

**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ  
Академический руководитель  
образовательной программы  
«Программная инженерия»,  
профессор департамента программной  
инженерии, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ В.В. Шилов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Выпускная квалификационная работа**

на тему «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато»  
по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия»

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Научный руководитель  
Доцент департамента программной  
инженерии факультета компьютерных  
наук  
канд. техн. наук  
Римма Закиевна Ахметсафина

Выполнил  
студент группы бПИ141  
4 курса бакалавриата  
образовательной программы  
«Программная инженерия»  
Михаил Михайлович Ильченко

---

Подпись, Дата

---

Подпись, Дата

**Москва 2018**

## **Содержание**

<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>45</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....</b>	<b>57</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В.....</b>	<b>67</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....</b>	<b>77</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

СОГЛАСОВАНО  
Научный руководитель,  
Доцент департамента  
программной инженерии  
факультета компьютерных наук  
канд. техн. наук

УТВЕРЖДАЮ  
Академический руководитель  
образовательной программы  
«Программная инженерия»  
профессор департамента программной  
инженерии, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Р.З. Ахметсафина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

\_\_\_\_\_ В.В. Шилов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Инв. № подп	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.

### ПРОГРАММА ДЛЯ ДИЗАЙНА ПОВЕРХНОСТЕЙ КИРХГОФА-ПЛАТО

#### Техническое задание

#### ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

**RU.17701729.04.01-01 ТЗ 01-1-ЛУ**

Исполнитель  
студент группы бПИ141  
\_\_\_\_\_ М.М. Ильченко  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

**Москва 2018**

УТВЕРЖДЕН  
RU.17701729.04.01-01 ТЗ 01-1-ЛУ

**ПРОГРАММА ДЛЯ ДИЗАЙНА ПОВЕРХНОСТЕЙ КИРХГОФА-ПЛАТО**

**Техническое задание**

**RU.17701729.04.01-01 ТЗ 01-1**

**Листов 12**

<i>Инв. № подл</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

**Москва 2018**

## Содержание

<b>1. ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>48</b>
1.1. Наименование программы .....	48
1.2. Краткое описание области .....	48
<b>2. ОСНОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ .....</b>	<b>49</b>
<b>3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ .....</b>	<b>50</b>
<b>4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ.....</b>	<b>51</b>
4.1. Требования к функциональным характеристикам .....	51
4.2. Требования к интерфейсу .....	51
4.3. Требования к надежности.....	51
4.4. Требование к входным данным .....	51
4.5. Требование к выходным данным.....	51
4.6. Условия эксплуатации .....	51
4.7. Требования к составу и параметрам технических средств .....	51
4.8. Требования к информационной и программной совместимости .....	52
<b>5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....</b>	<b>53</b>
<b>6. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ .....</b>	<b>54</b>
<b>7. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЁМКИ .....</b>	<b>55</b>

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 Т3 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 1. ВВЕДЕНИЕ

### 1.1. Наименование программы

Наименование программы – «Kirchhoff-Plateau Surfaces»

### 1.2. Краткое описание области

Данная программа посвящена дизайну и визуализации минимальных поверхностей, ограниченных гибким каркасом, называемых поверхностями Кирхгофа-Плато.

Задача о существовании минимальной поверхности, называемая задачей Плато, существует уже более 250 лет. При этом она до сих пор активно исследуется.

Первоначально задача была сформулирована Лагранжем в 1760 году, а своё название получила в честь бельгийского физика Плато, проводившего эксперименты с натяжением мыльных плёнок. Мыльные плёнки представляют собой физическую визуализацию минимальных поверхностей, так как вследствие сил натяжения стремятся занять минимальную площадь при натяжении не некоторый каркас

Описание и поиск поверхностей с минимальной площадью могут быть применены в физике, математике, биохимии, архитектуре, строительстве и других сферах деятельности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 2. ОСНОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ

Приказ НИУ ВШЭ № 2.3-02/1212-02 от 12.12.2017. Программа выполнена в рамках темы выпускной квалификационной работы «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато» (факультет компьютерных наук, департамент программной инженерии), в соответствии с учебным планом подготовки бакалавров по направлению 09.03.04 "Программная инженерия".

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 Т3 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### **3. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ**

Разработка программы направлена на создание desktop приложения, которое позволит создавать и визуализировать поверхности Кирхгофа-Плато, ограниченные заданными каркасами.

