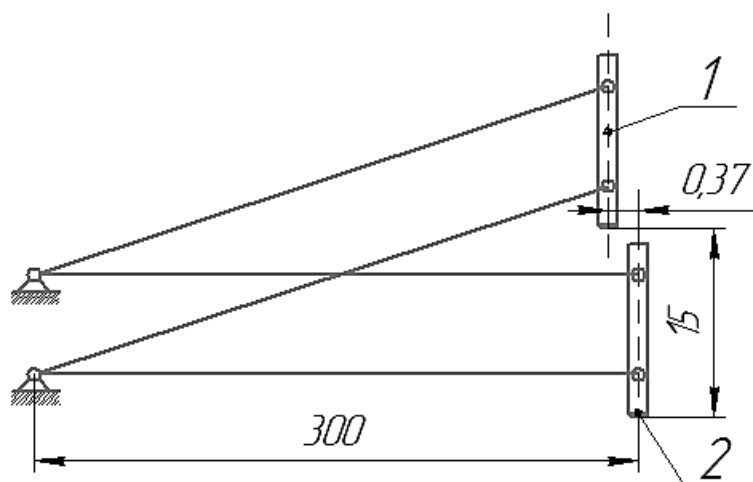


Рисунок 3 - Кинематическая схема сдвоенного подвижного рычага радиальных контактных клещей. 1 – начальное положение; 2 – конечное положение.

Недостатком данной схемы является смещение оси верхнего электрода относительно оси нижнего электрода, что приводит к смещению литого ядра.

При вылете электродов, равном 300 мм, смещение осей электродов для свободного хода равного 15 мм, составляет 0,37 мм.

Проанализировав конструкцию, использующую сдвоенный подвижный рычаг, была предложена конструкция с применением эксцентрикового механизма, компенсирующего смещение оси верхнего электрода относительно оси нижнего электрода, и полностью исключающего смещение и поворот его рабочей поверхности в процессе сжатия клещей. Кинематическая схема эксцентрикового механизма показана на рисунке 4.

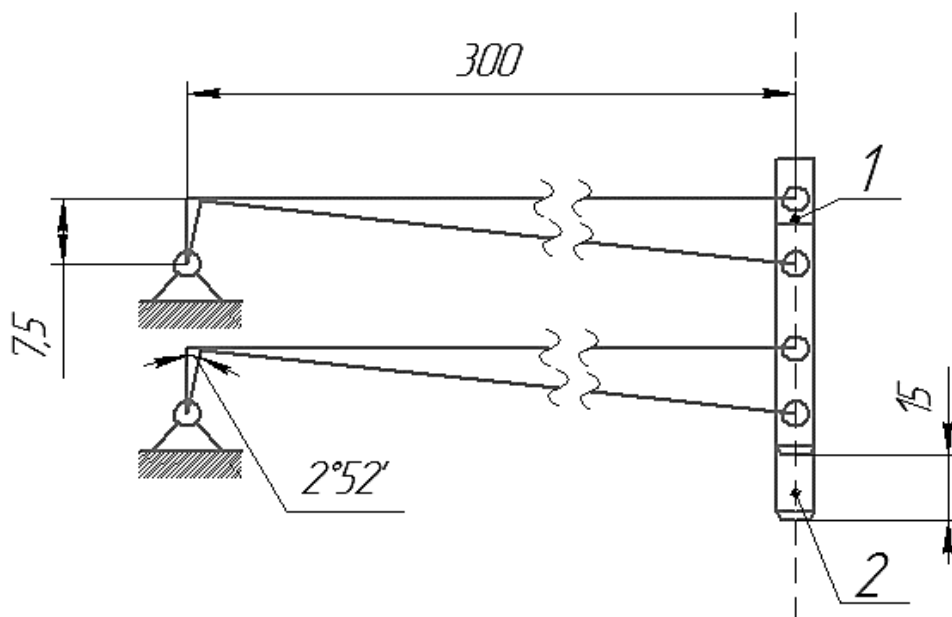


Рисунок 4 – Кинематическая схема эксцентрикового механизма, соединенного со сдвоенным подвижным рычагом. 1 - начальное положение электрода; 2 - конечное положение электрода.

Размеры эксцентриков были определены путем вычерчивания радиусной траектории движения верхнего рычага и прямолинейной траектории движения электрода при совершении ими рабочего хода и прочерчиванием кратчайших расстояний, проведенных под прямыми углами от крайних положений рычага до точки их пересечения, являющейся осью вращения вала. Построение траекторий движения подвижных частей компактных клещей и их проектирование производилась с помощью программы Компас 3D V16.

Эксцентрики устанавливаются в корпусе установки и скрепляются с подвижными кронштейнами. Верхний держатель электрода соединяется с

подвижными кронштейнами, а для фиксации электрода используется специальная прорезь в электрододержателе и затяжной болт. Нижний электрод фиксируется в хоботе по тому же принципу. Нижний хобот изолируется от остальной части установки с помощью капролоновых пластин. Пластины крепятся к корпусу с помощью четырех болтов.

Для создания нормируемого усилия сжатия электродов, необходимого для сварки сталей с толщинами до 1 мм (100-150 кг), необходимо разработать систему рычагов, с нормирующим механизмом.

Применим систему рычагов, кинематическая схема которой показана на рисунке 5.

