МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение   
высшего образования   
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»  
СПбГТИ(ТУ)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УГНС | | 09.00.00 | Прикладная информатика и вычислительная техника | | |
| Направление подготовки | | 09.03.03 | Прикладная информатика | | |
| Направленность (профиль) | |  | Прикладная информатика в химии | | |
| Форма обучения | |  | очная | | |
|  | |  |  | | |
| Факультет | |  | Информационных технологий и управления | | |
| Кафедра | |  | Систем автоматизированного  проектирования и управления | | |
| Учебная дисциплина | |  | Компьютерное моделирование в химии и химической технологии | | |
| Курс | IV | | | Группа | 475 |

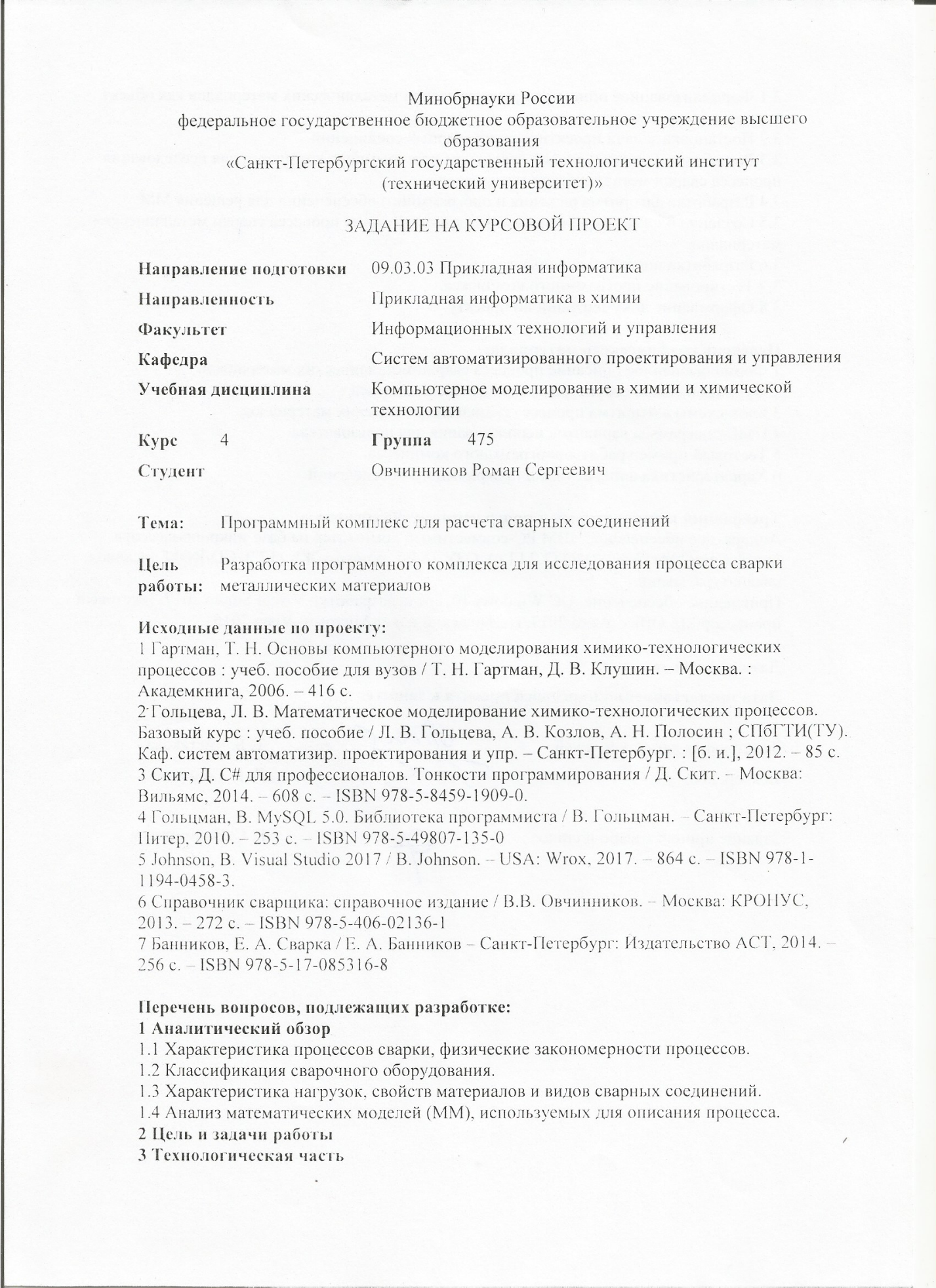
КУРСОВАЯ РАБОТА

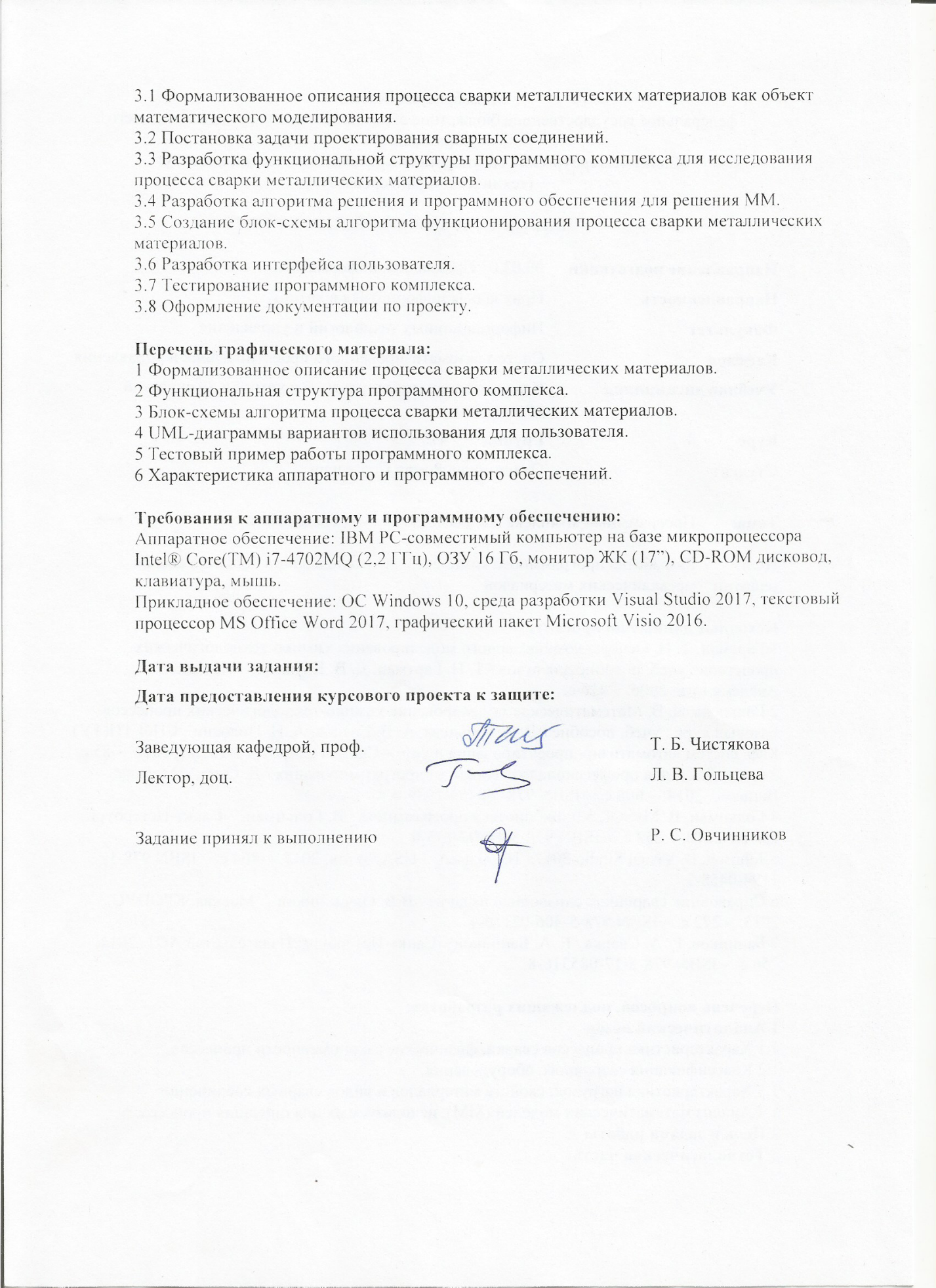
|  |  |
| --- | --- |
| Тема: | Программный комплекс для расчета сварных соединений |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент |  |  |  | Овчинников Р.С. |
| Руководитель  доцент |  |  |  | Гольцева Л. В. |
| Оценка за курсовой проект |  |  |  |  |

Санкт-Петербург

2020





**Содержание**

[**ВВЕДЕНИЕ** 5](#_Toc59738950)

[**1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР** 6](#_Toc59738951)

[1.1 Характеристика процессов сварки, физические закономерности процессов. 6](#_Toc59738952)

[1.2 Классификация сварочного оборудования 7](#_Toc59738953)

[1.3 Характеристика нагрузок, свойств материалов и видов сварных соединений. 8](#_Toc59738954)

