

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

*Кафедра компьютерной физики и метаматериалов  
на базе Саратовского филиала  
Института радиотехники и электроники  
имени В.А. Котельникова РАН*

**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ  
НАГРЕВАНИЯ ПЛАСТИНКИ ЛАЗЕРНЫМ ЛУЧОМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ  
FREEFEM++**

АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ  
(БАКАЛАВРСКОЙ) РАБОТЫ  
студента 4 курса 432 группы  
направления 03.03.02 «Физика» физического факультета  
Бахтина Дмитрия Александровича

Научный руководитель  
к.ф.-м.н. доцент В. И. Цой

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н. профессор В.М. Аникин

Саратов  
2018

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Цель работы:** Освоение начал FreeFem++ на примере 3d моделирования нагрева образца лазерным лучом методом конечных элементов в системе, и разработка краткого введения в FreeFem++. С этой целью в работе выделены последовательные этапы решения краевой задачи с помощью ff++ в соответствующих разделах работы.

### Задачи:

Произвести 3D моделирование нагрева образца лазерным лучом в программе FreeFem++.

### Научная новизна работы:

Актуальность и новизны настоящей работы связана с попыткой создать краткое руководство, позволяющее быстро сделать первые шаги по моделированию физических полей. Обучение состоит в выполнении простых программ с соответствующими комментариями.

**Структура и объем квалификационной работы.** Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения и списка литературы, изложенных на 45 страницах.

## ОСНОВЫ СОДЕРЖАНИЯ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, определены цели и задачи работы, определена практическая значимость.

**В главе 1** был изложен процесс установки и запуск системы FreeFem++.

**В главе 2** было рассмотрено общие свойства конечных элементов, построение 2D и 3D конечно-элементных сеток.

```
real gorizonta = 200; // строка 1
real vertikal=100; // строка 2
border niz(t=0,gorizonta) { x=t; y=0 ;label=1;}; // строка 3
border pravo(t=0,vertikal) { x=gorizonta; y=t ;label=2;}; // строка 4
border verh(t=gorizonta,0) { x=t; y=vertikal ;label=3;}; // строка 5
border levo(t=vertikal,0){ x=0; y=t; label=4;}; // строка 6
mesh th = buildmesh( niz(10)+pravo(5)+verh(10)+levo(5)); // строка 7
fespace Vh (th,P1); // строка 8
Vh [uu,vv]; // строка 9
plot(th); // строка 10
```