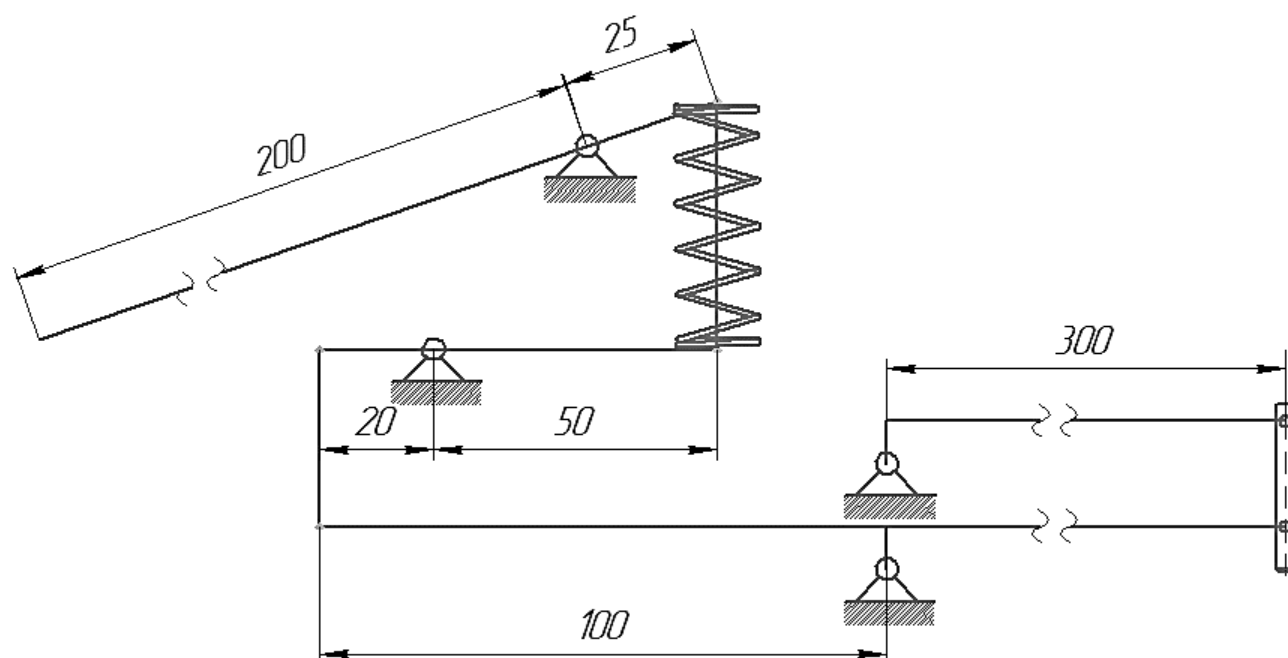


Рисунок 5 – Кинематическая схема системы рычагов.

Усилие сжатия электродов равно 150 кг, создается при сжатии подвижного курка к неподвижной рукоятке с усилием 22,5 кг. Схематичное изображение системы рычагов, создающих необходимое усилие сжатия показано на рисунке 6.

$$M = 1500 \cdot \frac{300}{2} = 225000 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

где F – сила прижатия электродов, H ;

l – длина рычага, мм.

Определим осевой момент сопротивления для квадратного сечения:

$$W = \frac{d^3}{6}, \quad (2.1.3)$$

где d – толщина верхнего рычага, принимаем $d=14$ мм.

$$W = \frac{14^3}{6} = 462,5 \text{ мм}^3.$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности:

$$\sigma = \frac{225000}{462,5} = 486,5 \text{ МПа},$$

$$486,5 \text{ МПа} \leq 490 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется.

Проверка верхних рычагов на жесткость при изгибе:

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{M \cdot l^2}{E \cdot I_z}, \quad (2.1.4)$$

где I_z – осевой момент инерции, мм⁴;

E – модуль упругости, для стали 65Г $E = 2,15 \cdot 10^{11}$ Па.

Определим осевой момент инерции для квадратного сечения:

$$I_z = \frac{d^4}{12}, \quad (2.1.5)$$

$$I_z = \frac{14^4}{12} = 3201 \text{ мм}^4.$$

Подставим в формулу для расчета жесткости полученные значения:

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{225000 \cdot 300^2}{2,15 \cdot 10^{11} \cdot 3201} = 0,000003 \text{ мм}.$$

Условие жесткости выполняется.

Для соединения подвижных кронштейнов с верхним держателем электрода используем штифты 4×24 ГОСТ 3128-70.

Выполним расчет штифтов на срез:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{A_{\text{ср}}} \leq [\tau_{\text{ср}}], \quad (2.1.6)$$

где $\tau_{\text{ср}}$ – предел прочности при срезе, МПа;

$[\tau_{\text{ср}}]$ – допустимый предел прочности при срезе, для стали 45 $[\tau_{\text{ср}}] = 80 \text{ МПа}$;

$A_{\text{ср}}$ – площадь поперечного сечения штифта, мм². Так как штифт диаметром 4 мм испытывает напряжение среза по двум плоскостям, то:

$$A_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{2}, \quad (2.1.7)$$

где d_1 – диаметр штифта, мм;

$$A_{\text{ср}} = \frac{3,14 \cdot 16}{2} = 25,12 \text{ мм}^2,$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета штифтов на срез:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{750}{25,12} = 29,85 \leq 80 \text{ МПа}.$$

Выполним проверку прочности штифта на смятие:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{A_{\text{см}}} \leq [\sigma_{\text{см}}], \quad (2.1.8)$$

где $\sigma_{\text{см}}$ – напряжение смятия, МПа;

$[\sigma_{\text{см}}]$ – допустимый предел прочности при смятии, $[\sigma_{\text{см}}] = 240 \text{ МПа}$;

$A_{\text{см}}$ – площадь поперечного сечения штифта по двум плоскостям, мм².

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot (b_{\text{ш}} \cdot d_1), \quad (2.1.9)$$

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot (5 \cdot 4) = 40 \text{ мм}^2,$$

где $b_{ш}$ – толщина крепления под штифты, мм;

$$\sigma_{см} = \frac{1500}{40} = 37,5 \leq 240 \text{ МПа.}$$

Для эксцентриков принимаем сталь 45. При сжатии электродов в эксцентриках возникают напряжения смятия и среза.

Выполним расчет эксцентриков на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{F}{A_{ср}} \leq [\tau_{ср}],$$

где $\tau_{ср}$ – предел прочности при срезе, МПа;

$[\tau_{ср}]$ – допустимый предел прочности при срезе, для стали 45 $[\tau_{ср}] = 80 \text{ МПа}$;

$A_{ср}$ – площадь поперечного сечения эксцентрика, мм².

Так как эксцентрики диаметром 15 мм испытывают напряжение среза по двум плоскостям, то:

$$A_{ср} = \frac{\pi \cdot d_2^2}{2},$$

где d_2 – диаметр эксцентрика, мм;

$$A_{ср} = \frac{3,14 \cdot 225}{2} = 353,25 \text{ мм}^2,$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета эксцентриков на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{750}{353,25} = 2,12 \leq 80 \text{ МПа.}$$

Выполним проверку прочности эксцентриков на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{A_{см}} \leq [\sigma_{см}],$$

где $\sigma_{см}$ – напряжение смятия, МПа;

$[\sigma_{см}]$ – допустимый предел прочности при смятии, $[\sigma_{см}] = 240 \text{ МПа}$;

$A_{см}$ – площадь поперечного сечения эксцентрика по двум плоскостям, мм².

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot (b_2 \cdot d_2),$$

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot (10 \cdot 15) = 300 \text{ мм}^2,$$

где b_2 – толщина крепления под эксцентрики, мм. Принимаем $b_2 = 10$ мм.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{750}{300} = 2,5 \leq 240 \text{ МПа}.$$

Для соединения эксцентриков с кронштейнами подходят винты М5 из стали 08Х18Н10, подобранные по ГОСТ 1759.4-87 и работающие при нагрузках до 270 кг.

Верхний держатель электрода выполним из бронзы БрХ.

Проведем расчет электрододержателя на смятие:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{A_{\text{см}}} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

Определим площадь поперечного сечения электрододержателя:

$$A_{\text{см}} = 2t \cdot (b - n \cdot D_1) \quad (2.1.10)$$

где t – толщина крепления под штифты, мм;

b – высота электрододержателя, мм;

n – число отверстий;

D_1 – отверстие под штифт, мм;

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot 5 \cdot (38 - 2 \cdot 4) = 300 \text{ мм}^2,$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{1500}{300} = 5 \leq 120 \text{ МПа}.$$

Принимаем бронзовые электроды диаметром 8 мм, с плоской контактной поверхностью. Для поджатия верхнего и нижнего электродов используем винты М5×0,5×18 из стали 08Х18Н10 по ГОСТ 1759.4-87.

