

VI Международная конференция учащихся  
«НАУЧНО-ТВОРЧЕСКИЙ ФОРУМ»

**«Проектировка и создание рабочей модели паровой машины Герона  
Александрийского»**

*Автор работы: Литвяков Сергей  
Романович,  
11 А класс,  
МБОУ «СОШ № 46» г. Калуги*

*Научный руководитель:  
Жандарова Лариса Борисовна,  
Учитель физики,  
МБОУ «СОШ № 46» г. Калуги*

Калуга, 2025

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	4
1.1. История развития двигателя.....	4
1.2. О Герона Александрийского.....	5
<b>ГЛАВА II. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	7
2.1. Проведение социального опроса и анализ результатов.....	7
2.2. Выбор материалов и инструментов для реализации продукта.....	8
2.3. Сборка продукта.....	11
<b>ГЛАВА III. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДУКТА. ИНДИКАТОРЫ</b> .....	16
3.1. Проверка работоспособности.....	16
3.2. Экономический расчет.....	16
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	18
<b>СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	19
Приложение 1. Создание чертежа продукта и 3д модели на основе имеющихся материалов.....	20
Приложение 2. Процесс эксплуатации сварочного аппарата.....	22
Приложение 3. Техника безопасности при эксплуатации сварочного аппарата.....	23
Приложением 4. Техника безопасности при эксплуатации угловой шлифовальной машины.....	24

## **ВВЕДЕНИЕ**

Мой проект основан на одной из первых ступеней технического развития - на паровом двигателе, а именно на паровой машине Герона Александрийского. Двигатель в принципе оказал большое влияние на развитие промышленности и транспорта, а паровой двигатель стал “прародителем” современных аналогов, наиболее известный из которых – реактивный.

Проблема проекта заключается в том, что у школы нет подобной модели парового двигателя, поэтому я решил сделать ее и подарить школе. Таким образом, актуальность обусловлена возможностью демонстрации работы данной модели двигателя на уроках физики

Целью данного проекта стало предоставление учащимся информации об основах работы парового двигателя для дальнейшего изучения термодинамики как раздела физики. По окончании работы ученики смогут увидеть демонстрацию работы паровой машины Герона Александрийского на уроках физики по изучению термодинамических процессов.

# ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. История развития двигателя

Как было сказано во введении, прогресс не стоит на месте, и в современном мире трудно уже увидеть ветряную мельницу, а через сто лет людям, вероятно, будет непривычно видеть двигатели внутреннего сгорания под капотом автомобиля. Таким образом, важно выделить ключевые этапы и достижения в истории развития двигателя.

История уже привычных нам двигателей началась с изобретения парового двигателя.

### 1. Паровые двигатели: начало эпохи промышленной революции:

Первые попытки создания паровых устройств для создания механической работы относятся к концу XVII века. Английский инженер Томас Севери в 1698 году разработал прототип паровой машины, которая использовалась для откачки воды из шахт. В 1712 году Томас Ньюкомен усовершенствовал эту машину, создав так называемую паровую машину Ньюкомена, которая также использовалась для откачки воды.

### 2. Внутренние сгорающие двигатели: эра автомобилей и самолетов

В 1860 году немецкий изобретатель Николаус Отто представил первый рабочий двигатель внутреннего сгорания, который работал на основе четырехтактного цикла. Этот двигатель стал прародителем современных двигателей внутреннего сгорания и был усовершенствован другими инженерами, такими как Готлиб Даймлер и Карл Бенц.

В 1885 году Карл Бенц создал первый автомобиль с двигателем внутреннего сгорания, который был запущен в серийное производство. Это стало началом эпохи автомобильной индустрии и стимулировало развитие транспорта и мобильности.

### 3. Электрические двигатели: структурные изменения и инновации

В 1821 году французский инженер Жозеф Луи Гей Люссак и американский физик и изобретатель Майкл Фарадей независимо друг от друга

открыли принцип *elektromagnetische rotation* - вращение провода с током в магнитном поле. Этот принцип стал основой для создания первых электрических двигателей.