Сложность задачи обосновывается сложностью поиска точного аналитического решения задачи вследствие её непростого математического описания и сложностью реализации инструмента для создания трёхмерных объектов.

Разработанная программа будет полезным визуальным инструментом, нужным для понимания устройства минимальных поверхностей.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 Т3 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

### 4.1. Требования к функциональным характеристикам

Программа должна обеспечить возможность выполнения следующих функций:

- 1) Создание двумерных каркасов;
- 2) деформация построенных каркасов;
- 3) преобразование двумерного каркаса в трёхмерный;
- 4) расчёт точек, принадлежащих минимальной поверхности;
- 5) визуализация трёхмерных объектов на сцене;
- 6) движение камеры и объектов.

### 4.2. Требования к интерфейсу

- 1) Программа должна иметь пространство для рисования и деформации каркаса;
- 2) программа должна иметь пространство для визуализации трёхмерных поверхностей;
- 3) при запуске программы ни один каркас не задан;
- 4) окно программы должно быть расширяемым.

### 4.3. Требования к надежности

- 1) Программа вне зависимости от действий пользователя не должна завершаться аварийно.

### 4.4. Требование к входным данным

- 1) Отсутствуют.

### 4.5. Требование к выходным данным

- 1) Отсутствуют.

### 4.6. Условия эксплуатации

- 1) Пользователь должен изучить технический документ «Руководство оператора» (ГОСТ 19.505-79) для того, чтобы понимать и использовать функционал программы

### 4.7. Требования к составу и параметрам технических средств

- 1) Операционная система Windows или Mac OS;
- 2) 4 гигабайта (ГБ) оперативной памяти (ОЗУ);
- 3) 500 мегабайт (МБ) пространства на жестком диске;
- 4) графический процессор, совместимый с набором инструментов OpenGL;
- 5) монитор и видеоадаптер с разрешением 950 X 480 или более высоким;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

6) клавиатура и мышь (манипулирующие устройства).

#### **4.8. Требования к информационной и программной совместимости**

Для работы программы необходим следующий состав программных средств:

- 1) Интерпретатор языка Python 3;
- 2) дополнительные Python библиотеки (модули);
- 3) OpenGL 3.0 и выше.

Данные требования обусловлены используемыми средствами реализации.

Используемые python-модули, необходимые для работы программы, должны быть описаны в файле под названием «requirements.txt», лежащем в программном проекте.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Состав программной документации:

- 1) «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато». Программа и методика испытаний (ГОСТ 19.301-79);
- 2) «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато». Текст программы (ГОСТ 19.401-78);
- 3) «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато». Руководство оператора (ГОСТ 19.505-79);
- 4) «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато». Техническое задание (ГОСТ 19.201-78);

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 Т3 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 6. СТАДИИ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ

Стадии разработки:

I. Техническое задание. Этапы разработки:

1. Обоснование необходимости разработки программы.
  - 1) Постановка задачи
  - 2) Сбор исходных материалов
2. Разработка
  - 1) Определение требований к программе
  - 2) Определение стадий, этапов разработки программы и документации на нее
3. Утверждение технического задания

II. Рабочий проект. Этапы разработки:

1. Разработка программы
  - 1) Разработка интерфейса
  - 2) Программирование и отладка программы
2. Разработка программной документации
  - 1) Разработка текста ВКР
  - 2) Разработка программы и методики испытаний
  - 3) Разработка руководства оператора
  - 4) Разработка текста программы
3. Испытание программы

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 7. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЁМКИ

Контроль и приемка разработки осуществляются в соответствии с документом «Программа и методика испытаний» (ГОСТ 19.301-79).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 Т3 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 ТЗ 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

СОГЛАСОВАНО  
Научный руководитель,  
Доцент департамента  
программной инженерии  
факультета компьютерных наук  
канд. техн. наук

УТВЕРЖДАЮ  
Академический руководитель  
образовательной программы  
«Программная инженерия»  
профессор департамента программной  
инженерии, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Р.З. Ахметсафина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

\_\_\_\_\_ В.В. Шилов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Инв. № подп	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### ПРОГРАММА ДЛЯ ДИЗАЙНА ПОВЕРХНОСТЕЙ КИРХГОФА-ПЛАТО