[1.3 Анализ математических моделей (ММ), используемых для описания процесса. 11](#_Toc59738955)

[**2 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ** 13](#_Toc59738956)

[**3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ** 14](#_Toc59738957)

[3.1 Формализованное описания процесса сварки металлических материалов как объект математического моделирования. 14](#_Toc59738958)

[3.2 Постановка задачи проектирования сварных соединений. 14](#_Toc59738959)

[3.3 Разработка функциональной структуры программного комплекса для исследования процесса сварки металлических материалов. 15](#_Toc59738960)

[3.4 Разработка алгоритма решения и программного обеспечения для решения ММ. 15](#_Toc59738961)

[3.5 Создание блок-схемы алгоритма функционирования процесса сварки металлических материалов. 16](#_Toc59738962)

[3.6 Создание блок-схемы алгоритма функционирования процесса сварки металлических материалов. 17](#_Toc59738963)

[3.7 Разработка интерфейса пользователя. 18](#_Toc59738964)

[3.8 Тестирование программного комплекса 22](#_Toc59738965)

[**ВЫВОД** 24](#_Toc59738966)

[**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ** 25](#_Toc59738967)

# **ВВЕДЕНИЕ**

Сварка – это технологический процесс получения монолитных неразъемных соединений посредством установления внутренних межчастичных (межатомных, межмолекулярных) связей, при их местном или общем нагреве или пластическом деформировании или совместном действии того и другого. Сварные соединения металлов характеризуются непрерывной структурной связью.