В 1832 году французский ученый Гипполит Пиккар создал первый электрический двигатель по тому же принципу, что и предложили Гей-Люссак и Фарадей. В 1834 году американский инженер Томас Дэвенпорт создал первый коммерчески успешный электрический двигатель, который использовался для привода литейных станков.

С течением времени и с развитием электрической технологии, электрические двигатели стали все более эффективными, компактными и мощными. В начале XX века электрические двигатели начали широко применяться в различных отраслях промышленности, транспорте, бытовой технике и других сферах.

## **1.2. О Героне Александрийском**

Герон Александрийский – древнегреческий величайший инженер, математик и физик, родившийся в греческом городе Александрия, за что и получил прозвище. Точное его время жизни неизвестно, но историки предполагают, что Герон жил в первом веке нашей эры, так как им было описано лунное затмение 13 марта 62 года. Он прославился благодаря своим важным вкладам в различные области науки и техники, создавая инновационные механические устройства и делая значительные открытия в области механики.

Герон написал трактат о механике, в котором изложены основные принципы работы простых механизмов, основные законы механики и принципы работы различных устройств. Его работы представляют собой ценный источник информации о механике и устройствах того времени. Им было разработано и создано множество механических и пневматических устройств.

Герон сделал поразительное количество инновационных изобретений, однако его имя стало широко известно после изобретения паровой машины - золипила. Название устройство получило в честь древнегреческого бога ветров Эола. Эта паровая машина была одним из прародителей современных тепловых двигателей и считается одним из первых устройств, использующих пар для создания механической работы. Принцип работы паровой машины Герона Александрийского основывался на преобразовании энергии пара в механическую энергию. Устройство включало в себя котел для нагрева воды, паровую камеру (сферу), в которой пар из котла расширялся и создавал давление на стенки сферы, вал, на котором вращалась сфера и выходные сопла Г-образной формы, направленные в противоположные стороны, через которые пар выходил из сферы, и создавался крутящий момент, заставляющий сферу вращаться. Хотя Герон был знаком с принципом работы поршня, он, по неизвестным причинам, не применил их для использования работы своего двигателя.



Рис. 1.3.1. Схема работы парового двигателя Герона Александрийского

Это с виду простое устройство оказалось не таким уж простым в изготовлении, о чем подробно прописано в практической части проекта.

## ГЛАВА II. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Проведение социального опроса и анализ результатов

Так как одним из индикаторов проекта является демонстрация готового продукта целевой аудитории на уроках физики, передо мной стояла задача выяснить степень заинтересованности учеников разных возрастов в наблюдении работы паровой машины в процессе обучения.

Для этого было принято решение провести социальный опрос среди учащихся седьмых и девярых классов, а также профильного физико-математического десятого класса (опросы доступны по ссылкам: <https://forms.gle/1TSqzrgTfcD4Em7C8> <https://forms.gle/bvMWjfJ5aBNUfuJa7> <https://forms.gle/DkhasDT8tiapGHxu5>).

В опросе приняли участие 44 семиклассника, 71 девятиклассник и 35 десятиклассников. Каждой группе учащихся были заданы разные вопросы. Некоторые из них:

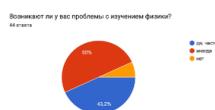


Диаграмма 2.1.1. Ответ учащихся на вопрос «Возникают ли у вас проблемы с изучением физики?»

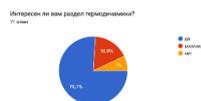


Диаграмма 2.1.2. Ответ учащихся девярых классов на вопрос «Интересен ли вам раздел термодинамики?»

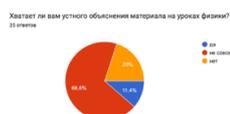


Диаграмма 2.1.3. Ответ учащихся десятого физико-математического класса на вопрос «Хватает ли вам устного объяснения материала на уроках физики?»

После анализа ответов учащихся, было ясно, что мой проект актуален и будет полезен школе, как продукт для демонстраций на уроках физики.

## **2.2. Выбор материалов и инструментов для реализации продукта**

При выборе материалов для изготовления продукта передо мной стояла задача выбрать надежные, крепкие, а также экономически выгодные детали. После поисков в интернете и оффлайн магазинах были выбраны детали, отвечающие этим требованиям.

