

**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.

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

### 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>

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

## 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.

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

## 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».

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

### 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.

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



## **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;

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

б) 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.

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

## 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);

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

## 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

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

## 7. ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЁМКИ

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

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

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]

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

## 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.

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

### 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

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

## 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.

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

## 2. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Минимальный состав аппаратных 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).

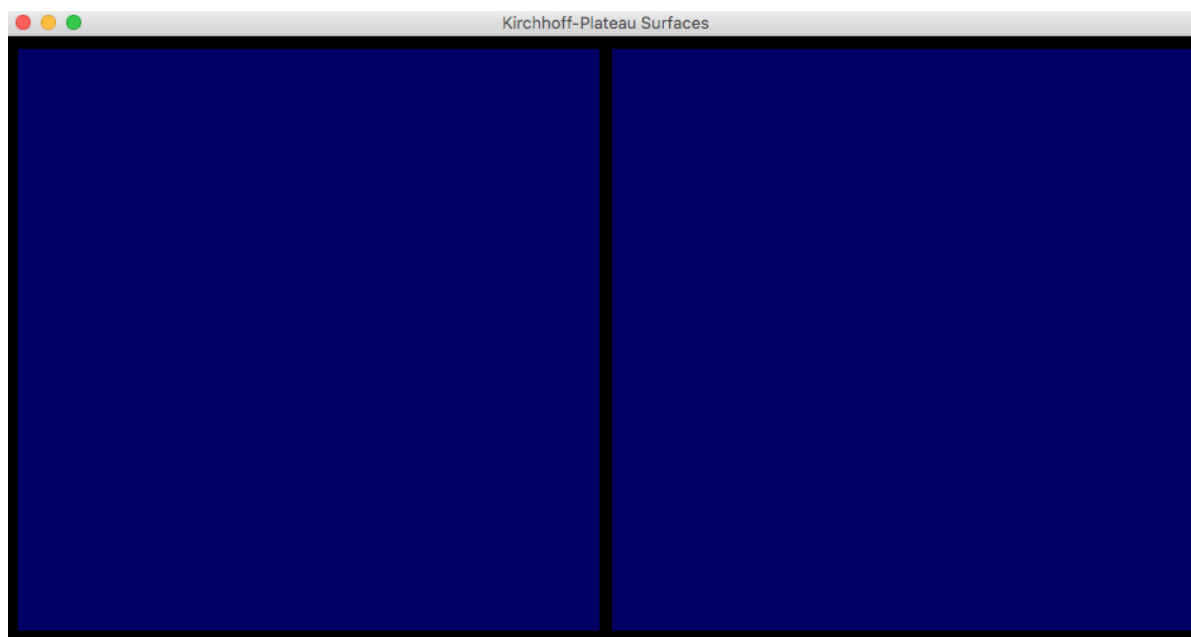


Рис. 1. Окно программы с двумя пустыми контейнерами синего цвета

#### 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).

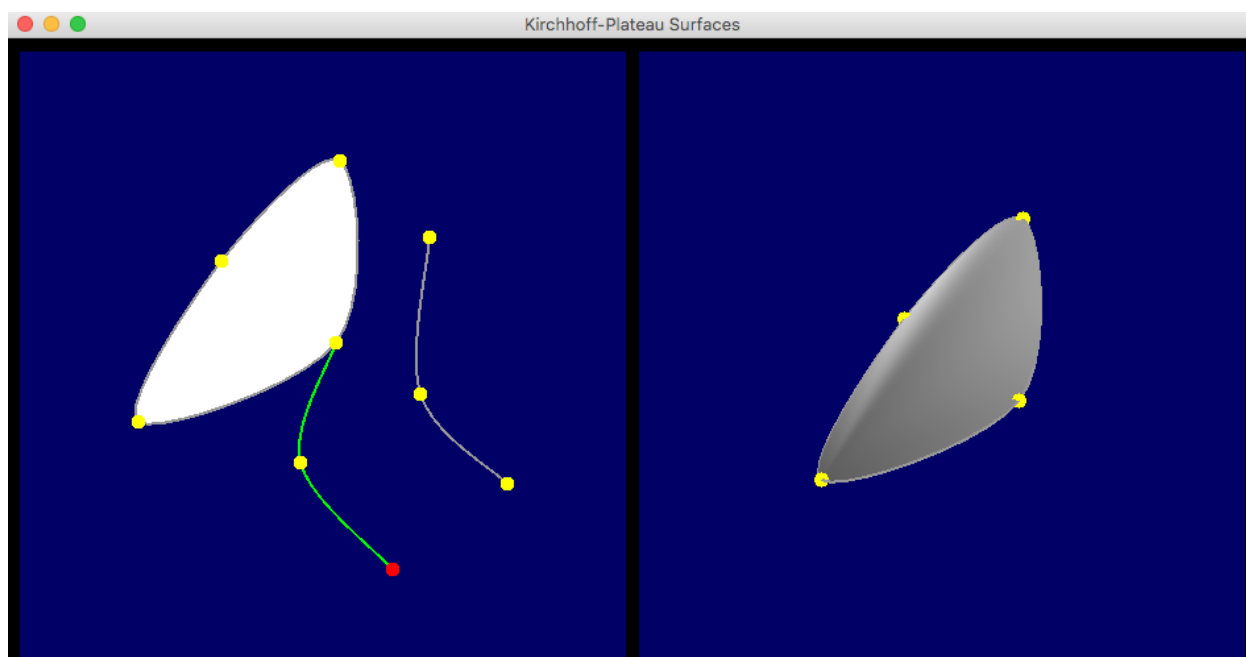


Рис. 2. Контрольные точки, замкнутые и незамкнутые линии

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