Сварка является одним из ведущих технологических процессов обработки металлов. Сварка широко применяется в основных отраслях производства, потребляющих металлопрокат, т.к. резко сокращается расход металла, сроки выполнения работ и трудоёмкость производственных процессов. Выпуск сварных конструкций и уровень механизации сварных процессов постоянно повышается [1].

Успехи в области автоматизации сварочных процессов позволили коренным образом изменить технологию изготовления важных хозяйственных объектов, таких как доменные печи, турбины, химическое оборудование.

Применение сварки способствует совершенствованию машиностроения и развитию новых отраслей техники - ракетостроения, атомной энергетики, радиоэлектроники. Сварка позволяет уменьшить затраты на единицу продукции, сократить длительность производственного цикла, улучшить качество изделий.

Сварка сопровождается комплексом одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: тепловое воздействие на металл в зоне термического влияния, металлургической обработки и кристаллизации металла в объёме сварочной ванны [2].

Данная работа посвящена актуальной проблеме точного расчёта длины сварных соединений в зависимости от типа шва, вида нагрузки, материала и типа электрода.

# **1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

## 1.1 Характеристика процессов сварки, физические закономерности процессов.

Физическая сущность процесса сварки состоит в том, чтобы получить соединение металлов через установление молекулярных связей между свариваемыми металлами. И достигается это воздействием высоких температур, когда металлы совместно расплавляются в месте соединения, или воздействием высокого давления, когда металлы свариваются в твёрдом состоянии при совместной пластической деформации.

Существуют способы сварки, при которых свариваемые металлы соединяются как посредством высокой температуры, так и посредством высокого давления, одновременно [3].

Все виды сварки плавлением представляют собой сложные процессы, но в любом из этих видов происходят аналогичные, по своей природе, процессы. Можно выделить три основных процесса, протекающих при сварке металлов:

* Сваривание металлов непосредственно друг с другом, или с помощью промежуточного расплавляющегося металла.
* Воздействие тепла, которое выделяется при сварке, на свариваемый основной металл.
* Плавление, металлургическая обработка и последующая кристаллизация металла, из которого состоит сварочный шов.

По физическим признакам все процессы сварки делят на классы: термический, механический и термомеханический.

## 1.2 Классификация сварочного оборудования

Сварочная техника характеризуется большим разнообразием применяемого оборудования, что обусловлено широким развитием сварочного производства, разработкой новых способов и приемов сварки. Соответственно требуется укрупнённая классификация сварочного оборудования [4].

Целесообразна классификация сварочного оборудования по способам сварки, наплавки, пайки, нанесения покрытий и степени механизации этих процессов. Эти признаки позволяют довольно четко разделить все оборудование для сварки на следующие группы:

* для сварки плавлением;
* для сварки давлением (прессовкой);
* для нанесения покрытий.

Оборудование для сварки плавлением основного металла с наплавкой и резкой, в том числе: плазменной, микроплазменной, ударной конденсаторной, дуговой конденсаторной сваркой, сваркой контактным плавлением, сваркой и резки под водой, сваркой и резки в космосе, лазерной сваркой, сваркой световым лучом, термитной сваркой, воздушно-дуговой резкой [5].

Оборудование для сварки давлением может быть разделено на три подгруппы:

* для специальных видов сварки давлением — сварки трением, термокомпрессионной, ультразвуковой сварки, дугой, управляемой магнитным полем, высокочастотной, контактной микросварки, газопрессовой, кузнечной, прокаткой, холодной сварки, диффузионной, сварки и резки взрывом, магнитно-импульсной сварки и для некоторых способов сварки полимерных материалов.
* для контактной сварки — точечной сварки, шовной сварки и рельефной сварки;
* для контактной стыковой сварки — сопротивлением, оплавлением;

Оборудование для нанесения покрытий может быть разделено на три подгруппы:

* для газотермического способа;
* для вакуумного способа;
* для легирования и модифицирования поверхностей.

## 1.3 Характеристика нагрузок, свойств материалов и видов сварных соединений.

В зависимости от того, какой сварной шов наблюдается на месте соединения двух деталей изделия, различают различные виды сварного соединения, каждый из которых имеет свои отличительные особенности и сферы применения. Более наглядно можно рассмотреть на рисунке 1.