Для создания эолипила Герона Александрийского в первую очередь потребуется полая сфера, служащая сосудом, накапливающим в себе пар. Изначально было принято решение заказать такую сферу в интернете. Однако из небольшого количества представленных вариантов не было ни одного, толщина стенок которого была бы меньше полутора миллиметра, что очень много, ведь на нагревание самой сферы уйдет много времени и тепла, что однозначно уменьшит КПД двигателя, а возможно даже ухудшит его работу, а также данный вариант был не экономичен, поэтому было решено сделать сферу самостоятельно. Для этого в интернете была заказана пара половников из нержавеющей стали. С помощью пассатижей у каждого из них будет откреплена ручка от чаши. На выходе получатся две чаши, при соединении которых выходила полая, приближенная к сфере, фигура.



Рис. 2.2.1. Два половника

Сфера должна вращаться по оси. В роли этой оси будет выступать металлический вал диаметром восемь миллиметров, который был заказан через интернет. Вал будет приварен к сфере. Для этого будет использован сварочный аппарат на аргоне, а также присадочный стержень из алюминия. На вал будет надето два шариковый подшипника внутренним диаметром восемь

миллиметров и внешним диаметром двадцать один миллиметров, купленных в обычном магазине подшипников.



Рис. 2.2.2. Вал и два подшипника

Подшипник нужно будет установить в металлическую трубу внутренним диаметром двадцать один миллиметр. В магазине санитарной техники была найдена деталь нужного диаметра, однако с одной стороны она имела резьбу, из-за которой подшипник не сможет плотно войти, поэтому было принято решение с помощью угловой шлифовальной машины отпилить часть с резьбой, а использовать ту, что была с гладкой поверхностью.



Рис. 2.2.3. Труба с частичной резьбой

Сопла будут изготовлены из трубы из нержавеющей стали с внешним диаметром десять миллиметров и толщиной стенок четыре сотых миллиметра, купленной в шиномонтажном магазине. Труба будет распилена на две одинаковые части с помощью угловой шлифовальной машины, а затем зажатая в тисках и нагретая на огне, будет изогнута при помощи плоскогубцев. Позже сопла будут приварены сварочным аппаратом к середине сферы, в месте, где заранее будут просверлены отверстия шестимиллиметровым сверлом.



Рис. 2.2.4. Труба, которая послужит соплами

На конце каждого сопла будут находиться зауженные отверстия. Для этого на концы сопел будет присоединены при помощи холодной сварки металлические наконечники от шариковых ручек. Здесь задействована холодная сварка по причине того, что невозможно будет при помощи сварочного аппарата приварить такую маленькую и тонкую деталь.



Рис. 2.2.5. Металлические наконечники от ручек

Для создания подставки будет использована железная труба внешним диаметром двадцать один миллиметр и толщиной стенки три миллиметра для надежности конструкции, купленная в шиномонтажном магазине. Проблема заключалась в том, что в магазине подобная труба в самом выгодном ценовом диапазоне продавалась в экземпляре, подверженном коррозии, но это было решено исправить с помощью наждачного диска. Труба будет распилена с помощью шлифовальной машины, а отдельные части будут крепиться на пластиковые фитинги и холодную сварку. Хотя изначально планировалось сварить трубы с помощью сварочного аппарата, пришлось отказаться от этой идеи в силу сложности осуществления и менее эстетичного вида конструкции по сравнению со вторым вариантом. В конце труба с подшипником внутри будет прикреплена к опорной конструкции с помощью фитинга. В конце все зазубрены и неровности будут исправлены с помощью наждачного диска.



Рис. 2.2.6. Трубы для опорной конструкции

Подводя итоги, был составлен список инструментов, с помощью которых будет изготовлен продукт.