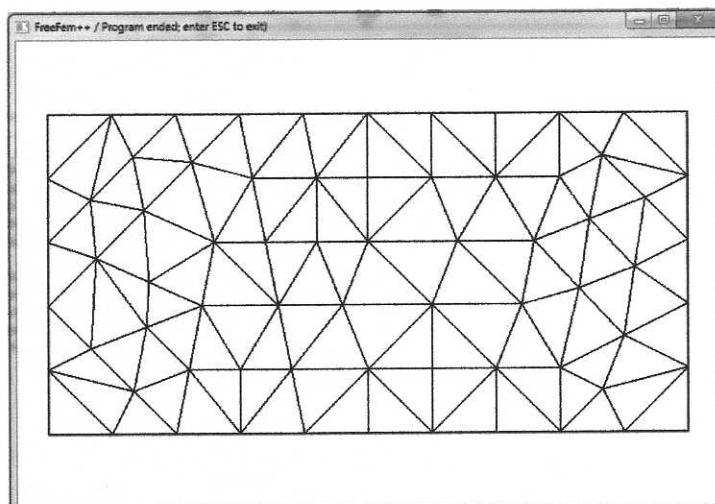


Рис.2.1. Конечно-элементная сетка, построенная по программе 1.

```

//Программа 2. Генерация конечных элементов для 3D пластины
load "msh3" // строка 1
load "medit" // строка 2
int nn=4; // строка 3
real gorizontal = 200; // строка 4
real vertikal=100; // строка 5
border niz(t=0,gorizontal) { x=t; y=0 ;label=1;}; // строка 6
border pravo(t=0,vertikal) { x=gorizontal; y=t ;label=2;}; // строка 7
border verh(t=gorizontal,0) { x=t; y=vertikal ;label=3;}; // строка 8
border levo(t=vertikal,0){ x=0; y=t; label=4;}; // строка 9
mesh Th2 = buildmesh(niz(20)+pravo(10)+verh(20)+levo(10)); // строка 10
fespace Vh2(Th2,P2); // строка 11
Vh2 ux, uz, p2; // строка 12
int[int] rup=[0,5], rdown=[0,6], rmid=[1,1,2,2,3,3,4,4]; // строка 13
func zmin= 0; funczmax= 20; // строка 14
mesh3Th=buildlayers(Th2,nn, // строка 15
coef= 1, // строка 16
zbound=[zmin,zmax], // строка 17
reffacemid=rmid, // строка 18
reffaceup = rup, // строка 19
reffacelow = rdown); // строка 20
medit("plate",Th); // строка 21
plot(Th,cmm="plate"); // строка 22

```

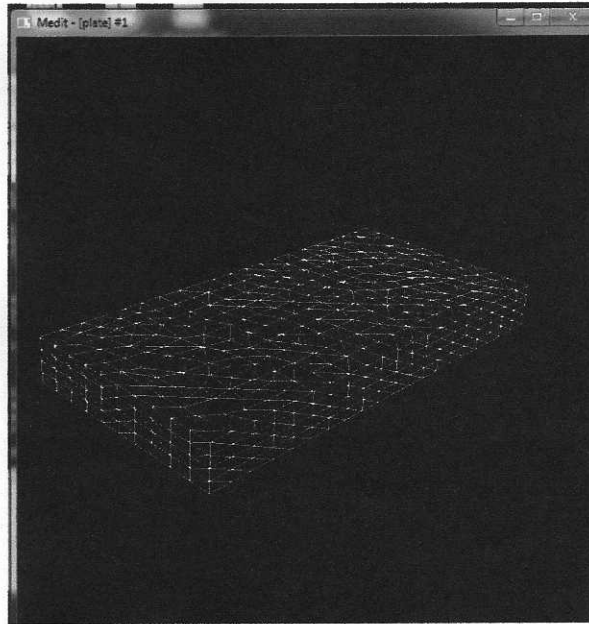


Рис.2.3. Конечно-элементная сетка, построенная по программе 2

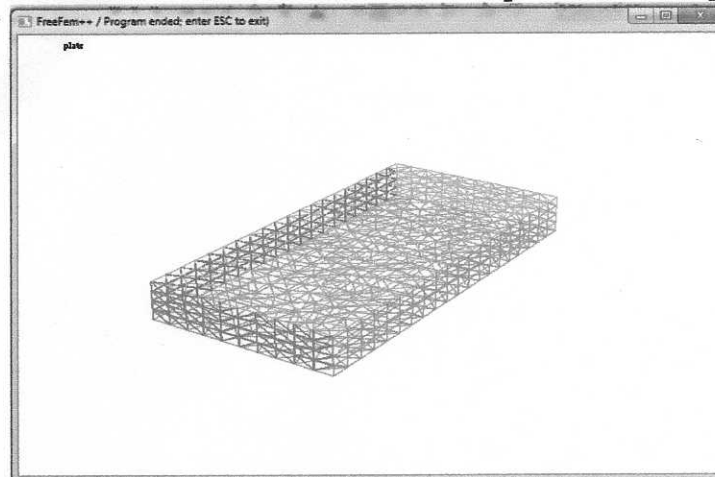


Рис.2.4. Конечно-элементная сетка, построенная по программе 2

В главе 3 были построены конечно-элементные функции в 2D и 3D областях.

Построения конечно-элементных функций в 2D области и их визуализация.

```
real gorizontal = 200; // строка 1
```

```
real vertikal=100; // строка 2
```

```
border niz(t=0,gorizontal) { x=t; y=0 ;label=1;}; // строка 3
```

```
border pravo(t=0,vertikal) { x=gorizontal; y=t ;label=2;}; // строка 4
```

```
border verh(t=gorizontal,0) { x=t; y=vertikal ;label=3;}; // строка 5
```

```
border levo(t=vertikal,0){ x=0; y=t; label=4;}; // строка 6
```

```
mesh th = buildmesh( niz(50)+pravo(25)+verh(50)+levo(25)); // строка 7
```