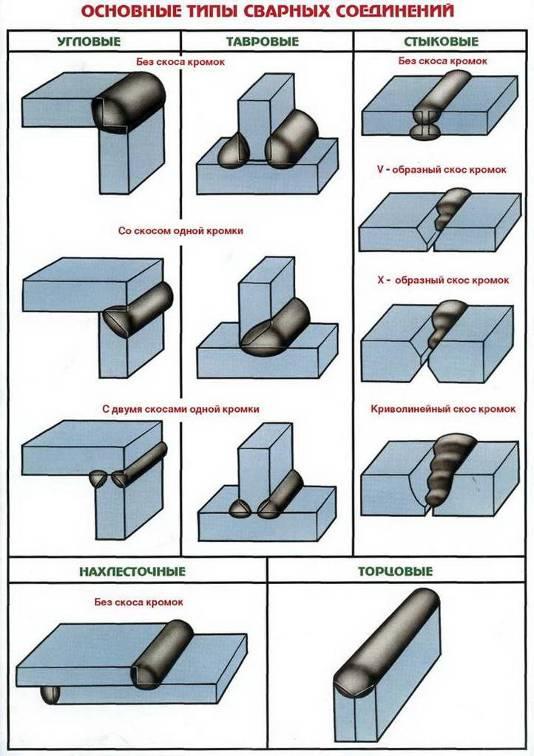


Рисунок 1 – Виды сварных соединений

Все сварные соединения можно разделить на:

* стыковые соединения;
* угловые соединения;
* тавровые соединения;
* нахлесточные соединения;
* торцевые соединения.

Стыковое соединение – это сплав двух деталей изделия, расположенных на одной плоскости, с использованием сварных технологий [6]. При стыковом соединении части прикасаются друг к другу своей торцевой стороной. Выделяют разные подвиды стыковых соединений:

* соединение, не имеющее скоса кромки;
* соединение со скосом кромки криволинейной формы;
* соединение со скосом кромки V-образной формы;
* соединение со скосом кромки Х-образной формы.

Угловое соединение – это сплав разных составных частей конструкции или разных деталей одного изделия, размещенных под определенным углом по отношению друг к другу. Сварной шов при этом располагается в том месте, где отдельные детали соприкасаются.

Тавровое соединение – это сплав разных элементов одного изделия, где одна деталь конструкции своим торцевым концом присоединяется к боковой поверхности второй детали.

Нахлесточное сварное соединение – это сплав разных элементов изделия, при котором оба элемента расположены на параллельных плоскостях по отношению друг другу и отчасти друг на друга накладываются.

Торцевое сварное соединение отличается от прочих видов тем, что отдельные его элементы привариваются друг к другу боковыми поверхностями [7].

Выбор вида сварного соединения зависит от конфигурации конечного элемента и от того, какие требования к соединению предъявляются. Например, в зависимости от действующей силы (рисунок 2)

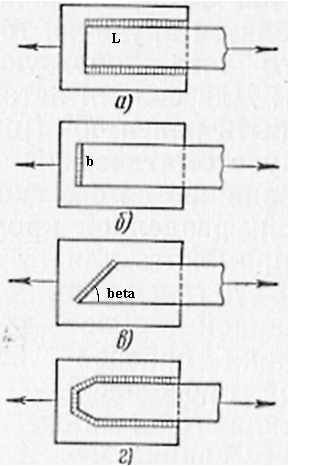


Рисунок 2 – Виды швов внахлестку в зависимости от действующей силы: *а — фланговые швы; б —лобовой шов; в — косой шов;*

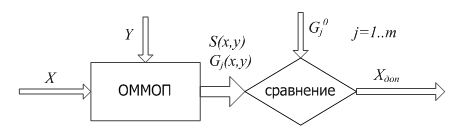
*г — комбинированный шов*

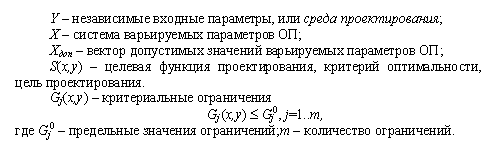
В результате должно получиться работоспособное изделие, которое способно переносит высокие нагрузки, не поддаваться воздействию окружающей среды и не проявлять усталостное разрушение.

Часто именно от качества сварного соединения и от правильности выбора его разновидности зависит долговечность получаемого изделия, поэтому очень важно внимательно подходить к этому этапу работы и учитывать при этом не только то, где именно и как должно работать получаемое изделие, но и то, из каких материалов и их сплавов оно состоит.

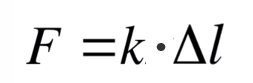
При этом одинаково важна и квалификация самого сварщика, и квалификация мастера, занимающегося проектированием сварной конструкции [8].

## 1.3 Анализ математических моделей (ММ), используемых для описания процесса.

Средством анализа принимаемых решений при проектировании служит обобщенная математическая модель объекта проектирования, представленная на рисунке ниже.

Рисунок 3 – Обобщенная математическая модель объекта проектирования

Формула закона Гука:



Где k – коэффициент жесткости [H],

Δl – удлинение тела.

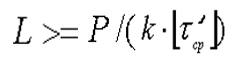
Математическое описание выглядит следующим образом:



Для определения длины нахлёсточного шва используется следующая формула:



Для определения длины стыковочного шва используется следующая формула:



# **2 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

В ходе разработки программного продукта ставятся следующие цели:

1. формализация задачи;
2. разработка математической модели расчёта длины сварных соединений в зависимости от выбора типа шва, вида нагрузки, материала и электрода;
3. разработка алгоритма расчёта;
4. разработка структуры графического интерфейса пользователя;
5. представление результата поиска в текстовом и графическом виде;
6. тестирование программного обеспечения.