Инструменты: плоскогубцы или пассатижи, сварочный аппарат на аргоне с алюминиевым присадочным стержнем, сварочный шлем, угловая шлифовальная машина с металлическим диском, источник тепла (газовая плита), наждачный диск, тиски, молоток, напильник, холодная сварка



Рис. 2.2.7. Пассатижи, сварочный аппарат, сварочный шлем, угловая шлифовальная машина, газовая плита



Рис. 2.2.8. Наждачная бумага, тиски, молоток, напильник, холодная сварка

### 2.3. Сборка продукта

Первоначальным этапом в сборке продукта будет изготовление трубы с подшипником. Для этого будет использована деталь, изображенная на рисунке 2.2.3. Для начала нужно избавиться от коррозии с помощью наждачного диска. После этого при помощи ножовки отпилить части с резьбой. Предварительно отшлифовав трубу внутри наждачным диском и нагрев ее на газовой плите, можно вставить подшипник. Далее нужно отпилить от вала часть длиной тридцать пять - тридцать шесть миллиметров и вставить во внутреннее отверстие подшипника.



Рис. 2.3.1. Труба, вал и подшипники до и после сборке

Вторым этапом в сборке продукта будет создание сферы. Для этого с помощью пассатижей нужно отсоединить ручку от чаши каждого половника.



Рис. 2.3.2. Отделение чаш половников от ручек

Затем сверлом нужно сделать два отверстия диаметром шесть миллиметров в одной из чаш, близких к тому краю, на который будет наложен сварной шов. Отверстия делаются до приваривания двух чаш друг к другу из-за того, что при сверлении металлическая стружка может попасть внутрь сферы, и достать ее будет крайне проблематично. Отверстия также нельзя делать на уровне сварного шва, так как это может повлечь за собой нарушение его целостности.

Теперь при помощи сварочного аппарата на аргоне с использованием алюминия в качестве присадочного стержня нужно сварить две чаши воедино, не забывая заварить отверстия, оставленные после отсоединения ручек половников от чаш. Стоит отметить, что процесс варки весьма сложен и кропотлив, а также опасен при несоблюдении техники безопасности.



Рис. 2.3.3. Процесс сварки двух чаш сварочным аппаратом

Теперь нужно отпилить от трубы, изображенной на рисунке 2.2.4. две части длиной по семь сантиметров, и, зажав их в тиски, нагреть и изогнуть под углом девяносто градусов.



Рис. 2.3.4. Загибание труб под углом девяносто градусов

Остается сварить готовую сферу, два изогнутых сопла и часть трубы с валом сварочным аппаратом, используя алюминий в качестве присадочного стержня.



Рис. 2.3.5. Процесс сварки сферы, сопел и вала

После этого следует при присоединить металлические наконечники от шариковых ручек к концам сопел, используя холодную сварку. Для этого, разогрев и смешав два компонента, нужно тонким раскатанным слоем нанести сварочную массу на поверхность наконечника и выходного отверстия сопла и дождаться высыхания массы.



Рис. 2.3.6. Присоединение металлического наконечника от шариковой ручки к выходному отверстию сопла

После создания вращательной конструкции следует перейти к сборке опорной конструкции. Для этого трубу, изображенную на рисунке 2.2.6., нужно отшлифовать, используя наждачную бумагу.



Рис. 2.3.7. Труба после обработки наждачной бумагой

Затем нужно распилить трубу на шесть частей: две части длиной семь с половиной сантиметров, три длиной пятнадцать сантиметров и одна длиной двадцать пять сантиметров.



Рис. 2.3.8. Труба, распиленная на части

Нагрев трубы, их можно будет вставить в фитинги, формируя фигуру опорной конструкции.



Рис. 2.3.9. Процесс сборки опорной конструкции

Так как не все трубы прочно входили в фитинги, пришлось использовать холодную сварку для прочности, а затем шлифовать наждачной бумагой и закрашивать массу белой краской.



Рис. 2.3.10. Укрепление опорной конструкции холодной сваркой и последующая ее маскировка

Завершающим этапом в сборке продукта будет соединение опорной конструкции с вращающейся конструкции с использованием дополнительного фитинга.



Рис. 2.3.11. Паровая машина Герона в сборке

## ГЛАВА III. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДУКТА.

### ИНДИКАТОРЫ

#### 3.1. Проверка работоспособности

После сборки продукта обязательно нужно проверить его работоспособность. Для этого мне пришлось отсоединить трубу с подшипником и валом от опорной конструкции и, зажав в тиски, нагревать на газовой плите сферу с залитой с помощью шприца водой, предварительно вставив спички в выходные отверстия, которые служили пробками, непр пропускающими пар наружу. Однако никакого эффекта не было, и стоял вопрос об исправлении и доработке продукта.