#### Руководство оператора ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

**RU.17701729.04.02-01 34 01-1-ЛУ**

Исполнитель  
студент группы бПИ141  
\_\_\_\_\_ М.М. Ильченко  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

**Москва 2018**

УТВЕРЖДЕН  
RU.17701729.04.01-01 34 01-1-ЛУ

**ПРОГРАММА ДЛЯ ДИЗАЙНА ПОВЕРХНОСТЕЙ КИРХГОФА-ПЛАТО**

**Руководство оператора**

**RU.17701729.04.01-01 34 01-1**

**Листов 10**

<i>Инв. № подл</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

**Москва 2018**

## Содержание

<b>1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>60</b>
1.1. Функциональное назначение.....	60
1.2. Эксплуатационное назначение .....	60
<b>2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>61</b>
2.1. Минимальный состав аппаратурных средств .....	61
2.2. Минимальный состав аппаратурных средств .....	61
2.3. Требования к персоналу (пользователю).....	61
<b>3. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>62</b>
3.1. Запуск программы .....	62
3.2. Контейнер 2D.....	62
3.3. Контейнер 3D.....	64
3.4. Управление мышью .....	65
3.5. Управление клавиатурой .....	65

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 34 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## **1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ**

### **1.1. Функциональное назначение**

Функциональное назначение приложения заключается в дизайне поверхностей Кирхгофа-Плато.

### **1.2. Эксплуатационное назначение**

Область – компьютерная графика, визуализация минимальных поверхностей.

Программа должна дать возможность создавать и деформировать трёхмерные замкнутые линии – каркасы, для которых происходит поиск и визуализация поверхностей Кирхгофа-Плато.

Сложность задачи заключается в следующем:

- 1) Инструмент для рисования трёхмерных кривых не будет простым и очевидным для рядового пользователя;
- 2) точный аналитический поиск минимальной поверхности не имеет простого алгоритма.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 34 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Минимальный состав аппаратурных средств

Для работы программы необходим следующий набор технических средств:

- 1) Компьютер с операционной системой Windows или Mac OS;
- 2) 4 гигабайта (ГБ) оперативной памяти (ОЗУ);
- 3) 500 мегабайт (МБ) пространства на жестком диске;
- 4) графический процессор, совместимый с набором инструментов OpenGL;
- 5) монитор и видеоадаптер с разрешением 950 X 480 или более высоким;
- 6) клавиатура и мышь (манипулирующие устройства).

### 2.2. Минимальный состав программных средств

Для работы программы необходим следующий состав программных средств:

- 1) Интерпретатор языка Python 3;
- 2) дополнительные Python библиотеки (модули);
- 3) OpenGL 3.0 и выше.

Данные требования обусловлены используемыми средствами реализации.

Дополнительные Python-модули, необходимые для работы программы, должны быть описаны в файле под названием «requirements.txt», лежащем в программном проекте.

### 2.3. Требования к персоналу (пользователю)

Для работы с программой конечный пользователь должен:

- 1) Обладать практическими навыками работы с интерфейсом операционной системы, на которой будет работать программа;
- 2) знать основную терминологию и суть самой задачи, которую должна решать программа;
- 3) изучить данный документ «Руководство пользователя».

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 34 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### 3. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ

#### 3.1. Запуск программы

Для запуска программы необходимо:

- 1) Иметь исходный код программы, лежащий в директории KPS, содержащей следующие файлы:
  - a. Kirchhoff-Plateau Surfaces.py;
  - b. app.py;
  - c. boundary.py;
  - d. container.py;
  - e. geom.py;
  - f. test.py
  - g. requirements.txt.
- 2) установить необходимые модули, имеющиеся в файле «requirements.txt» при помощи консольной команды *pip install -r requirements.txt*.

Запуск программы происходит при помощи консольной команды *python Kirchhoff-Plateau\ Surfaces.py*. При запуске открывается окно размера 950x480 (Рис. 1).