Для нижнего хобота принимаем бронзу БрХ и круглое сечение.

Выполним расчет нижнего хобота на прочность при изгибе:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{\text{изг}}],$$

где $[\sigma_{\text{изг}}]$ – предел прочности при изгибе для бронзы БрХ, $[\sigma_{\text{изг}}] = 240 \text{ МПа}$.

Определим изгибающий момент, действующий на хобот:

$$M = F \cdot l, \quad (2.1.11)$$

$$M = 1500 \cdot 300 = 300000 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Определим осевой момент сопротивления для круглого сечения:

$$W = \frac{\pi \cdot d_3^3}{32}, \quad (2.1.12)$$

где d_3 – диаметр хобота, принимаем $d=24 \text{ мм}$.

$$W = \frac{3,14 \cdot 24^3}{32} = 1356,5 \text{ мм}^3.$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности:

$$\sigma = \frac{300000}{1356,5} = 221,1 \leq 240 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется.

Проверка нижнего хобота на жесткость при изгибе:

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{M \cdot l^2}{E \cdot I_z},$$

где I_z – осевой момент инерции, мм^4 ;

E – модуль упругости, для бронзы БрХ $E = 1,15 \cdot 10^{11} \text{ Па}$.

Определим осевой момент инерции для круглого сечения хобота:

$$I_z = \frac{\pi \cdot d_3^4}{64}, \quad (2.1.13)$$

$$I_z = \frac{3,14 \cdot 24^4}{64} = 16277,8 \text{ мм}^4.$$

Подставим в формулу для расчета жесткости полученные значения:

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{300000 \cdot 300^2}{1,15 \cdot 10^{11} \cdot 16277,8} = 0,000002 \text{ мм.}$$

Условие жесткости выполняется.

Нижний хобот изолируется от корпуса с помощью капролоновых пластин. Толщина одной пластины изолятора 2,5 см, хобот зажимается между ними, и крепится к корпусу с помощью четырех болтов.

Прочностной расчет проведем для нижней пластины, испытывающей наибольшие нагрузки.

Выполним расчет капролоновой пластины, на прочность при изгибе:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma],$$

где $[\sigma_{\text{изг}}]$ – предел прочности при изгибе для капролона, $[\sigma_{\text{изг}}] = 80 \text{ МПа}$.

Определим изгибающий момент, действующий на пластину:

$$M = F \cdot l,$$

$$M = 1500 \cdot 35 = 52500 \text{ Н·мм.}$$

Определим осевой момент сопротивления капролоновой пластины:

$$W = \frac{b_{\text{п}} \cdot h^2}{6} - \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \quad (2.1.14)$$

где $b_{\text{п}}$ – ширина пластины, принимаем $b=60 \text{ мм}$.

h – высота пластины, принимаем $h=25 \text{ мм}$.

$$W = \frac{60 \cdot 25^2}{6} - \frac{3,14 \cdot 24^3}{32} = 4893,5 \text{ мм}^3.$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности:

$$\sigma = \frac{52500}{4893,5} = 10,7 \leq 80 \text{ МПа.}$$

Условие прочности выполняется.

Проверка капролоновой пластины на жесткость при изгибе:

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{M \cdot l^2}{E \cdot I_z},$$

где I_z – осевой момент инерции, мм⁴;

E – модуль упругости, для капролона $E = 2,3 \cdot 10^9$ Па.

Определим осевой момент инерции для капролоновой пластины:

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{\pi \cdot d^4}{2 \cdot 64}, \quad (2.1.15)$$

$$I_z = \frac{60 \cdot 25^3}{12} - \frac{3,14 \cdot 24^4}{2 \cdot 64} = 69986 \text{ мм}^4.$$

Подставим в формулу для расчета жесткости полученные значения:

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{52500 \cdot 35^2}{2,3 \cdot 10^9 \cdot 69986} = 0,00000004 \text{ мм}.$$

Условие жесткости выполняется.

Для скрепления диэлектрических пластин с корпусом и фиксации хобота подходят болты М6×70 из нержавеющей стали 08Х18Н10, подобранные по ГОСТ 1759.4-87 и работающие при нагрузках до 270 кг.

После проведения прочностных расчетов и определения всех сечений деталей, несущих различные виды нагружений, а также назначения сечений, толщин и материалов всех деталей, часть контактных клещей, обеспечивающая прямолинейную траекторию движения электрода будет иметь следующий вид:

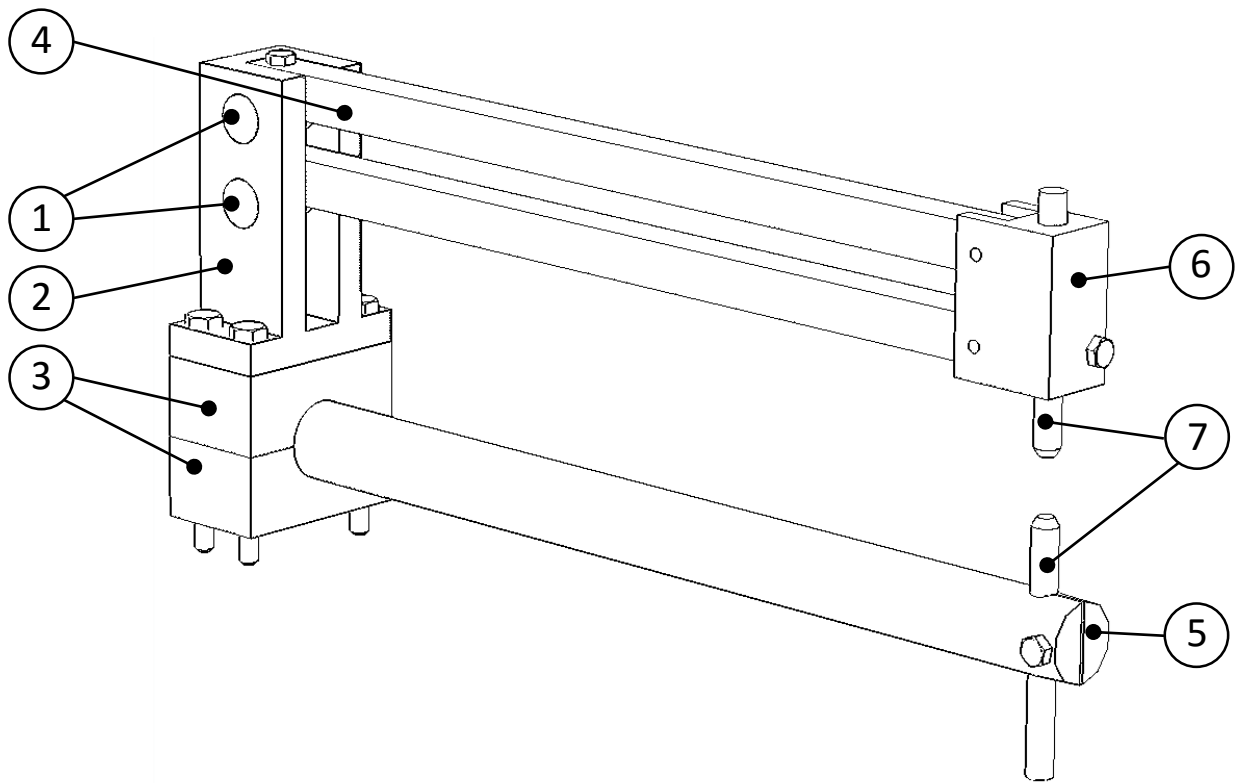


Рисунок 7 – Элементы контактных клещей, обеспечивающие прямолинейный ход электродов. 1 – эксцентрик; 2 – корпус; 3 – диэлектрик; 4 – сдвоенные подвижные рычаги; 5 – нижний хобот; 6 – электрододержатель; 7 – электрод.