Первым делом был заменен, а затем смазан подшипник для уменьшения работы силы трения, но и это не дало никакого результата. Затем было замечено, что спички плохо справляются со своей задачей и пропускают пар, тогда и было принято решение заменить наконечники от шариковой ручки на деталь, распределяющую газ в горелке - диффузор. Преимущество диффузоров было в том, что они лучше крепились на холодную сварку, у них были уже выходные отверстия, в которые входили лишь иглы от шприца, которые позже и послужили пробками

#### 3.2. Экономический расчет

Таблица 3.1.1. Материальные затраты

Наименование материала	Цена	Количество	Стоимость в рублях
Половник (чаши от половников)	270 рублей/штука	2 штуки	540
Холодная сварка	105 рублей/штука	1 штука	105
Подшипник	40 рублей/штука	1 штука	40

Труба с резьбой (под подшипник)	50 рублей/штука	1 штука	50
Металлическая труба (для опорной конструкции)	100 рублей/метр	0,85 метра	85
Металлический вал	205 рублей/10 сантиметров	3,5 сантиметра	71,75
Диффузор	3 рубля/штука	2 штуки	6
Алюминиевый присадочный стержень	24 рубля/метр	0,6 метра	14,4
Труба из нержавеющей стали (сопла)	90 рублей/метр	0,14 метра	12,6
Баллон белой краски	300 рублей/штука	0,9 содержимого	30
Пластиковые фитинги	8 рублей/штука	7 штук	56

При работе над продуктом для проекта я пользовался газовой плитой мощностью 2 кВт и потреблением газа 0,32 кубометра/час 40 минут; угловой шлифовальной машиной мощностью 1,2 кВт 30 минут; сварочным аппаратом на аргоне мощностью 3 кВт 20 минут без учета времени обучения.

Затраты на электроэнергию: 9,75 рублей

Затраты на газ: 2,2 рубля

Общая стоимость проекта: **1022,7 рубле**

## Заключение

В процессе создания парового двигателя я получил опыт работы с угловой шлифовальной машиной, сварочным аппаратом и холодной сваркой. Соблюдение необходимых требований техники безопасности позволило мне не допустить негативного воздействия на себя и окружающих.

На основе вышеизложенной информации можно сделать следующие выводы:

1. Поставленные задачи выполнены, рабочая модель парового двигателя Герона Александрийского изготовлена;
2. Цель проектной деятельности достигнута, проведена информационная демонстрация продукта учащимся на одном из уроков физики.

Данный двигатель демонстрирует:

1. Закон сохранения энергии, согласно которому энергия не может быть создана или уничтожена, а только преобразована из одной формы в другую.
2. Закон Гей-Люссака, который утверждает, что объем газа при постоянной температуре изменяется обратно пропорционально давлению.
3. Закон Бойля-Мариотта, который утверждает, что давление, умноженное на объем газа, при постоянной температуре, остается постоянным.
4. Закон Авогадро, который утверждает, что при одинаковых условиях давления и температуры равные объемы газов содержат одинаковое количество молекул.
5. Принцип работы теплового двигателя.
6. Превращение тепловой энергии в механическую работу
7. Циклический процесс