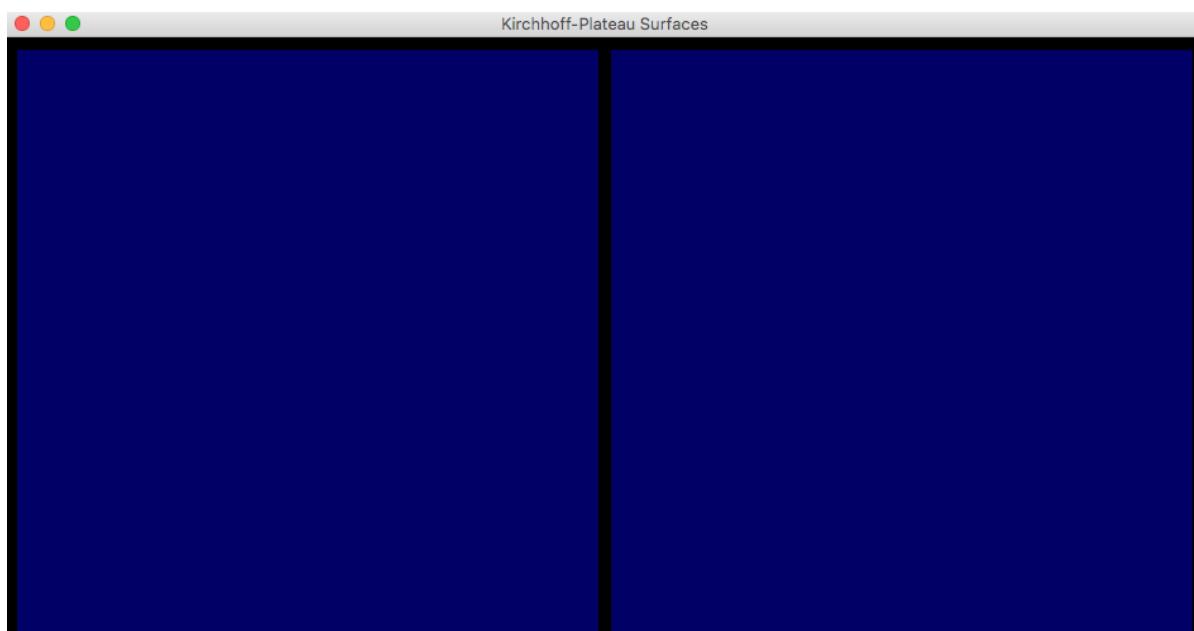


Рис. 1. Окно программы с двумя пустыми контейнерами синего цвета

#### 3.2. Контейнер 2D

2D контейнер, находящийся слева (Рис. 1), предназначен для рисования контрольных точек и линий, из которых получается каркас.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 34 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Для установки контрольной точки необходимо нажать левой кнопкой мыши (ЛКМ) в пределах 2D контейнера. Для создания линии необходимо нажать на неактивную точку при существовании активной.

Контрольные точки обозначаются жёлтым (все точки) и красным (единственная активная точка) цветом. Линии обозначаются серым (все линии) и зелёным (линия, на которую наведена мышь) цветом. Для замкнутых линий белым цветом закрашивается внутренняя область (Рис. 2).