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

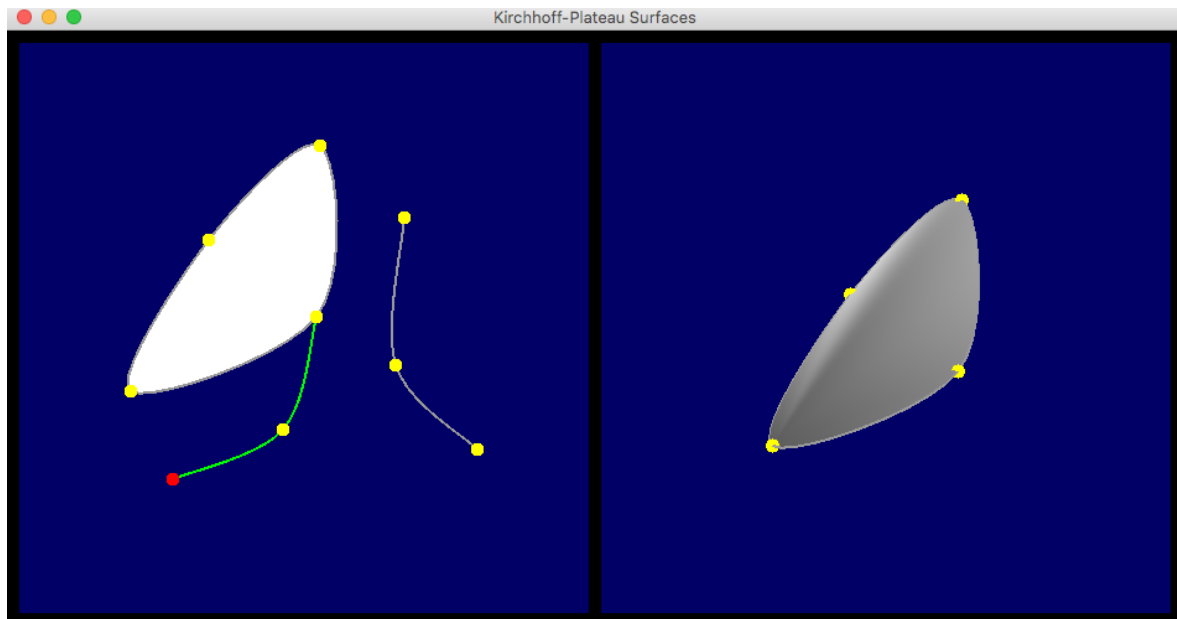


Рис. 3. Изменение положения точки

### 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 зависимости 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.

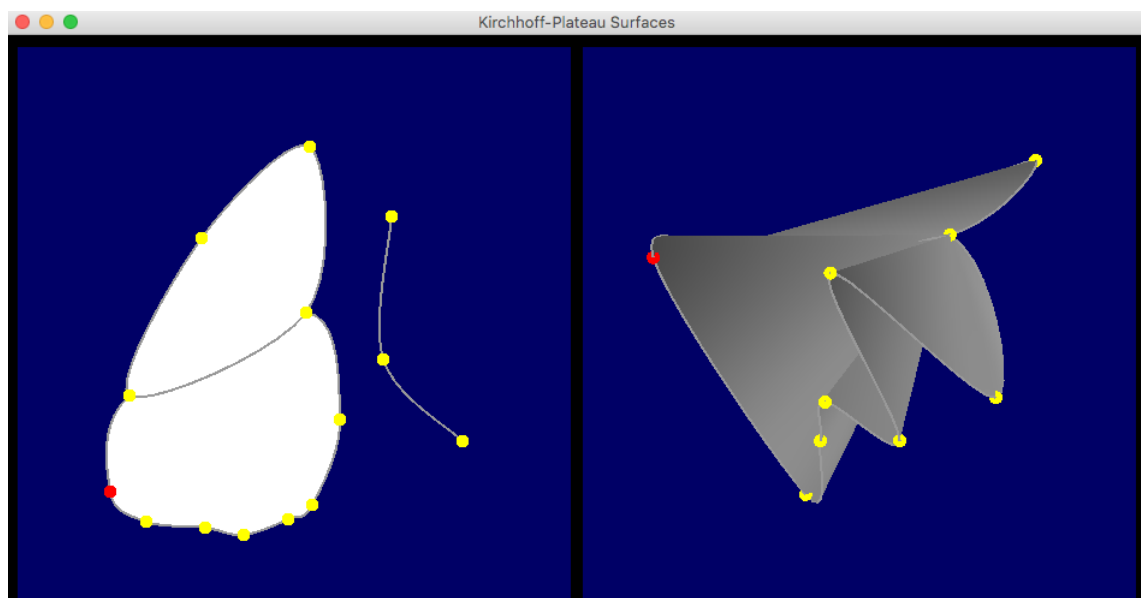


Рис. 4. Два замкнутых каркаса с вращением на 3D контейнере

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

### 3.4. Управление мышью

2D контейнер реализует следующие pygame-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) C – 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

[illegible]

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



## 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.

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

### 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

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

## 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.

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

## 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.

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

### 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

б) 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.

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

## 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. glooeu 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.

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

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]

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

## 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.

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

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

**Москва 2018**

## Содержание

<b>1. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>80</b>
---------------------------------	-----------

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

## 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.

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

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]

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