## Список источников и использованной литературы

1. Тепловые двигатели [электронный ресурс :] : урок физики в 10 классе / Павленок Мария Петровна ; МОУ СОШ № 3 г. Клинцы. - Брянск : Медиаресурсы, 2007.
2. История науки и техники. Эпоха античности [Текст] : хрестоматия : для студентов всех форм обучения технических специальностей / [сост.: А. В. Бармин и др.] ; М-во образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Ин-т гуманитарных наук и искусств ; под общ. ред. В. В. Запария. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2016. - 174 с.; 21 см.; ISBN 978-5-7996-1711-0
3. Тепловые двигатели : Курс офицер. класса Воен. электротехн. шк. : 1909-10 учеб. год. Ч. 2- / Д. Яковлев, воен. инж. - Санкт-Петербург : типо-лит. А.Ф. Маркова, 1910. - 27.
4. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 класс [Текст] : профильный уровень : учебник / Г. Я. Мякишев, А. З. Сиянков. - 16-е изд., стер. - Москва : Дрофа, 2014. - 349 с. : ил., портр., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-358-13567-3
5. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 класс [Текст] : углублённый уровень : учебник / Г. Я. Мякишев, А. З. Сиянков. - 2-е изд., стер. - Москва : Дрофа, 2014. - 350, [1] с. : ил., портр., табл.; 22 см. - (ФГОС) (Вертикаль); ISBN 978-5-358-13687-8
6. Введение в теорию тепловых машин прямого нагрева / Д. Б. Волов ; Самар. науч. центр Рос. акад. наук, Самар. гос. акад. путей сообщ. - Самара : Изд-во СНЦ РАН : Изд-во СамГАПС, 2005. - 202 с. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 5-93424-198-2
7. Паровой двигатель Герона. [Электронный ресурс] – режим доступа: [https://pikabu.ru/story/samyiy\\_pervyy\\_parovoy\\_dvigatel\\_gerona\\_aleksandriyskogo\\_7323540](https://pikabu.ru/story/samyiy_pervyy_parovoy_dvigatel_gerona_aleksandriyskogo_7323540)
8. Создание чертежей. [Электронный ресурс] – режим доступа: [https://vsedal.com/blog/chertezhi/kak\\_narisovat\\_chertezh?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://vsedal.com/blog/chertezhi/kak_narisovat_chertezh?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)
9. Великие изобретения Герона Александрийского. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://n-metro.ru/1001-изобретение-герона-из-александрии/>
10. Создание 3D модели. [Электронный ресурс] – режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=hNkeV\\_qbWLO](https://www.youtube.com/watch?v=hNkeV_qbWLO)

## Приложение 1. Создание чертежа продукта и 3д модели на основе имеющихся материалов

Так как мой проект подразумевает сборку из нескольких деталей в итоговую конструкцию, возникает потребность в чертеже продукта.

Для определения масштаба были произведены замеры деталей с помощью штангенциркуля и линейки. После соотнесения размеров, получилось так, что на листе А2 чертеж продукта моего проекта вмещается лишь в масштабе один к двум. Это усложняет задачу, так как приходится работать не с сантиметрами, а с миллиметрами.

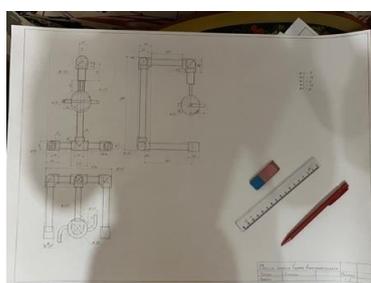


Рис. 2.3.2. Завершенный чертеж модели эолипила Герона Александрийского

За основу в создании действующего двигателя я решил взять не только чертежи, но и 3D модель, чтобы оптимизировать дизайн изделия. На этом этапе нужно выделить основные преимущества 3D моделирования:

- Визуализация: 3D модель позволяет более наглядно и реалистично представить изделие, чем чертежи на бумаге. Это поможет как и исполнителю, так и проверяющему.
- Проверка соответствия: 3D модель может быть использована для проверки соответствия изделия требованиям и спецификациям проектирования. Это позволяет выявить потенциальные проблемы и доработать проект до перехода к производству.
- Производство и сборка: 3D модель может быть использована для оптимизации производственных процессов и схемы сборки, а также для симуляции производственного процесса и проверки совместимости деталей до самого изготовления.

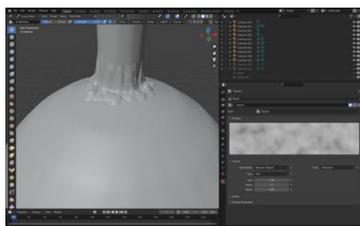


Рис 2.4.1. Создание имитации сварочного шва с помощью кисти в Sculpt Mode



Рис 2.4.2. Готовая 3D модель продукта без добавления шейдеров  
После проделанной работы 3D модель может считаться законченной.