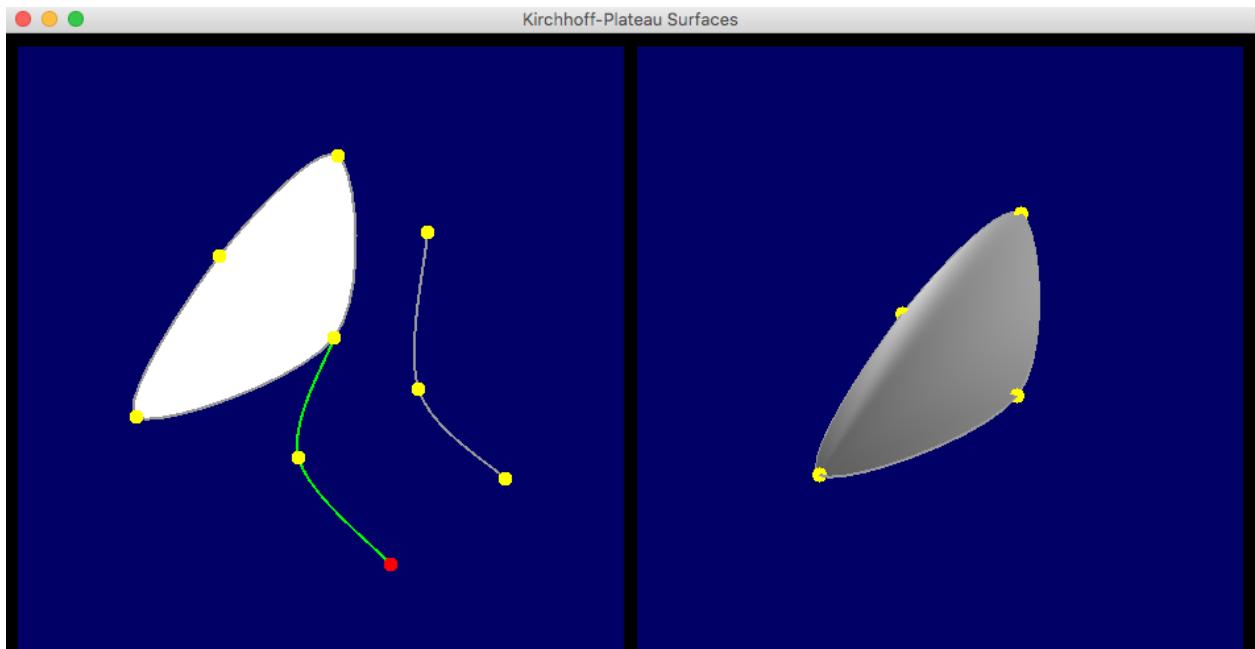


Рис. 2. Контрольные точки, замкнутые и незамкнутые линии

Точка может быть перемещена, если зажать на ней ЛКМ. Новое положение точки определяется местом, где ЛКМ была отпущена (Рис. 3).

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 34 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

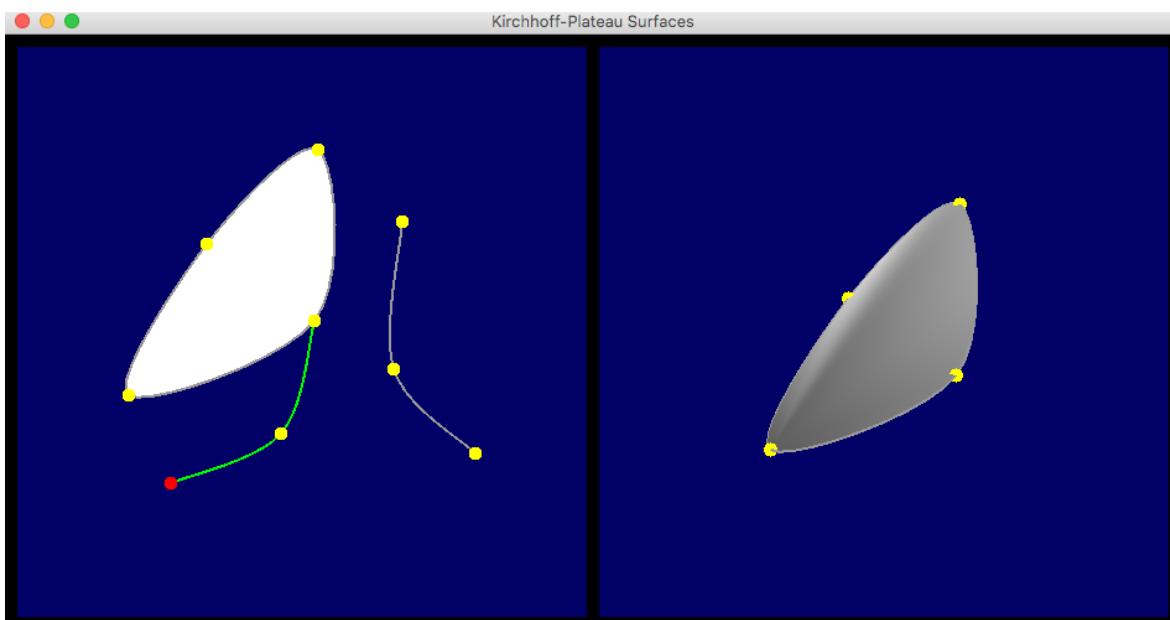


Рис. 3. Изменение положения точки

### 3.3. Контейнер 3D

3D контейнер, находящийся справа (Рис. 1), предназначен для визуализации трёхмерной поверхности и её вращения.

Трёхмерная поверхность в 3D контейнере раскрашивается оттенками серого цвета с зависимостью от падающего света.