На основании цели курсовой работы сформулирована следующая задача: разработать программный комплекс для исследования процесса сварки металлических материалов

# **3** **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

## 3.1 Формализованное описания процесса сварки металлических материалов как объект математического моделирования.

На рисунке 4 представлено формализованное описание формирования программного комплекса для исследования процесса сварки металлических материалов.

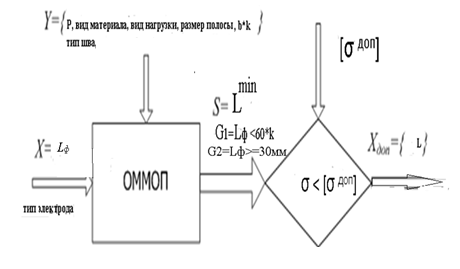


Рисунок 4 – Формализованное описание формирования программного комплекса для исследования процесса сварки металлических материалов

## 3.2 Постановка задачи проектирования сварных соединений.

Определить длину сварного шва Lф для прикрепления стальной полосы к листу из заданного материала (Ст.3), размером b\*k при действии усилия Р.

Сварка может выполняться электродом Э34 с тонким покрытием или электродом Э34 с толстым покрытием.

Пусть b=150 мм; толщина пластины к может изменяться от 10 до 20 мм; усилие Р

от 250 до 350 Кн.

Длина шва должна быть не менее 30 мм и не более 60\*k

## 3.3 Разработка функциональной структуры программного комплекса для исследования процесса сварки металлических материалов.

Функциональная структура программного комплекса для исследования процесса сварки металлических материалов.

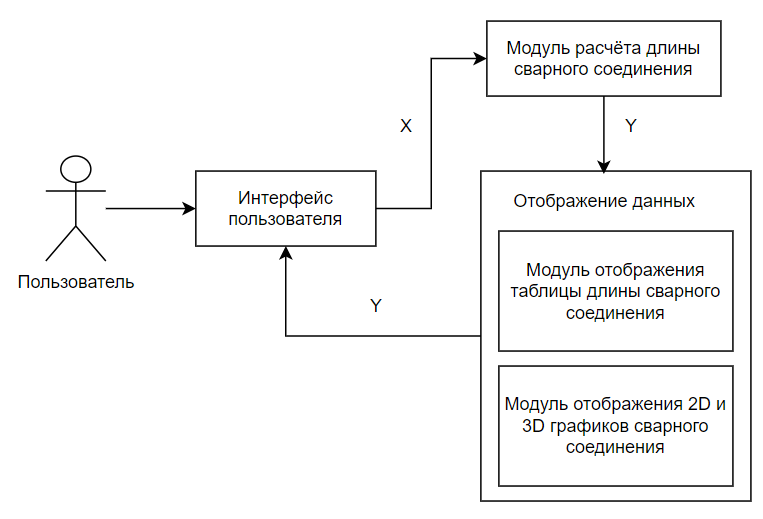


Рисунок 5 – Функциональная структура программного комплекса

## 3.4 Разработка алгоритма решения и программного обеспечения для решения ММ.

Алгоритм решения математической модели для программного комплекса по исследованию процесса сварки металлических материалов представлен ниже



Рисунок 6 – Алгоритм решения

## 3.5 Создание блок-схемы алгоритма функционирования процесса сварки металлических материалов.

Блок-схема алгоритма функционирования программного комплекса для программного комплекса по исследованию процесса сварки металлических материалов, представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Блок-схема алгоритма

## 3.6 Создание блок-схемы алгоритма функционирования процесса сварки металлических материалов.

Разработанный программный комплекс предоставляет возможность пользователю работать в режиме исследователя. UML диаграмма использования для пользователя (исследователя) представлена на рисунке 8.

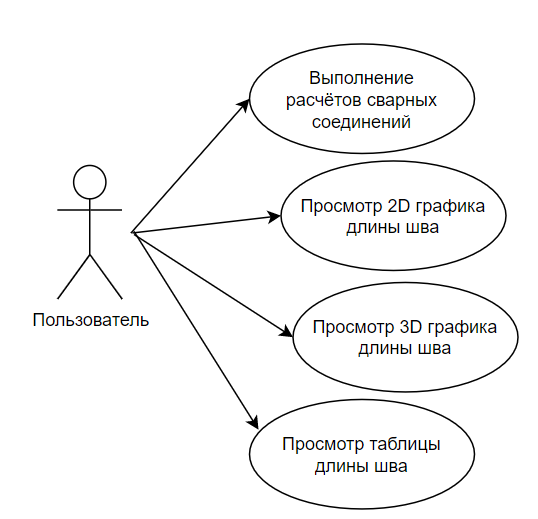


Рисунок 8 – UML-диаграмма прецедентов использования

## 3.7 Разработка интерфейса пользователя.

Интерфейс пользователя выглядит следующим образом:

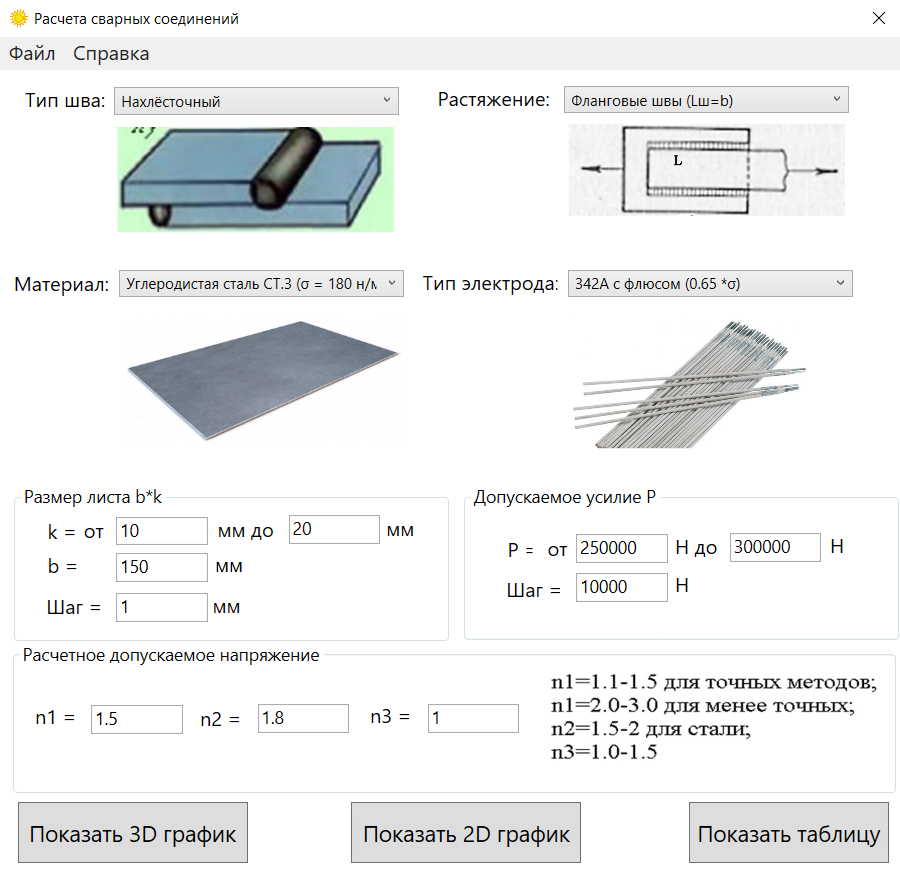


Рисунок 9 – Интерфейс пользователя

При наведении на текстовое поле пользователю отображается подсказка с диапазонами значений (рисунок 10).

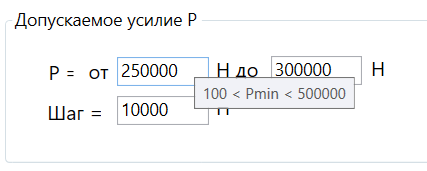


Рисунок 10 – Интерфейс пользователя

После заполнения всех полей пользователь может просмотреть таблицу, 2D и 3D графики длин шва в зависимости от условий (Рисунки 11, 12 и 13)