2.2 Прочностной расчет элементов привода сжатия.

Для соединения подвижных рычагов между собой используем штифты 6×28 ГОСТ 3128-70.

Выполним расчет штифтов на срез:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{A_{\text{ср}}} \leq [\tau_{\text{ср}}],$$

где $\tau_{\text{ср}}$ – предел прочности при срезе;

$[\tau_{\text{ср}}]$ – допустимый предел прочности при срезе, для стали 45 $[\tau_{\text{ср}}] = 80 \text{ МПа}$;

$A_{\text{ср}}$ – площадь поперечного сечения штифта. Так как штифт диаметром 6 мм испытывает напряжение среза по двум плоскостям, то:

$$A_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{д}}^2}{2},$$

$$A_{\text{ср}} = \frac{3,14 \cdot 36}{2} = 56,5 \text{ мм}^2.$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности на срез:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4500}{56,5} = 79,6 \leq 80 \text{ МПа}.$$

Выполним проверку прочности штифта на смятие:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{A_{\text{см}}} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где $\sigma_{\text{см}}$ – напряжение смятия, МПа;

$[\sigma_{\text{см}}]$ – допустимый предел прочности при смятии, для ст45 $[\sigma_{\text{см}}] = 240 \text{ МПа}$;

$A_{\text{см}}$ – площадь поперечного сечения штифта по двум плоскостям, мм².

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot (b \cdot d_4),$$

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot (7 \cdot 6) = 84 \text{ мм}^2.$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности на смятие:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4500}{84} = 53,6 \leq 240 \text{ МПа}.$$

Для нормирования усилия сжатия между верхним и нижним рычагами установим нормирующую пружину, работающую при нагрузке 180 кг.

Пружину подбираем по стандарту ISO 10243. А для регулировки усилия сжатия установим регулировочный болт М6 из стали 65Г. Для соединения рычага с регулировочным болтом используем штифт 6×14 ГОСТ 3128-70.

Выполним расчет проушины регулировочного болта на растяжение:

$$\sigma_{\rho} = \frac{F}{A} \leq [\sigma]_{\rho}, \quad (2.2.16)$$

где σ_{ρ} – напряжение, возникающее при растяжении, МПа;

$A_{\text{см}}$ – площадь поперечного сечения штифта по двум плоскостям, мм².

$$A = (D_1 - D_2) \cdot b, \quad (2.2.17)$$

где D_1 – диаметр отверстия под штифт, мм;

D_2 – наружный диаметр проушины, мм;

$$A = (16 - 6) \cdot 4,5 = 45 \text{ мм}^2,$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности на растяжение:

$$\sigma_\rho = \frac{9000}{45} = 200 \leq 350 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется.

Рычаг и перемычки, передающие усилие от регулировочного болта к подвижному кронштейну, изготовим из стали 65Г, того же сечения, что и в кронштейне.

Подвижный курок соединен с пружиной через прижимную крышку с помощью двух штифтов 4×14 ГОСТ 3128-70.

Выполним расчет штифтов на срез:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F}{A_{\text{ср}}} \leq [\tau_{\text{ср}}],$$

где $\tau_{\text{ср}}$ – предел прочности при срезе;

$[\tau_{\text{ср}}]$ – допустимый предел прочности при срезе, для стали 45 $[\tau_{\text{ср}}] = 80 \text{ МПа}$;

$A_{\text{ср}}$ – площадь поперечного сечения штифта. Так как для соединения прижимной крышки и курка используется два штифта 4×14 ГОСТ 3128-70, то:

$$A_{\text{ср}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{д}}^2}{2},$$

$$A_{\text{ср}} = \frac{3,14 \cdot 16}{2} = 25,12 \text{ мм}^2.$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности на срез:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{1800}{25,12} = 71,7 \leq 80 \text{ МПа}.$$

Выполним проверку прочности штифтов на смятие:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{A_{\text{см}}} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где $\sigma_{\text{см}}$ – напряжение смятия, МПа;

$[\sigma_{\text{см}}]$ – допустимый предел прочности при смятии, для ст45 $[\sigma_{\text{см}}] = 240$ МПа;

$A_{\text{см}}$ – площадь поперечного сечения для двух штифтов, мм².

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot (b \cdot d_4),$$

$$A_{\text{см}} = 2 \cdot (7 \cdot 4) = 80,3 \text{ мм}^2,$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности на смятие:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4500}{80,3} = 56 \leq 240 \text{ МПа}.$$

Условия прочности выполняются.

Выполним расчет курка на прочность при изгибе:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{\text{изг}}],$$

где M – изгибающий момент, действующий на курок, Н·мм;

W – осевой момент сопротивления, мм³.

$[\sigma_{\text{изг}}]$ – предел прочности, для стали 65Г $[\sigma_{\text{изг}}] = 490$ МПа.

Определим изгибающий момент курка:

$$M = F \cdot l,$$

$$M = 1800 \cdot 20 = 36000 \text{ Н·мм},$$

где F – сила прижатия электродов, Н;

l – длина подвижного курка, мм.

Определим осевой момент сопротивления для прямоугольного сечения:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6},$$

где b – толщина курка, принимаем $b = 6$ мм.

h - ширина курка, принимаем $b=14$ мм.

$$W = \frac{14 \cdot 6^2}{6} = 84 \text{ мм}^3.$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности:

$$\sigma = \frac{36000}{84} = 429 \leq 490 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполняется.

Курок с неподвижной рукоятью соединен с помощью штифта 4×35 ГОСТ 3128-70.

Выполним расчет неподвижной рукоятки на прочность при изгибе:

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{\text{изг}}],$$

где M – изгибающий момент, действующий на курок, $H \cdot \text{мм}$;

W – осевой момент сопротивления, мм^3 .

$[\sigma_{\text{изг}}]$ – предел прочности, для стали 65Г $[\sigma_{\text{изг}}] = 490 \text{ МПа}$.