Для вращения поверхностей необходимо передвигать мышь в пределах 3D контейнера с зажатой ЛКМ (Рис. 4). Вращение поверхностей происходит вокруг центра масс их контрольных точек.

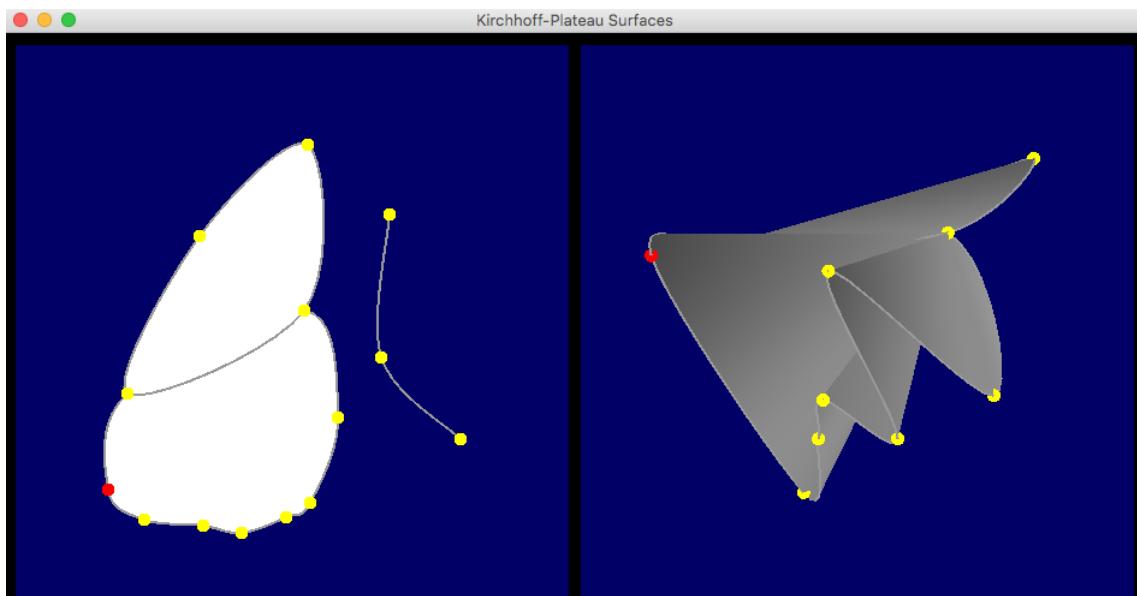


Рис. 4. Два замкнутых каркаса с вращением на 3D контейнере

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 34 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### **3.4. Управление мышью**

2D контейнер реализует следующие pyglet-event'ы:

- 1) mouse motion – движение мыши в пределах контейнера для покраски линий;
- 2) mouse press – нажатие ЛКМ для установки, установки активности и соединения контрольных точек;
- 3) mouse drag – движение мыши в пределах контейнера с зажатой ЛКМ для перемещения активной точки.

3D контейнер реализует только mouse drag для вращения поверхностей.

### **3.5. Управление клавиатурой**

Программа обрабатывает нажатия следующих клавиш для управления:

- 1) Escape – для выхода из программы, аналогично закрытию окна;
- 2) Delete – удаляет активную точку;
- 3) Down (стрелка вниз) – для уменьшения размера контрольной точки;
- 4) Up (стрелка вверх) – для увеличения размера контрольной точки;
- 5) С – для очистки контейнеров от всех нарисованных точек и линий;
- 6) Q – для возвращения поверхности в 3D контейнере в позицию без вращения;
- 7) A – для вращения влево на 180 градусов;
- 8) W – для вращения вверх на 180 градусов;
- 9) D – для вращения вправо на 180 градусов;
- 10) S – для вращения вниз на 180 градусов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 34 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 34 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

СОГЛАСОВАНО  
Научный руководитель,  
Доцент департамента  
программной инженерии  
факультета компьютерных наук  
канд. техн. наук

УТВЕРЖДАЮ  
Академический руководитель  
образовательной программы  
«Программная инженерия»  
профессор департамента программной  
инженерии, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Р.З. Ахметсафина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

\_\_\_\_\_ В.В. Шилов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Инв. № подп	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### ПРОГРАММА ДЛЯ ДИЗАЙНА ПОВЕРХНОСТЕЙ КИРХГОФА-ПЛАТО