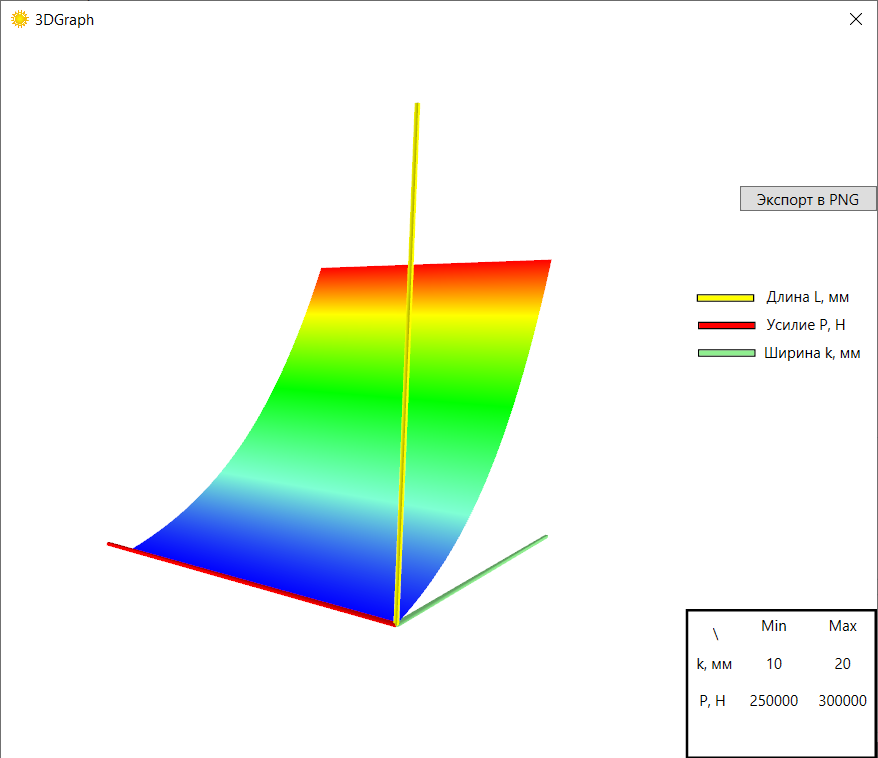


Рисунок 11 – 3D график изменения длины шва в зависимости от усилия и размера

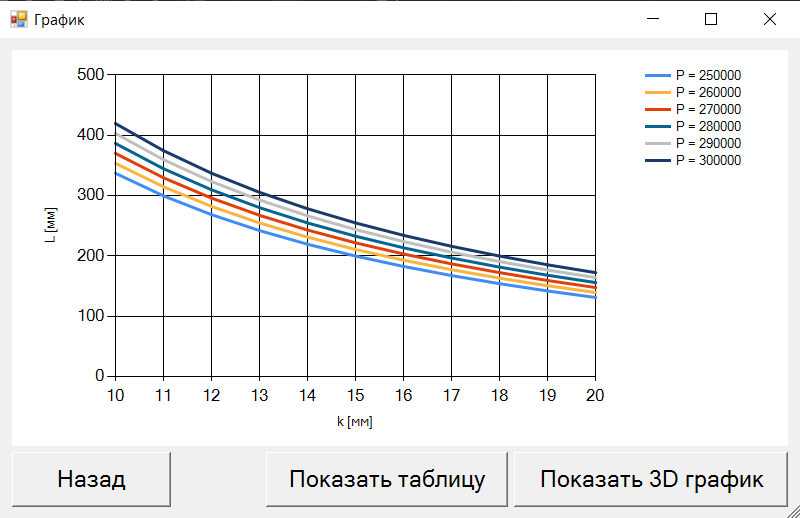


Рисунок 12 – 2D график изменения длины шва в зависимости от усилия и размера



Рисунок 13– Таблица изменения длины шва в зависимости от усилия и размера

Также у пользователя есть возможность просмотреть информацию о разработчике и объекте рисунки 14 и 15.