Определим изгибающий момент рукоятки:

$$M = F \cdot l,$$

$$M = 1800 \cdot 20 = 36000 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

где F – сила прижатия электродов, H ;

l – длина подвижного курка, мм.

Определим осевой момент сопротивления для прямоугольного сечения:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6},$$

где b – толщина рукоятки, принимаем $b=4$ мм.

h - ширина рукоятки, принимаем $b=34$ мм.

$$W = \frac{34 \cdot 4^2}{6} = 35,4 \text{ мм}^3.$$

Подставим полученные значения в формулу для расчета прочности:

$$\sigma = \frac{36000}{35,4} = 397 \leq 490 \text{ МПа.}$$

Условие прочности выполняется.

Для скрепления неподвижной рукояти с корпусом установим болты М6×50 из нержавеющей стали 08Х18Н10, подобранные по ГОСТ 1759.4-87 и работающие при нагрузках до 270 кг.

После проведения прочностных расчетов элементов привода сжатия установка будет иметь следующий вид:

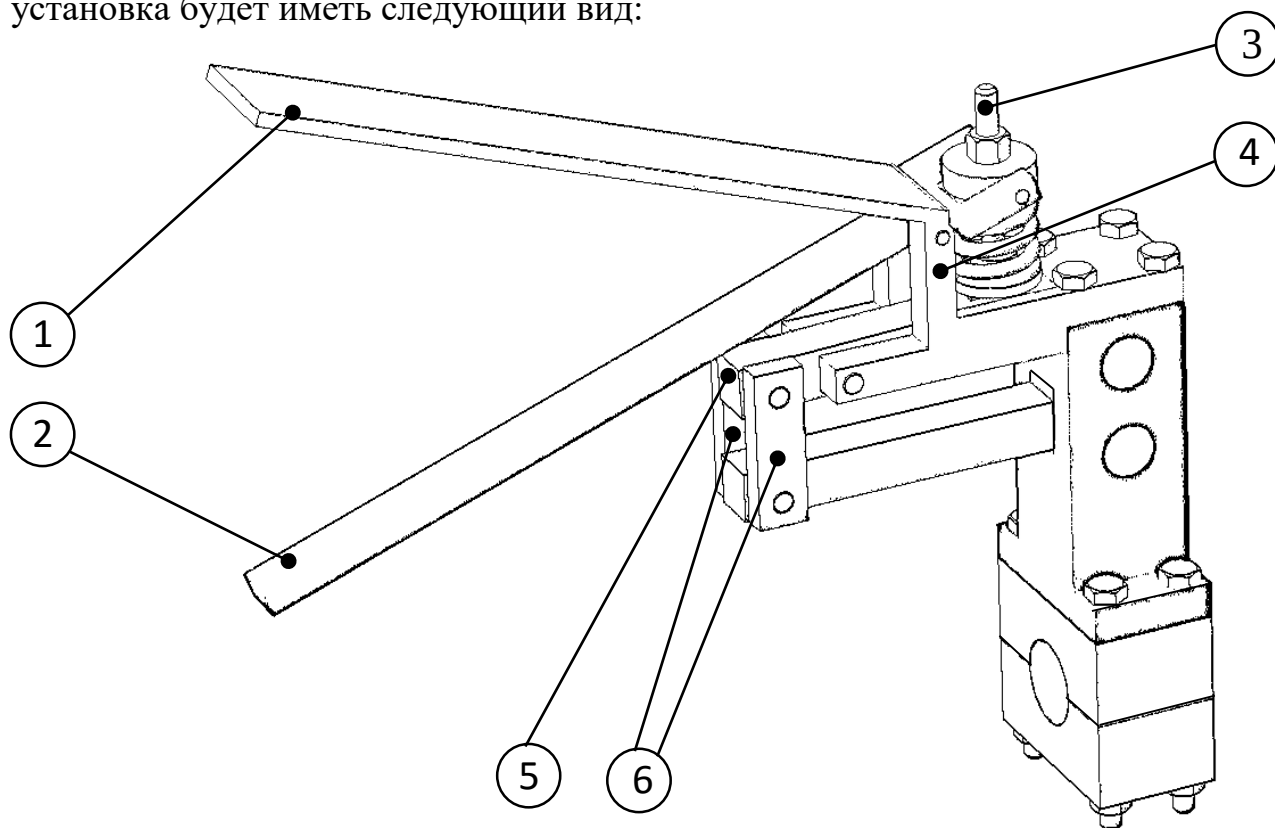


Рисунок 8 – Элементы привода сжатия контактных клещей.

1 – неподвижная рукоять с корпусом; 2 – курок; 3 – регулировочный болт; 4 – пружина, нормирующая усилие сжатия; 5 – рычаг; 6 – переключки;

2.3 Анализ конструкции разработанных клещей.

В общем виде разработанные и спроектированные компактные клещи для контактной точечной сварки изображены на рисунке 9.

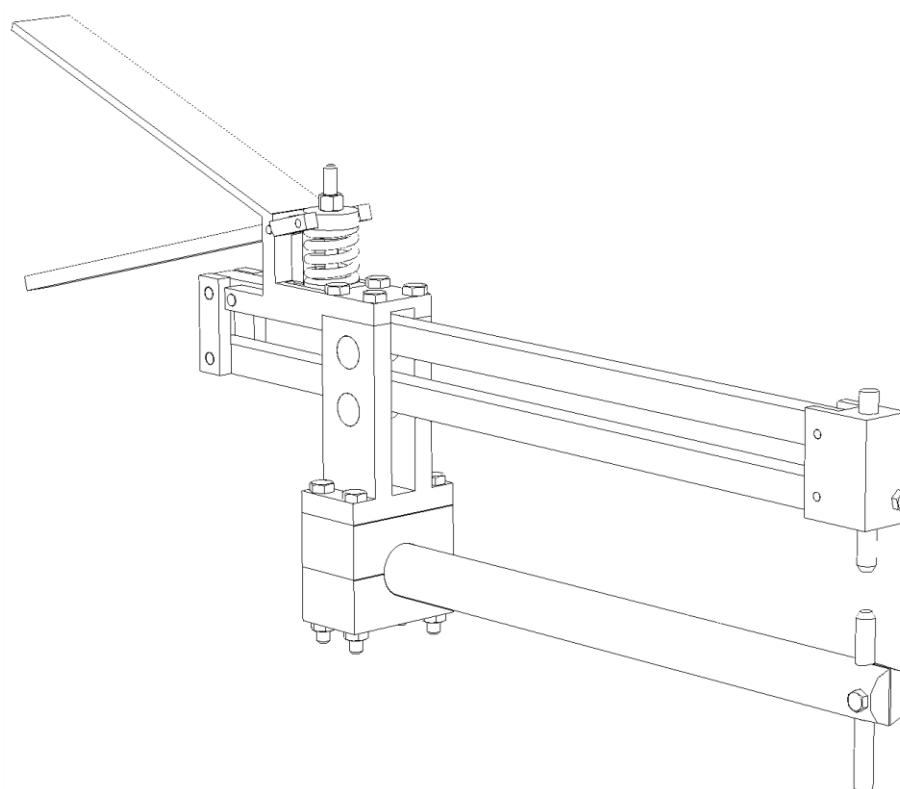


Рисунок 9 – Клещи для контактной точечной сварки в сборе.

Разработанные клещи обладают небольшим весом, не превышающим 10 кг, прямолинейной траекторией движения электрода, большим вылетом электродов и технологичностью при изготовлении, что дает им ряд преимуществ по сравнению с существующими клещами для контактной точечной сварки, применяемыми в домашних условиях и небольших мастерских.

Большой вылет электродов и компактность установки наряду с маленьким весом, позволяют вести сварку в труднодоступных местах, где применение контактной сварки ограничено.

Благодаря прямолинейной траектории движения электродов, качество сварных точек возрастает.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения разработки с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка компактных клещей для контактной точечной сварки» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники кафедры ОиТСП ИНК ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут небольшие мастерские и индивидуальные потребители, применяющие контактную сварку в домашних условиях.

Основная задача данной работы состоит в том, чтобы предложить сварочные клещи, используемые в переносных контактных машинах, адаптированные для выдерживания высоких сжимающих напряжений держателей электродов с целью их эффективного использования для выполнения контактной сварки, при этом конструкция клещей должна иметь малый вес и компактные размеры для того, чтобы не ограничивать их перемещения для сварки в труднодоступных местах.

Таблица 2 - Сегментирование рынка

Применение индивидуальными потребителями контактных точечных машин для сварки в домашних условиях	Свариваемые толщины		
	До 1 мм	1 мм	1 – 10 мм
Для сварки простых конструкций	1, 3	1, 3	1
Для сварки крупногабаритных конструкций	2, 3	2, 3	2
Для сварки конструкций в труднодоступных местах	2, 3	2, 3	2

- 1 – Клещи стационарной машины для контактной точечной сварки;
- 2 – Клещи подвесной точечной машины;
- 3 – Компактные клещи переносной машины для точечной сварки.

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции является высоким. Но если проанализировать данные, полученные из сегментации и

сравнить преимущества и недостатки рассматриваемых по роду установки машин, можно сделать вывод, что клещи переносной машины для контактной точечной сварки являются наиболее подходящими для большинства сварочных операций, выполняемых в домашних условиях, при толщинах свариваемых изделий до 1 мм включительно.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,2	5	5	5	1	1	1
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
3. Энергоэкономичность	0,15	5	1	3	0,75	0,15	0,45
4. Качество сварного соединения	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентно-способность работы	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Цена	0,15	5	1	2	0,75	0,2	0,3
4. Послепродажное обслуживание	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1	35	22	25	5	3,35	3,75

Где сокращения: B_{ϕ} – компактные клещи переносной контактной машины для точечной сварки; $B_{к1}$ – клещи стационарной контактной машины; $B_{к2}$ – клещи подвесной контактной машины.

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (3.1.2.1)$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Стационарные клещи обладают большим весом и крупными габаритными размерами, что затрудняет их установку и использование в небольшой мастерской или в домашних условиях. Для увеличения производительности в них используют водяное охлаждение внешнего контура, представляющего собой набор токоведущих элементов (гибких шин, консолей и хоботов, электрододержателей и электродов), что приводит к дополнительным энергозатратам. Также клещи стационарной контактной машины являются самыми дорогими среди всех конкурирующих установок, из-за большого количества цветных металлов и высокой трудоемкости самого изготовления установки.

Клещи подвесной контактной машины чаще всего имеют радиальный ход верхнего электрода, что ухудшает качество сварного соединения из-за смещения оси электродов и образования несимметричного литого ядра. Для крепления подвесной контактной машины предусмотрена шарнирная подвеска, установка которой ухудшает удобство в эксплуатации установки. А за счет охлаждаемых водой токоведущих кабелей возрастает энергозатратность установки.

Преимуществом компактных переносных клещей является удобство эксплуатации и низкая цена, за счет малых габаритов и веса несущих элементов. Данные клещи имеют высокое качество сварного соединения за счет соосности электродов и большого усилия прижатия между ними. За счет того, эти клещи не

имеют водяного охлаждения, а охлаждаются с помощью воздушного дутья, понижается их себестоимость и трудоемкость при изготовлении.

Итогом данного анализа является то, что разработанные компактные клещи переносной контактной машины для точечной сварки оказались эффективнее, чем другие контактные машины.

3.1.3 SWOT – анализ

Таблица 4 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии С4. Широкая область применения С5. Актуальность проекта	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Перенастройка оборудования. Сл3. Большой срок поставки материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования. Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала.
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок. В4. Получение качественных сварных соединений	Получение высокоэффективного оборудования для контактной сварки изделий. Возможность создавать партнерские отношения с рядом ведущих вузов для совместных исследований в области контактной сварки.	Снижение цен на технологии, используемые в контактной точечной сварке; Требуется множество перенастроек в связи с новшеством оборудования. Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.
У1. Появление новых технологий У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства. У3. Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.	Экономическая эффективность данного оборудования в единичном и мелкосерийном производствах Российской Федерации. Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.	- Расширение области применения за счет развития новых технологий.

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 5, 6, 7, 8.

Таблица 5 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	-	+	+
	B4	0	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C2C3C4C5, B2C1C2C3C4C5, B3C3C4C5, B4C2C3C4C5.

Таблица 6 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	+	+
	B2	+	-	+	-
	B3	-	+	-	+
	B4	+	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл1Сл3Сл4, B2Сл1Сл3, B3Сл2Сл4, B4Сл1Сл2Сл3.

Таблица 7 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	+	+	+
	У3	-	-	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1C4C5, У2C1C3C4C5, У3C3C4.

Таблица 8 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3, У2Сл1Сл2Сл3.

3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 9 - Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Род привода давления	рычажный	пневматический	пружинный
Б. Конструктивное исполнение клещей	прямолинейный ход	радиальный ход	эксцентриковый
В. Конструктивное исполнение электродов	прямые с плоской рабочей поверхностью	фигурные	специальные
Г. Приведение в рабочее состояние	ручное включение	автоматические включение	постоянно в рабочем состоянии
Д. Что держит клещи	руки	Специальный механизм	-

Возможные варианты решения технической задачи:

- 1) А2Б1В2Г2Д1 – В первом случае, качественная контактная точечная сварка тонколистовых конструкций из сталей при малых усилиях прижатия электродов в труднодоступных местах.
- 2) А1Б3В1Г1Д2 – Во втором случае, контактная сварка металлов с повышенным сопротивлением деформации (сталей, жаропрочных сплавов) часто применяемая в небольших мастерских. При сварке прямыми электродами с плоской рабочей поверхностью колебания наибольшего усилия сжатия меньше влияют на диаметр ядра, чем со сферической, а свободное пространство над верхним электродом позволяет размещать сваривать детали сложной конструкции.
- 3) А3Б2В3Г3Д1 - В третьем случае, сварка тонколистовых конструкций никелевых и титановых сплавов, в труднодоступных местах.

3.3 Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 10 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Разработка конструкции компактных клещей для контактной сварки	
Практические исследования	9	Прочностной расчет элементов клещей	Студент
	10	Проектирование клещей с учетом полученных из прочностного расчета данных	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Заключение	Научный руководитель, студент

3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (3.3.2.1)$$

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

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой

работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3.3.2.2)$$

где: T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3.3.3.1)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (3.3.3.2)$$

где: $T_{\text{кал}} = 366$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366-104-14} = 1,48.$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 11).

После заполнения таблицы 11 строим календарный план-график (табл. 12).

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 11 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в кален- дарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ожi}$, чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Руководитель			3	3	3	4	4	4
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.			1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.			1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель			1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент			10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.			3	4	4	5	6	6
Разработка конструкции клещей для контактной сварки	3	5	5	5	7	7	3,8	5,8	5,8	Студент			4	6	6	6	9	9
Прочностной расчет элементов клещей	1	2	3	3	4	5	1,8	2,8	3,8	Студент			2	3	4	3	5	6
Проектирование клещей с учетом прочностного расчета	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент			2	3	3	3	5	5
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.			2	2	2	3	3	3
Заключение	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент			3	3	3	4	4	4

Таблица 12- Календарный план-график проведения ВКР по теме «разработка компактных клещей для точечной сварки»

№ Ра- бот	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				Март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3	★								
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2	★	◆							
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	2		★	◆						
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2			★						
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3			★						
6	Изучение литературы по теме	Студент	15				◆	◆	◆			
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5				◆	★				
8	Разработка конструкции клещей для контактной сварки	Студент	6					◆				
9	Прочностной расчет элементов клещей	Студент	3						◆			
10	Проектирование клещей с учетом данных полученных из прочностного расчета	Студент	3							◆		
11	Анализ результатов	Студ.-рук.	3								◆	★
12	Заключение	Студент	4									◆

◆ – студент; ★ – руководитель.

3.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

3.3.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (3.3.5.1)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 13 - Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж для принтера	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	403	403	403
Электроды	шт.	2	2	2	1600	800	2000	3680	1840	4600
Консоли	шт.	2	2	2	6000	6000	6000	13800	13800	13800
Крепежные болты	шт.	10	10	10	90	90	90	1035	1035	1035
Корпус установки	шт.	1	1	1	7800	7800	7800	8970	8970	8970
Итого								29383	27428	30127

3.3.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 14 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/ п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Томограф дефекоскоп A1550IntroVisor	1	1	1	96	96	96	107,5	107,5	107,5
Итого:								107,5	107,5	107,5

3.3.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 15.

Таблица 15- Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименова- ние этапов	Исполни- тели по категори- ям	Трудо- емкость, чел.- дн.			Заработная плата, прихо- дящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего зара- ботная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководи- тель	2	2	2	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.- студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.- рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Руководи- тель	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование работ	Руководи- тель	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Подбор нормативных документов	Студ.- рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Разработка конструкции клещей для контактной сварки	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9.	Прочностной расчет элементов клещей	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10.	Проектирование клещей с учетом прочностного расчета	Студент	2	3	3	0,8			1,8	2,7	2,7
11.	Анализ результатов	Студ.- рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8
12.	Вывод по цели	Студент	3	3	3	0,8			2,9	2,9	2,9
Итого:									79,9	84,4	85,3

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (3.3.7.1)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (3.3.7.2)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

3.3.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (3.3.8.1)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 16 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	48000	57000	57000	5760	6840	6840
Студент-дипломник	31700	27200	28100	3804	3264	3372
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					
Исполнение 3	25829,5 руб.					

3.3.9 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (3.3.9.1)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:

$$Z_{\text{накл}} = 250561,25 \cdot 0,16 = 40089,8 \text{ руб.}$$

3.3.10 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 17 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	29383	27428	30127	Пункт 3.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	107500	107500	107500	Пункт 3.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79900	84400	85300	Пункт 3.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9588	10128	10236	Пункт 3.3.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
6. Накладные расходы	40089,8	40801,9	41438,8	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	290651	295813,7	300431,3	Сумма ст. 1- 6

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (3.4.1)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{290651}{300431,3} = 0,96; I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{295813,7}{300431,3} = 0,98; I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{300431,3}{300431,3} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (3.4.2)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 19).

Таблица 18 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой ко- эффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,25	3	5	3
4. Энергосбережение	0,15	5	5	5
5. Надежность	0,15	4	5	4
6. Материалоемкость	0,35	5	5	5
ИТОГО	1	4,5	3,15	3,8

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 4,25;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 5;$$

$$I_{p-исп3} = 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 4,15.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (3.4.3)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,25}{0,96} = 4,42; I_{исп2} = \frac{5}{0,98} = 5,1; I_{исп3} = \frac{4,15}{1} = 4,15.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}}, \quad (3.4.4)$$

Таблица 19 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	0,89	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	5	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	4,42	5,1	4,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,86	1	0,81

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии во втором исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4 Социальная ответственность

4.1 Введение

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка компактных клещей для контактной точечной сварки» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники кафедры ОиТСП ИНК ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут небольшие мастерские и индивидуальные потребители, применяющие контактную сварку в домашних условиях.

Основная задача данной работы состоит в том, чтобы предложить сварочные клещи, используемые в переносных контактных машинах, адаптированные для выдерживания высоких сжимающих напряжений держателей электродов с целью их эффективного использования для выполнения контактной сварки, при этом конструкция клещей должна иметь малый вес и компактные размеры для того, чтобы не ограничивать их перемещения для сварки в труднодоступных местах.

При эксплуатации клещей для контактной точечной сварки на работающих действуют следующие опасные и вредные факторы:

- чрезмерная запыленность и загазованность воздуха в результате конденсации паров расплавленного металла и покрытия электродов при контактной сварке и т.п.;

- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов и воздуха в рабочей зоне (РЗ), особенно при сварке с подогревом изделий; рабочая зона – пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места. Действие лучистого потока теплоты не ограничивается изменениями, происходящими на облучаемом участке тела, - на облучение реагирует весь организм. Под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно - сосудистой и нервной систем.

-излишняя яркость при электрическом контакте клещей с изделием, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация;

-влияние шума (см. Средства защиты от шума) и вибраций имеет место при работе пневмопривода (КС), различного оборудования (вакуум-насосов, вентиляторов, сварочных трансформаторов и др.).

При полуавтоматических способах сварки – нервнопсихические перегрузки из-за напряженности труда. Воздействие опасных производственных факторов может привести к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья. Это действие электрического тока, искры и брызги расплавленного металла, движущиеся машины, механизмы и т.д. Наличие расплавленного металла увеличивает опасность возникновения пожара.

4.2 Производственная безопасность

Таблица 20 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации разработанных контактных клещей.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение сварочных работ: 1) Сварка листовых заготовок; 2) Проведение ремонтных работ по заварке дефектных мест.	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Превышение уровня шума и вибрации; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования 2. Электрический ток;	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ[5], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[6], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[7], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ[8], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9], СанПиН 2.2.4.548–96[10], СН 2.2.4/2.1.8.562–96[11], СН 2.2.4/2.1.8.566–96[12], СП 52.13330.2011[13], СанПиН 2.2.2.540-96[14].

Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в

течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для контактной сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБ, ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов;
- 2) Проведение акустической обработки помещения;
- 3) Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности для данной группы помещений составляет 300 лк (СНиП 23-05-2010).

Различают естественное и искусственное освещение.

Естественное – обуславливают световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным светом неба, т.е. многократным отражением солнечных лучей от мельчайших взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды.

Искусственное освещение осуществляется светильниками общего и местного освещения. Светильник состоит из источника искусственного освещения (лампы) и осветительной арматуры. Основными источниками искусственного освещения являются лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (K_p) должен быть не больше 10%.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного факторы является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;
- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку;
- запрещается при включении контактной машины одновременно прикасаться к верхнему и нижнему электродам, имеющим естественное заземление.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозащитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;
- зануление – замыкание на корпус электроустановок;
- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

Источником возникновения аварий, связанных с телесными повреждениями и материальным ущербом при работе с компактными клещами, являются подвижные балки с держателями электродов, которые смыкаются с усилием прижатия 150 кН.

Аварии происходят, прежде всего, во время ручного устранения нарушений производственного процесса. Тем не менее, люди могут оказаться на пути движения машин и механизмов при выполнении других заданий, таких как:

- чистка,
- регулировка,

- переналадка вылета электродов,
- контроль,
- ремонт.

Наиболее распространенной, принимаемой в этой связи с целью повышения личной безопасности, является защита человека от опасных движений машины с помощью некоторых видов устройств безопасности, таких как защитные ограждения машин, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением. Внутренние движущиеся детали таких машин должны быть недоступны для прикосновения, а наружные движущиеся детали не должны иметь острых выступов, острые кромки должны быть притуплены.

4.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение различных установок для контактной сварки в автомобилестроении значительно упрощают процесс изготовления и ремонта деталей кузовов машин. Также контактную сварку используют в вагоностроении, судостроении и авиастроении. Применение контактной сварки значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и

ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии. Применение конденсаторов позволяет снизить потребляемую мощность, в 2-3 раза по сравнению с трансформаторными контактными машинами.

При написании дипломного проекта были следующие отходы: использованная бумага и шариковые ручки, которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных выбросов в водные источники и атмосферу не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, - это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов, терроризм, войны.

Война в современных условиях требует проведения полномасштабных защитных мероприятий и накопления средств защиты в мирное время.

Гражданская оборона, решает весь комплекс задач стоящих перед ней, на основе глубоких теоретических исследований, обобщения опытных данных и применения всех достижений науки и техники.

Одной из главных задач гражданской обороны является повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства. Заблаговременно организуется, и проводятся инженерные, технические и организационные мероприятия.

Инженерно-технические мероприятия должны обеспечивать повышенную устойчивость промышленных зданий и сооружений при наступлении чрезвычайных ситуаций.

Должны проводиться организационные мероприятия, которые предусматривают заблаговременную разработку и планирование действий персонала или личного состава штаба, служб и формирований государственной обороны в условиях возникновения чрезвычайной ситуации.

Непосредственными организаторами для населения, являются начальники штабов государственной обороны, командиры воинских подразделений, директора заводов, начальники цехов, участков и т. д.

Промышленные здания могут обеспечивать лишь частичную защиту от радиации и для защиты населения от поражающего воздействия должны применяться специальные сооружения:

- противорадиационные укрытия, которые строятся из подручных материалов;
- убежища с упрощенной фильтровентиляционной системой;
- убежища с фильтровентиляционным оборудованием промышленного изготовления.

При проектировании новых цехов необходимо предусмотреть строительство убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно – техническими приборами, а также средствами очистки от отравляющих веществ и

биологических аэрозолей. В убежище необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, санитарные узлы, фильтровентиляционную камеру, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход. Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления предприятия и репродуктор, подключенный к городской сети. Канализация и водоснабжение убежища осуществляется на базе городских сетей. В убежищах должно предусматриваться отопление.

Главная задача при чрезвычайных ситуациях - защита населения от возможного поражения. Выполнение этой задачи достигается путем укрытия населения в защитных сооружениях, эвакуацией его из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожаров.

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

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.

3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» пожарную службу.
4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение спец. Защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счет соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

Требования к размещению машин для контактной точечной сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86.

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.

Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.

Ширина проходов между контактными машинами должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м.

Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами:

- 1) Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.
- 2) Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.
- 3) Ширина проходов между контактными машинами должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м.
- 4) Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.
- 5) При установке однопостового источника питания у стены расстояние от стены до источника должно быть не менее 0,5 м.

- 6) Открытые траектории в зоне возможного нахождения человека должны располагаться значительно выше уровня глаз. Минимальная высоты траектории 2.2.м.
- 7) Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.
- 8) Следует предусматривать наличие мест для размещения съемных деталей, переносной измерительной аппаратуры, хранение заготовок, готовых изделий и др.
- 9) Установки должны эксплуатироваться в специально выделенных помещениях либо могут располагаться в открытом пространстве на фундаментах или платформах транспортных средств.
- 10) Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.
- 11) Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0.4).
- 12) Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.
- 13) Высота помещений должна быть не менее 4.2 м. Коммуникации (вода, электроэнергия, воздух, и др.) следует прокладывать под полом в специальных каналах с защитными коробами (возвышение над уровнем пола не допускается) или подвешивать кабели на высоте не менее 2.2 м от пола.
- 14) Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию.

Выводы

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были разработаны и спроектированы клещи, обладающие прямолинейной траекторией движения электродов, развивающие высокие значения усилия сжатия деталей, при этом их вес не превышает 5 кг, а конструкция технологична при изготовлении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Б.Д. Орлов, Ю.В. Дмитриев, А.А. Чакалев (и др.). Технология и оборудование контактной сварки: Учебное пособие, 1975. – С. 186-190.
2. А.С. Климов, И.В. Смирнов (и др.). Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки: Учебное пособие, 2011. – С. 8-61.
3. М.Д. Банов. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для студ. учреждений сред. проф. Образования, - 4-е изд. – М: Издательский центр «Академия», 2009. – С. 78-80.
4. С.Н. Кожевников, Я.И. Есипенко, Я.М. Раскин. Механизмы: Справочник. Изд. 4-е, перераб. и доп. Под ред. С.Н Кожевникова М.: Машиностроение, 1976. – С. 80.
5. Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышев (и др.). Сварка. Резка. Контроль: Справочник в 2-х томах / Под общ. Редакцией С24 Н.П Алешина, Г.Г. Чернышева. –М.: Машиностроение, 2004. – С. 366-383.

Приложение А

(Клещи сварочные)