#### Программа и методика испытаний

#### ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

**RU.17701729.04.02-01 51 01-1-ЛУ**

Исполнитель  
студент группы бПИ141  
М.М. Ильченко  
\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Москва 2018

УТВЕРЖДЕН  
RU.17701729.04.01-01 51 01-1-ЛУ

**ПРОГРАММА ДЛЯ ДИЗАЙНА ПОВЕРХНОСТЕЙ КИРХГОФА-ПЛАТО**

**Программа и методика испытаний**

**RU.17701729.04.01-01 51 01-1**

**Листов 10**

<i>Инв. № подл</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

**Москва 2018**

## Содержание

<b>1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ .....</b>	<b>70</b>
1.1. Наименование программы .....	70
1.2. Область применения .....	70
<b>2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ .....</b>	<b>71</b>
<b>3. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ.....</b>	<b>72</b>
3.1. Требования к функциональным характеристикам .....	72
3.2. Требования к интерфейсу .....	72
3.3. Требования к надежности.....	72
3.4. Требование к входным данным .....	72
3.5. Требование к выходным данным.....	72
3.6. Условия эксплуатации .....	72
3.7. Требования к составу и параметрам технических средств .....	72
3.8. Требования к информационной и программной совместимости .....	73
<b>4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....</b>	<b>74</b>
4.1. Состав программной документации .....	74
4.2. Специальные требования .....	74
<b>5. СРЕДСТВА И ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ.....</b>	<b>75</b>
5.1. Технические средства, используемые во время испытаний.....	75
5.2. Программные средства, используемые во время испытаний.....	75
5.3. Порядок проведения испытаний .....	75

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 51 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 1. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

### 1.1. Наименование программы

Наименование программы – «Kirchhoff-Plateau surfaces»

### 1.2. Область применения

Область – компьютерная графика, визуализация минимальных поверхностей.

Программа должна дать возможность создавать и деформировать трёхмерные замкнутые линии – каркасы, для которых происходит поиск и визуализация поверхностей Кирхгофа-Плато.

Сложность задачи заключается в следующем:

- 1) Инструмент для рисования трёхмерных кривых не будет простым и очевидным для рядового пользователя;
- 2) точный аналитический поиск минимальной поверхности не имеет простого алгоритма.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 51 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 2. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Цель проведения испытаний – проверка соответствия характеристик разработанной программы функциональным требованиям и отдельным требованиям к надёжности, изложенных в документе «Техническое задание» к данной программе.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 51 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

#### 3.1. Требования к функциональным характеристикам

Программа должна обеспечить возможность выполнения следующих функций:

- 1) Создание двумерных каркасов;
- 2) деформация построенных каркасов;
- 3) преобразование двумерного каркаса в трёхмерный;
- 4) расчёт точек, принадлежащих минимальной поверхности;
- 5) визуализация трёхмерных объектов на сцене;
- 6) движение камеры и объектов.

#### 3.2. Требования к интерфейсу

- 1) Программа должна иметь пространство для рисования и деформации каркаса;
- 2) программа должна иметь пространство для визуализации трёхмерных поверхностей;
- 3) при запуске программы ни один каркас не задан;
- 4) окно программы должно быть расширяемым.

#### 3.3. Требования к надежности

- 1) Программа вне зависимости от действий пользователя не должна завершаться аварийно.

#### 3.4. Требование к входным данным

- 1) Отсутствуют.

#### 3.5. Требование к выходным данным

- 1) Отсутствуют.

#### 3.6. Условия эксплуатации

- 1) Пользователь должен изучить технический документ «Руководство оператора» (ГОСТ 19.505-79) для того, чтобы понимать и использовать функционал программы

#### 3.7. Требования к составу и параметрам технических средств

- 1) Операционная система Windows или Mac OS;
- 2) 4 гигабайта (ГБ) оперативной памяти (ОЗУ);
- 3) 500 мегабайт (МБ) пространства на жестком диске;
- 4) графический процессор, совместимый с набором инструментов OpenGL;
- 5) монитор и видеоадаптер с разрешением 950 X 480 или более высоким;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 51 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

6) клавиатура и мышь (манипулирующие устройства).