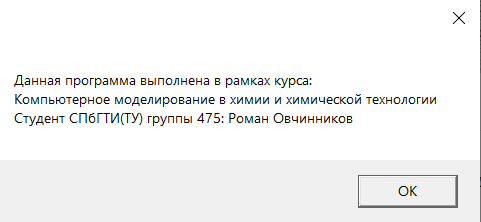


Рисунок 14 – Информация о разработчике

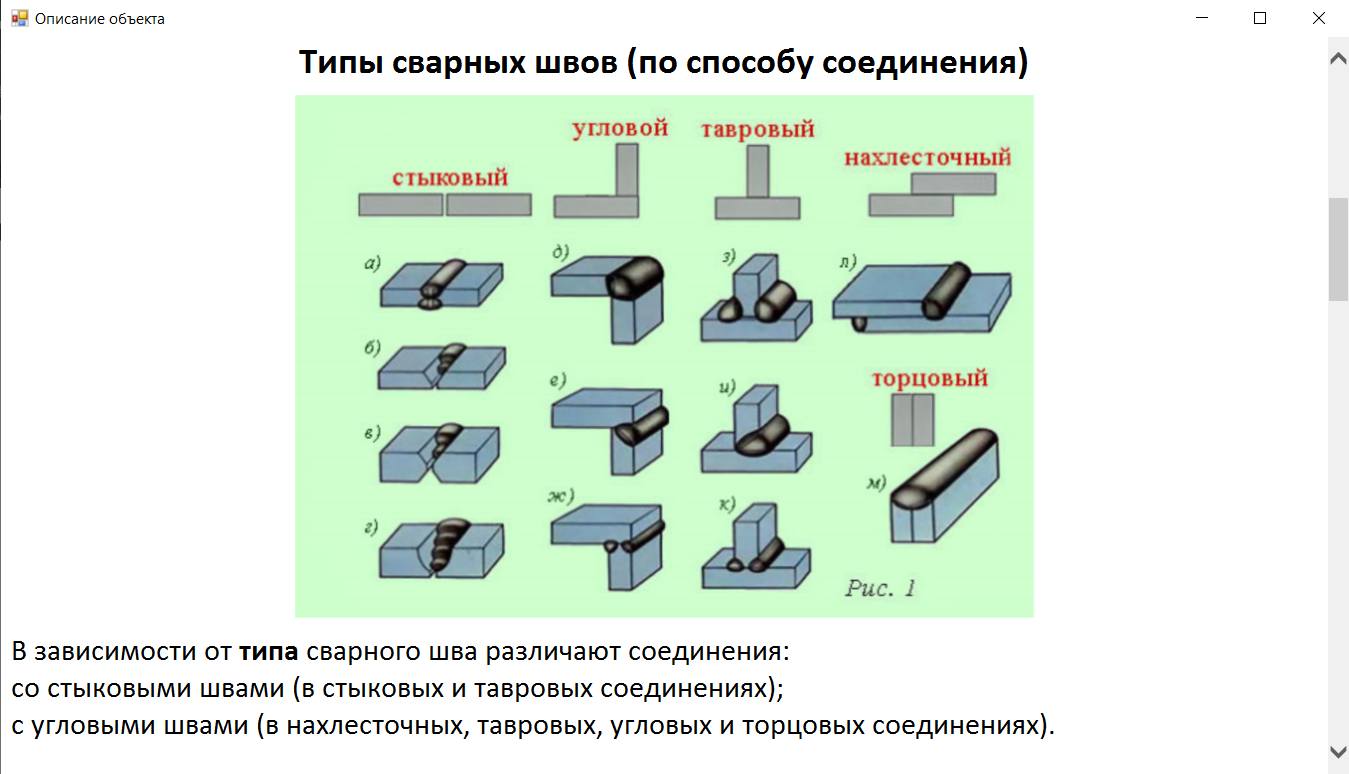


Рисунок 15 – Информация об объекте

## 3.8 Тестирование программного комплекса

Тестирование программного обеспечения – это оценка разрабатываемого программного обеспечения/продукта, чтобы проверить его возможности, способности и соответствие ожидаемым результатам.

Существует много различных видов тестирование программного обеспечения, вот некоторые из них:

1. функциональное тестирование;
2. системное тестирование;
3. тестирование производительности;
4. регрессионное тестирование;
5. модульное тестирование;
6. тестирование безопасности.

Функциональное тестирование является одним из ключевых видов тестирования, задача которого – установить соответствие разработанного программного обеспечения (ПО) исходным функциональным требованиям заказчика. То есть проведение функционального тестирования позволяет проверить способность информационной системы в определенных условиях решать задачи, нужные пользователям [9].

Ключевые преимущества такого тестирования состоят в том, что:

1. функциональное тестирование ПО полностью имитирует фактическое использование системы.
2. позволяет своевременно выявить системные ошибки ПО и, тем самым, избежать множества проблем при работе с ним в дальнейшем.
3. экономия за счет исправления ошибок на более раннем этапе жизненного цикла ПО.

Для проведения функционального тестирования программного комплекса для расчета сварных соединений, необходимо ввести исходные, а именно: вид шва, вид растяжения, материал, тип электрода, минимальные и максимальные размеры и усилие, а также коэффициенты допускаемого напряжения.

В случае, если пользователь введёт неверные данные, программа выдаст сообщение об ошибке и укажет, что в чём суть ошибки (рисунки 16 и 17).

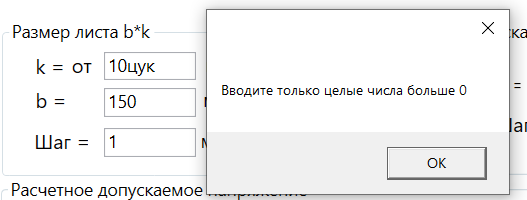


Рисунок 16 – Информация об ошибке



Рисунок 17 – Информация об ошибке

# **ВЫВОД**

В ходе выполнения курсовой работы был разработан программный комплекс для расчета сварных соединений и выполнены следующие пункты:

1. проведен аналитический обзор характеристик процессов сварки, нагрузок, свойств материалов, видов сварных соединений, физических закономерностей процессов и классификаций сварочного оборудования;
2. изучены методы расчета стыковочных, угловых, нахлёсточных и торцовых сварных соединений;
3. разработана функциональная структура программного комплекса для расчета сварных соединений;
4. разработана блок-схема алгоритма расчёта длины сварного шва;
5. разработан программный комплекс на языке программирования C# в среде Visual Studio 2017;
6. проведено тестирование, которое показало, что программный комплекс работает исправно и обрабатывает все варианты поведения пользователя.

Данный программный комплекс может быть использован студентами, аспирантами, преподавателями, а также профессиональными сварщиками для расчёта длины сварного соединения в зависимости от заданных критериев.

В будущем планируется добавить больше методов расчёта для различных типов швов, видов растяжения, материалов и типов оборудования.

# **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Гольцева, Л. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов. Базовый курс : учеб. пособие / Л. В. Гольцева, А. В. Козлов, А. Н. Полосин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. систем автоматизир. проектирования и упр. – Санкт-Петербург. : [б. и.], 2012. – 85 с.
2. Справочник сварщика: справочное издание / В.В. Овчинников. – Москва: КРОНУС, 2013. – 272 с. – ISBN 978-5-406-02136-1
3. Банников, Е. А. Сварка / Е. А. Банников – Санкт-Петербург: Издательство АСТ, 2014. – 256 с. – ISBN 978-5-17-085316-8
4. Борд, Н.Ю. Термодинамические расчеты в практике конструирования и применения сварочных материалов / Н.Ю. Борд– М.: Белорусская наука, 2006. – 172 с.
5. Овчинников, В.В. Технология электросварочных и газосварочных работ / В.В. Овчинников, – М.: Академия, 2012. – 270 с.
6. Моряков, О.С. Материаловедение / О.С. Моряков – М.: Академия, 2012. – 288 с.
7. Чернышов, Г.Г. Основы теории сварки и термической резки металлов / Г.Г. Чернышов – М.: Академия, 2012. – 208 с.
8. Федосов, С.А. Основы технологии сварки / С.А. Федосов– М.: Машиностроение, 2011. – 128 с.
9. Блэк, Р. Ключевые процессы тестирования. Планирование, подготовка, проведение, совершенствование / Р. Блэк. - Москва : Изд-во Лори, 2011. - 544 с. - ISBN 5-85582-239-7