Рис. 2.4.3. Завершенная модель продукта с добавлением шейдеров

## **Приложение 2. Процесс эксплуатации сварочного аппарата**

Сварка сварочным аппаратом в аргоновой среде (TIG-сварка) представляет собой процесс соединения металлических деталей путем плавления свариваемого материала под воздействием электрической дуги и защитного газа (обычно используется аргон).

Процесс сварки на аргоне включает в себя следующие шаги:

1. Подготовка оборудования и материалов: необходимо проверить состояние сварочного аппарата, установить необходимые параметры для конкретного материала (ток, напряжение, скорость подачи сварочного стержня) и подготовить свариваемые детали (очистить от загрязнений).
2. Зажигание дуги: оператор устанавливает сварочный аппарат в необходимом положении, держит сварочную торцевую лампу вдоль соединяемых деталей и запускает дугу между электродом (обычно из вольфрама) и свариваемым материалом с помощью педали.
3. Сварка: при прохождении тока через дугу и свариваемые детали происходит плавление материала, который сливается и образует сварной шов. Аргон, подаваемый в рабочую зону, образует защитную атмосферу, предотвращающую окисление расплавленного металла.
4. Завершение сварки: после завершения сварочного соединения оператор останавливает подачу тока и дожидается остывания сваренной детали.

TIG-сварка на аргоне обладает рядом преимуществ, таких как высокое качество сварного соединения, отсутствие брызг и брызговиков, возможность сварки различных материалов, но требует определенные навыки и опыт для его выполнения.

### **Приложение 3. Техника безопасности при эксплуатации сварочного аппарата**

Использование сварочного аппарата может быть опасным, поэтому необходимо соблюдать технику безопасности. Ниже приведены основные меры безопасности при работе со сварочным аппаратом:

1. Использование защитной экипировки: всегда надевайте защитные очки, защитную маску для сварки, защитные перчатки, фартук и одежду из негорючих материалов.
2. Вентиляция: Работайте в хорошо проветриваемом помещении или обеспечьте дополнительную вентиляцию для удаления дыма и газов, выделяющихся во время сварки.
3. Пожароопасность: Сварочные работы могут стать причиной пожара. Убедитесь, что в рабочем месте нет воспламеняющихся материалов, а также имейте при себе огнетушитель.
4. Подготовка рабочего места: очистите место работы от горючих материалов и предметов, которые могут затруднить доступ к электроду.
5. Осторожность при работе: Избегайте прикосновения электрода к телу, не касайтесь обнаженными руками расплавленного металла, держитесь на безопасном расстоянии от дуги.
6. Отключение аппарата: после завершения работы выключите сварочный аппарат, отсоедините его от источника питания и дождитесь полного остывания.
7. Обучение и практика: перед началом работы с сварочным аппаратом пройдите обучение и освоение техники работы. Практикуйте безопасные приемы работы и следуйте инструкциям производителя.

Соблюдение мер безопасности при работе со сварочным аппаратом поможет предотвратить травмы и несчастные случаи на рабочем месте.

## **Приложение 4. Техника безопасности при эксплуатации угловой шлифовальной машины**

1. Наденьте защитные очки, чтобы защитить глаза от искр и металлических осколков.
2. Наденьте защитные перчатки, чтобы избежать травмирования рук при работе с машиной.
3. Правильно закрепите деталь или заготовку перед началом работы, чтобы избежать ее смещения или выпадения в процессе шлифовки.
4. Не допускайте перегрузки машины - следите за ее температурой, вибрацией и звуком в процессе работы.
5. Регулярно проверяйте состояние диска шлифовальной машины - оборванный или изношенный диск может привести к аварии.
6. Не допускайте работу без защитного кожуха на шлифовальной машине.
7. Перед сменой диска отключите машину от источника питания.
8. Не допускайте использование машины вблизи легковоспламеняющихся жидкостей или газов.
9. При работе с машиной следите за своим расположением и окружающими людьми, не допускайте случайных травм.
10. При возникновении проблем с работой машины немедленно выключите ее и обратитесь к специалисту для ремонта.