### **3.8. Требования к информационной и программной совместимости**

Для работы программы необходим следующий состав программных средств:

- 1) Интерпретатор языка Python 3;
- 2) дополнительные Python библиотеки (модули);
- 3) OpenGL 3.0 и выше.

Данные требования обусловлены используемыми средствами реализации.

Используемые python-модули, необходимые для работы программы, должны быть описаны в файле под названием «requirements.txt», лежащем в программном проекте.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 51 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 4. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### 4.1. Состав программной документации

- 1) «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато». Программа и методика испытаний (ГОСТ 19.301-79);
- 2) «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато». Текст программы (ГОСТ 19.401-78);
- 3) «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато». Руководство оператора (ГОСТ 19.505-79);
- 4) «Программа для дизайна поверхностей Кирхгофа-Плато». Техническое задание (ГОСТ 19.201-78);

### 4.2. Специальные требования

- 1) Все документы к программе должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 19.106-78 (Требования к программным документам, выполненным печатным способом) и ГОСТ к этому виду документа (см. п. 4.1.).
- 2) Вся документация сдается в печатном виде, при этом она должна быть обязательно подписана руководителем организации, утвердившей документ на разработку, руководителем разработки и исполнителем перед сдачей выпускной квалификационной работы в информационно-образовательную среду НИУ ВШЭ LMS (Learning management system) и ее защитой.
- 3) Вся документация также сдается в электронном виде в формате .pdf или .docx. в архиве формата .zip. Все документы перед защитой выпускной квалификационной работы должны быть загружены в информационно-образовательную среду НИУ ВШЭ LMS (Learning management system) в личном кабинете во вкладке «Проекты» - «ВКР 2018».

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 51 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 5. СРЕДСТВА И ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ

### 5.1. Технические средства, используемые во время испытаний

Во время испытаний использовался MacBook Pro 2017 с процессором 2,3 GHz Intel Core i5, 8 ГБ ОЗУ, экраном Retina и графикой Intel Iris Plus Graphics 640 1536 МБ.

### 5.2. Программные средства, используемые во время испытаний

На техническом средстве использовались следующие программные средства:

- 1) macOS High Sierra 10.13.4;
- 2) OpenGL 4.1;
- 3) Python 3.6;
- 4) Python-модули
  - a. de9im 0.1;
  - b. glooey 0.1.2;
  - c. numpy 1.12.1;
  - d. pyglet 1.3.2;
  - e. pyquaternion 0.9.2;
  - f. Shapely 1.6.4;
  - g. Sympy 1.0;
- 5) IDE PyCharm.

### 5.3. Порядок проведения испытаний

Испытания должны проводиться в следующем порядке:

- 1) Проверка требований к программной документации;
- 2) проверка требований к интерфейсу;
- 3) проверка требований к надёжности;
- 4) проверка требований к функциональным характеристикам.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 51 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 51 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

СОГЛАСОВАНО  
Научный руководитель,  
Доцент департамента  
программной инженерии  
факультета компьютерных наук  
канд. техн. наук

УТВЕРЖДАЮ  
Академический руководитель  
образовательной программы  
«Программная инженерия»  
профессор департамента программной  
инженерии, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Р.З. Ахметсафина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

\_\_\_\_\_ В.В. Шилов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Инв. № подп	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.

### ПРОГРАММА ДЛЯ ДИЗАЙНА ПОВЕРХНОСТЕЙ КИРХГОФА-ПЛАТО

#### Текст программы

#### ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ

**RU.17701729.04.02-01 12 01-1-ЛУ**

Исполнитель  
студент группы бПИ141  
\_\_\_\_\_ М.М. Ильченко  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г.

**Москва 2018**

УТВЕРЖДЕН  
RU.17701729.04.01-01 12 01-1-ЛУ

**ПРОГРАММА ДЛЯ ДИЗАЙНА ПОВЕРХНОСТЕЙ КИРХГОФА-ПЛАТО**

**Текст программы**

**RU.17701729.04.01-01 12 01-1**

**Листов 27**

<i>Инв. № подп</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>

**Москва 2018**

## Содержание

1. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ .....	80
--------------------------	----

Иzm.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 1. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ

Полный текст программы на исходном языке находится в директории «Текст Программы» на носителе информации типа DVD-R диск в связи с большим количеством строк кода.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## **ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.04.01-01 12 01-1				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата