

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра ИИСТ**

**Индивидуальное задание**  
**по дисциплине «ВСМ в ИИТ»**  
**Статическое моделирование. Метод Монте-Карло.**

Студент гр.8586

\_\_\_\_\_

Пахомов С.И.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Орлова Н.В.

Санкт-Петербург

2021

### Цель работы:

По заданной схеме найти доверительный интервал для определяемого параметра  $Z$ , при заданной функции  $Z = F(X, Y)$  с помощью метода статистических испытаний. Закон распределения каждой из СВ  $X, Y$  считать:  $a$  – равномерным,  $b$  и  $c$  – нормальным. Закон распределения определяемого параметра  $Z$  принять нормальным.

### Исходные данные:

Тензометрический преобразователь (рисунок 1)

$$\text{Сопротивление тензометра } R = \frac{\rho * L}{S},$$

где  $\rho = 0,5 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$ ;  $L$  – длина;  $S$  – сечение;  $d$  – диаметр проволоки

$L=200 \text{ мм} \pm 1\%$ ;  $d=0,05 \pm 3\% \text{ мм}$ ;  $p=0,99$ .

$n = 4, N = 200$ .

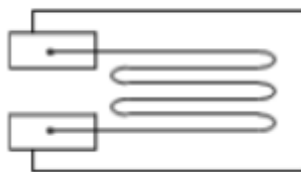


Рисунок 1 – тензометрический преобразователь.

### Обработка результатов:

1. Для равномерного закона распределения случайных величин

Найдём формулу сопротивления тензометра через диаметр проволоки:

$$R = \frac{\rho * L}{S} = \rho * L * \frac{\pi d^2}{4}$$

## Листинг программы:

```
N=200;

Mx=200;

My=0.05;

EX=Mx*0.01;

EY=My*0.03;

ax=Mx-EX;

bx=Mx+EX;

ay=My-EY;

by=My+EY;

vx=rand(1,N);

vy=rand(1,N);

X=ax+vx*(bx-ax);

Y=ay+vy*(by-ay);

R=0.05*pi*X.*Y.^2/4;

i=1:N;

mR=mean(R(i));

sR=std(R(i));

figure
[f, xi] = ksdensity(vx);
plot(xi, f, 'r');

figure;
[f, xi] = ksdensity(vy);
plot(xi, f, 'r');

figure;
[f, xi] = ksdensity(X);
plot(xi, f, 'r');

figure;
[f, xi] = ksdensity(Y);
plot(xi, f, 'r');

figure;
[f, xi] = ksdensity(R);
plot(xi, f, 'r');
```

Workspace:

Workspace	
Name ▲	Value
ax	198
ay	0.0485
bx	202
by	0.0515
EX	2
EY	0.0015
i	1x200 double
mR	0.0196
Mx	200
My	0.0500
N	200
R	1x200 double
sR	6.7354e-04
vx	1x200 double
vy	1x200 double
X	1x200 double
Y	1x200 double

При  $N > 30$  для оценки доверительного интервала можно взять квантиль из таблицы нормального распределения и, тогда доверительный интервал можно найти по формуле:

$$R = mR \pm u_{(1+p)/2} \cdot sR,$$

где  $mR=0,0196$ ;  $sR=0,000673$ ;  $p = 0,99$ ;  $u_{0,995} = 2,6$ , тогда:

$$R = (0,0196 \pm 2,6 \cdot 0,000673) \text{Ом}$$

$$R = (0,0196 \pm 0,0017) \text{Ом}$$

Графики законов распределения случайных величин приведены на рисунках 2,3,4,5,6.

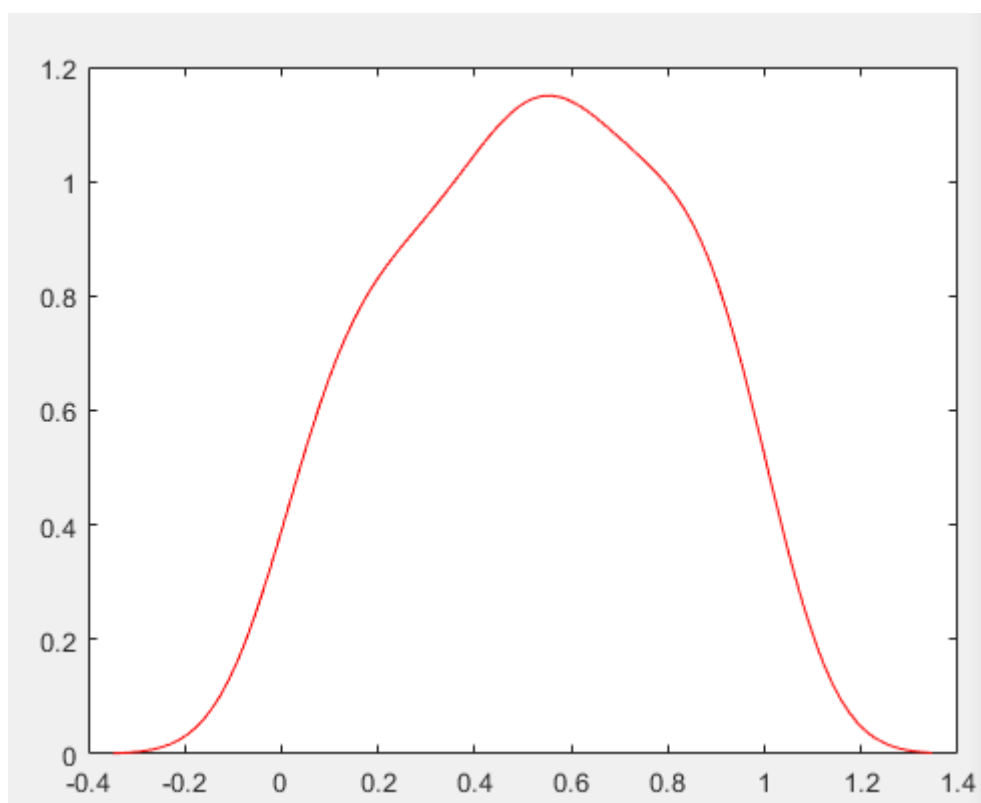


Рисунок 2 – закон распределения СВ  $v_x$ .

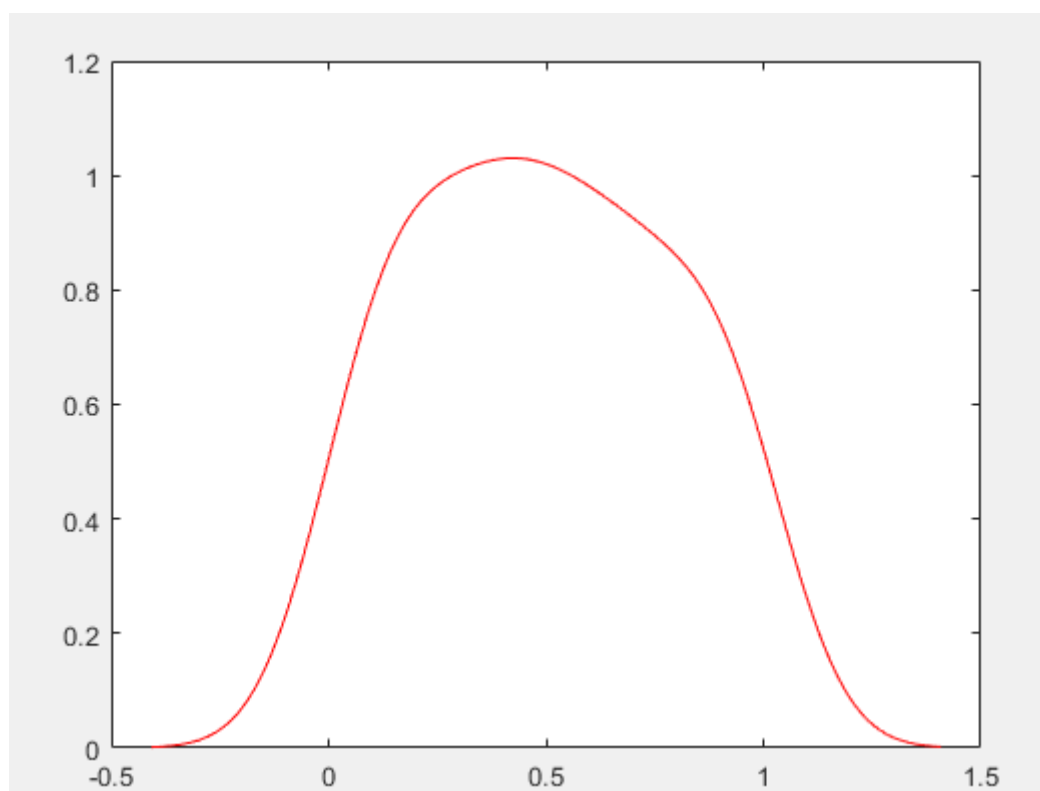


Рисунок 3 – закон распределения СВ  $v_y$ .

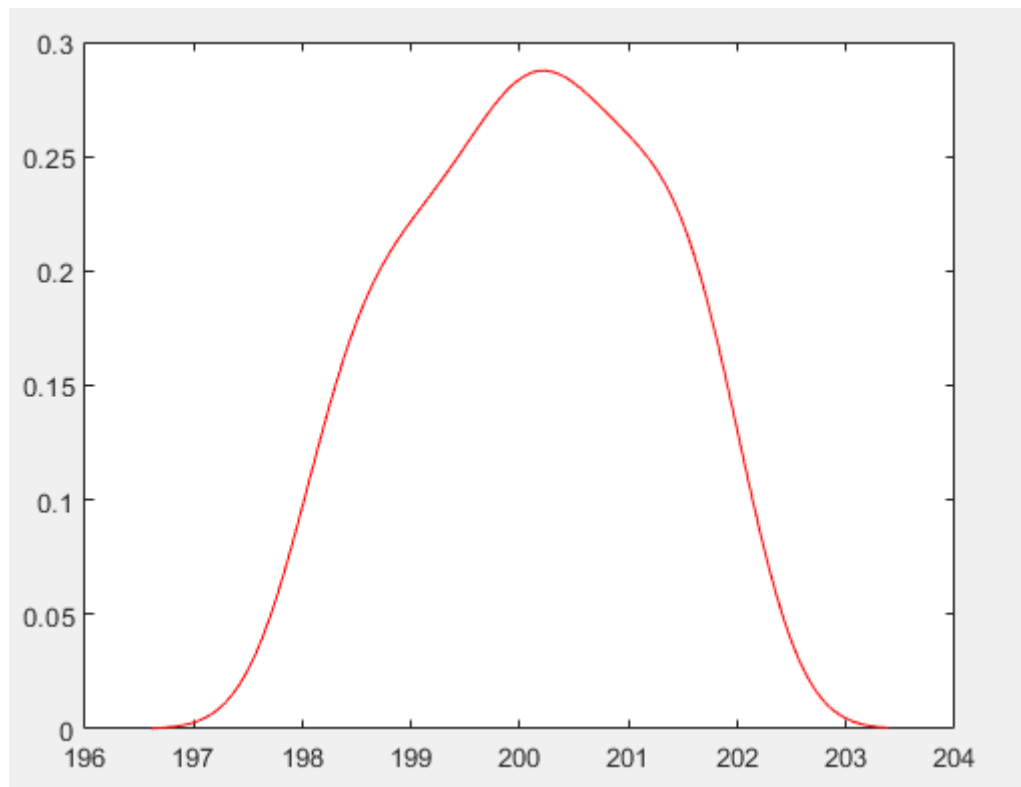


Рисунок 4 – закон распределения СВ X.

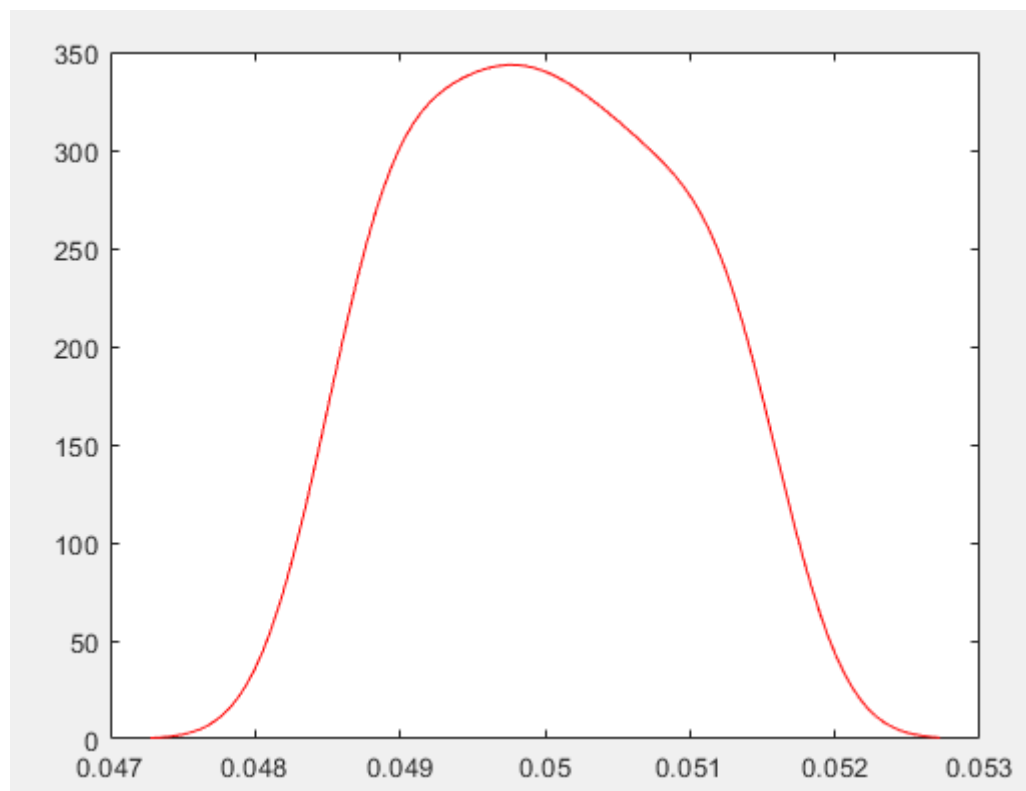


Рисунок 5 – закон распределения СВ Y.

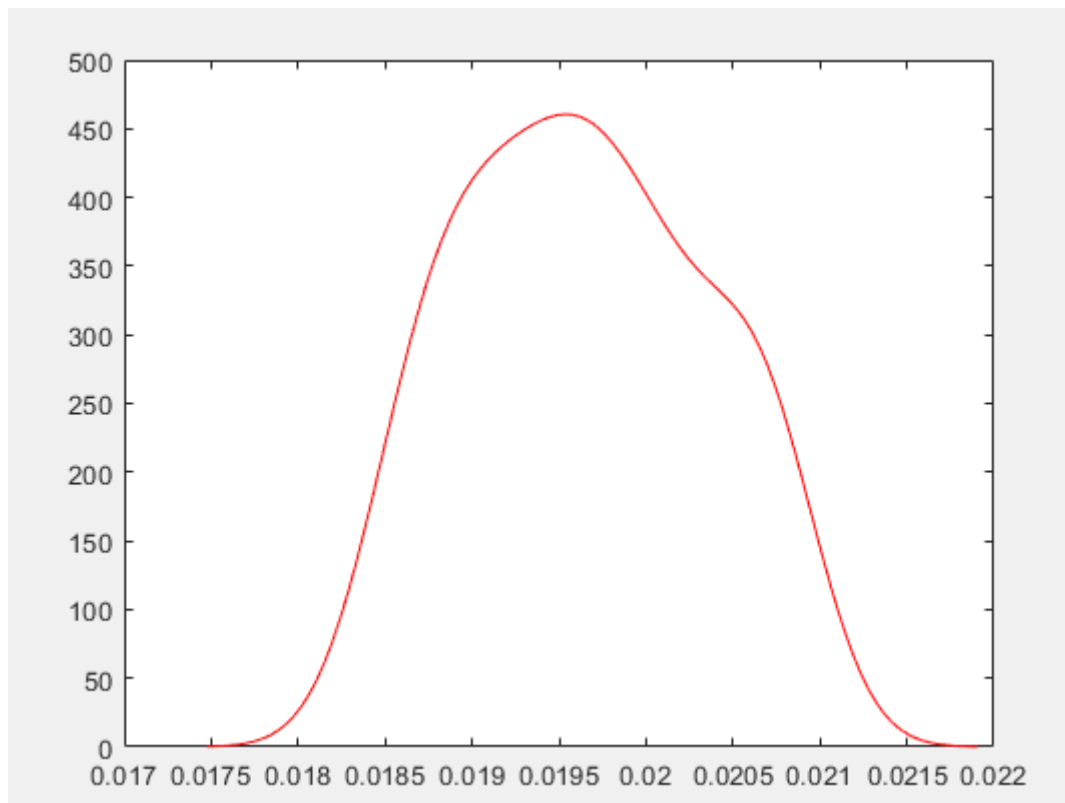


Рисунок 6 – закон распределения СВ R.

$M_x=200$ ;  $M_y=0,05$ ;  $mR = 0,0196$ ;  $sR = 0,000673$ .

## 2. Для нормального закона распределения случайных величин

Листинг программы:

```
N=200;
Mx=200;
My=0.05;
EX=Mx*0.01;
SX=EX/3;
EY=My*0.03;
SY=EY/3;
n=4;
mx=Mx/n;
sx=SX/sqrt(n);
ax=mx-sx*sqrt(3);
bx=mx+sx*sqrt(3);
my=My/n;
sy=SY/sqrt(n);
ay=my-sy*sqrt(3);
by=my+sy*sqrt(3);

for i=1:N
    x1=rand(1,n);
    x=ax+x1*(bx-ax);
    X(i)=sum(x);
    y1=rand(1,n);
    y=ay+y1*(by-ay);
    Y(i)=sum(y);
    R(i)=0.05*pi*X(i).*Y(i).^2/4;
```

```
end;  
i=1:N;  
mR=mean(R(i));  
sR=std(R(i));
```



Workspace:

Workspace	
Name ▲	Value
ax	49.4226
ay	0.0121
bx	50.5774
by	0.0129
EX	2
EY	0.0015
i	1x200 double
mR	0.0196
mx	50
Mx	200
my	0.0125
My	0.0500
n	4
N	200
R	1x200 double
sR	4.1100e-04
sx	0.3333
SX	0.6667
sy	2.5000e-04
SY	5.0000e-04
x	[49.7852, 50.0884, 49.5...
X	1x200 double
x1	[0.3140, 0.5766, 0.1217, ...
y	[0.0122, 0.0122, 0.0128, ...
Y	1x200 double
y1	[0.1806, 0.1780, 0.8102, ...

$$R = mR \pm u_{(1+p)/2} \cdot sR,$$

где  $mR=0,0196$ ;  $sR=0,000411$ ;  $p = 0,99$ ;  $u_{0,995} = 2,6$ , тогда:

$$R = (0,0196 \pm 2,6 \cdot 0,000411) \text{ Ом}$$

$$R = (0,0196 \pm 0,0011) \text{ Ом}$$

Графики законов распределения случайных величин приведены на рисунках 7,8,9,10,11,12,13.

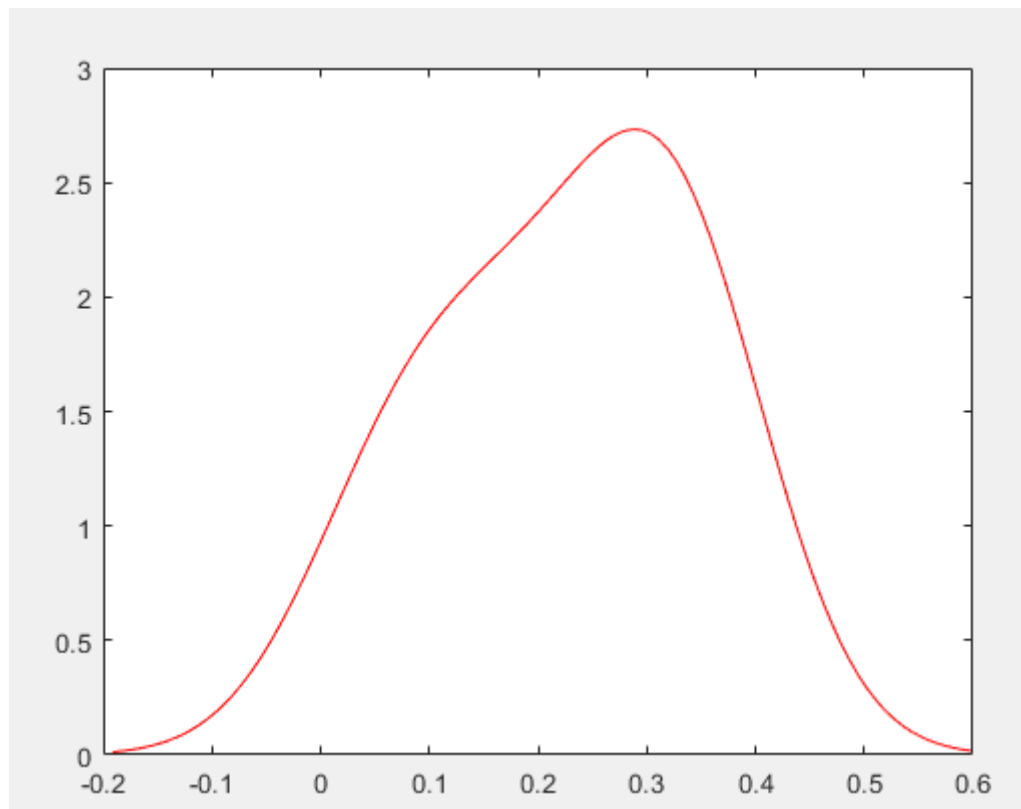


Рисунок 7 – закон распределения СВ  $x_1$ .

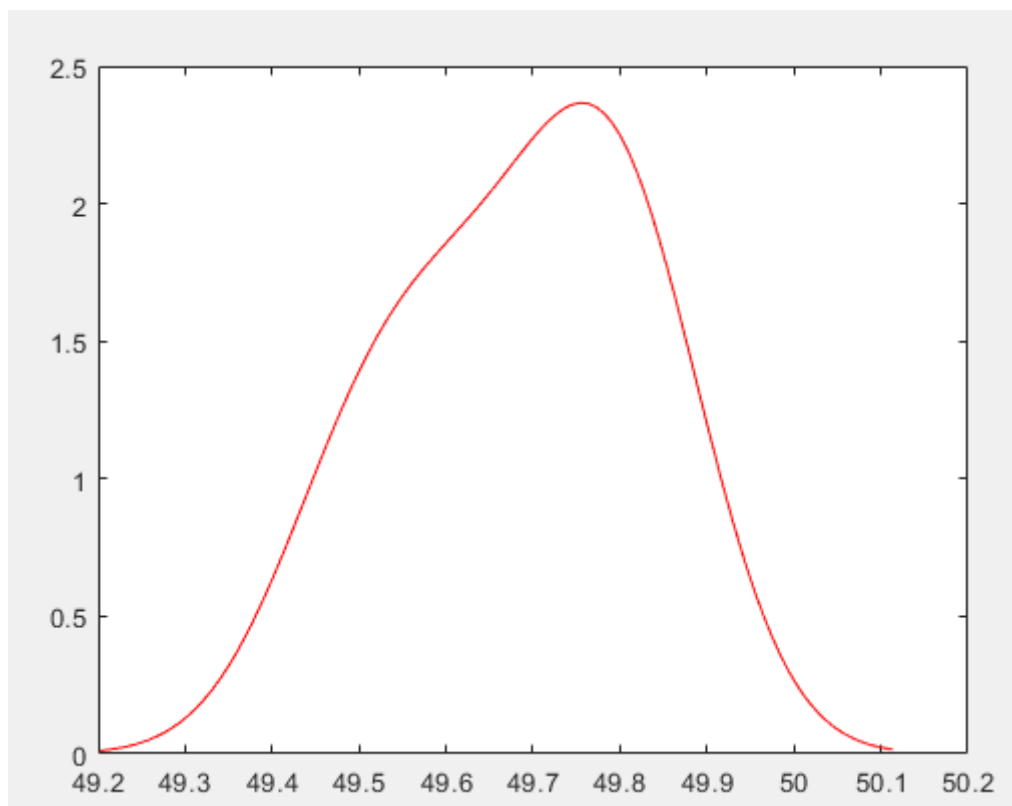


Рисунок 8 – закон распределения СВ  $x$ .

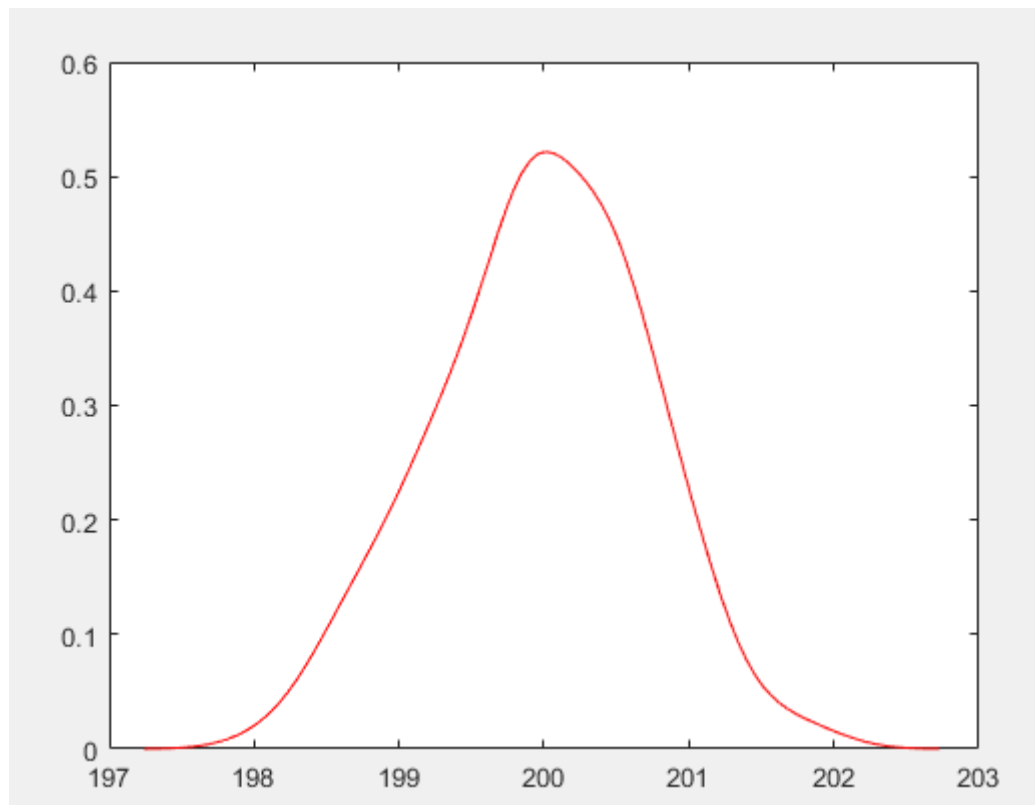


Рисунок 9 – закон распределения СВ  $X$ .

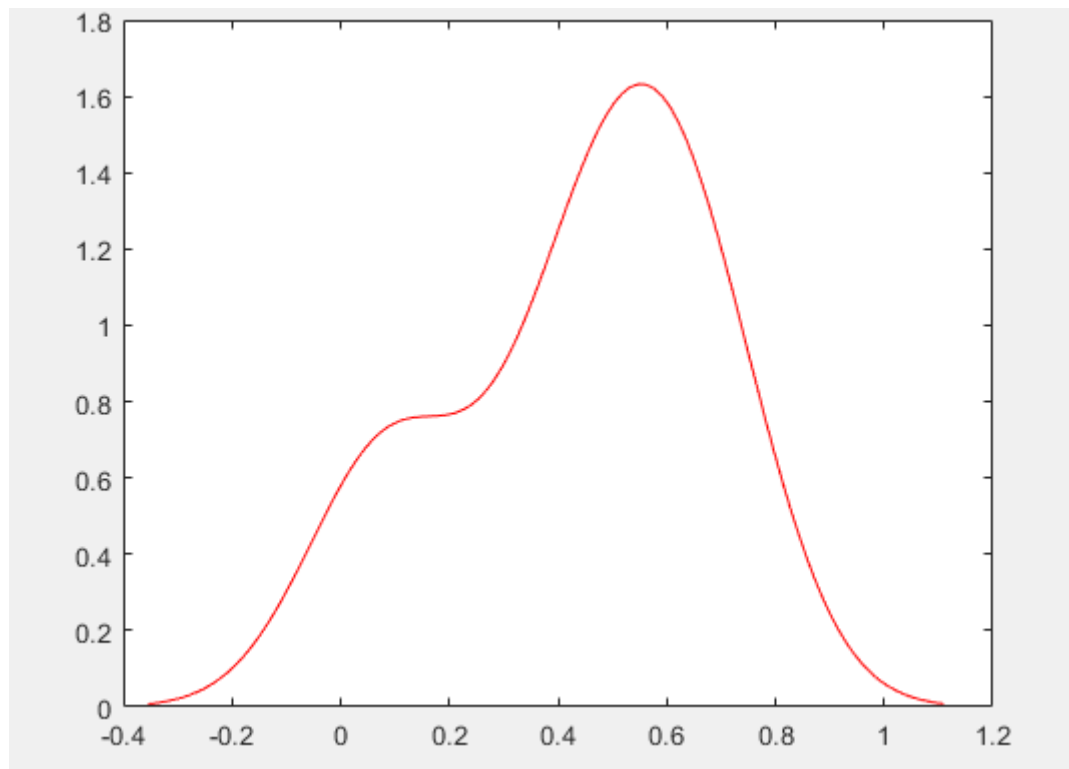


Рисунок 10 – закон распределения СВ  $y_1$ .

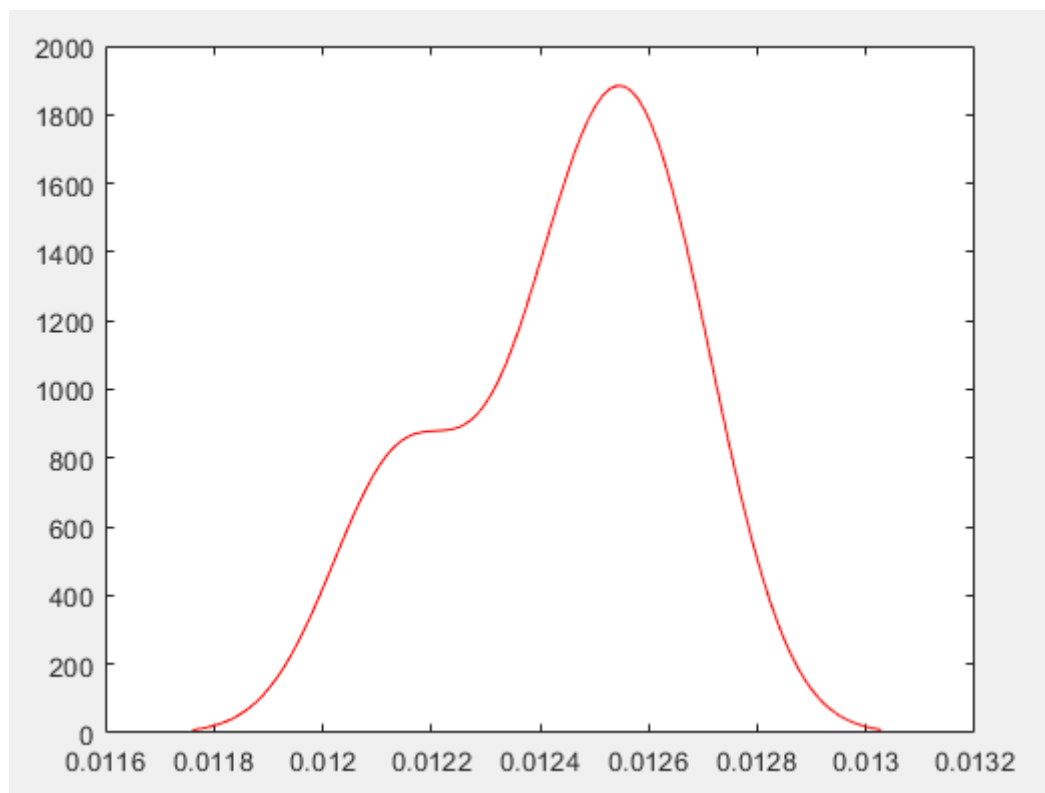


Рисунок 11 – закон распределения СВ  $y$ .

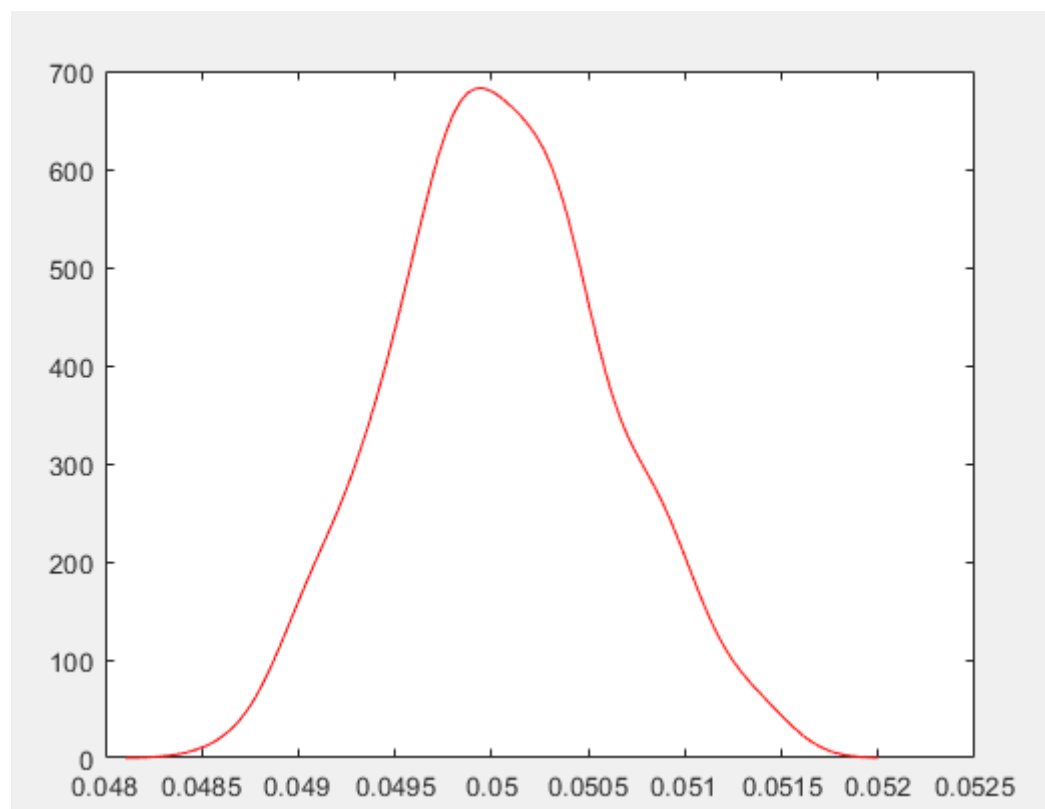


Рисунок 12 – закон распределения СВ  $Y$ .

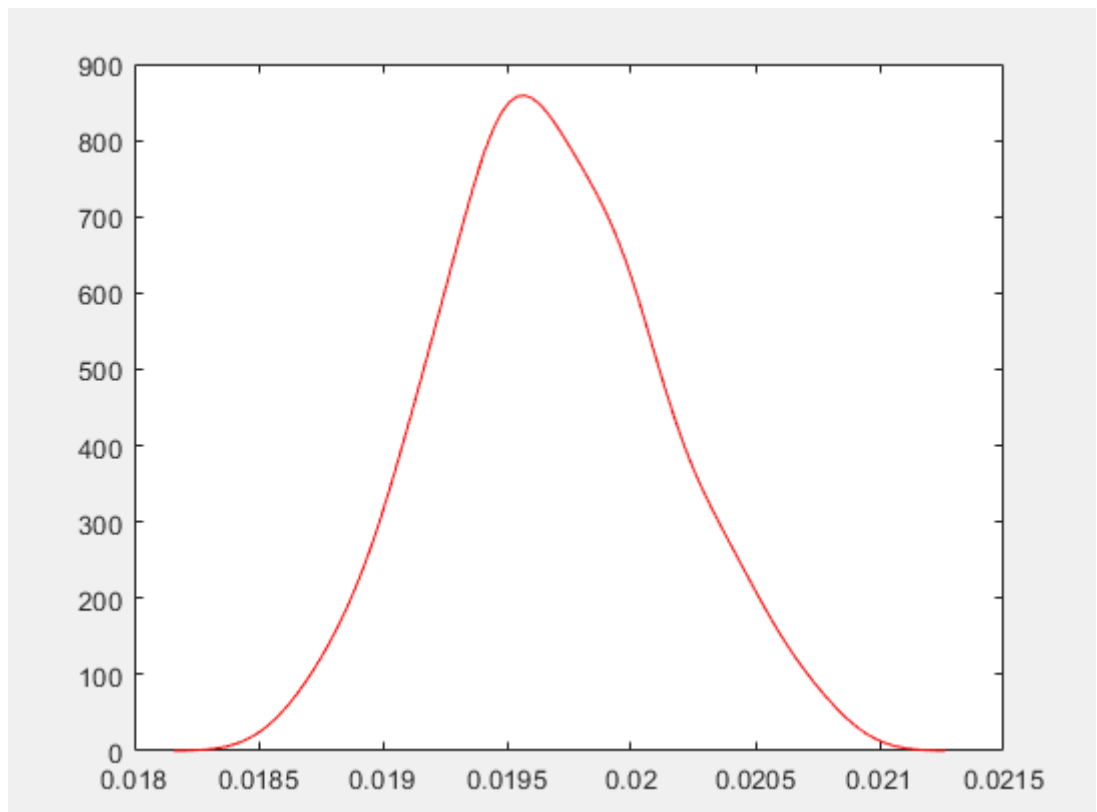


Рисунок 13 – закон распределения СВ R.

$M_x=200$ ;  $M_y=0,05$ ;  $SX = 0,6667$ ;  $SY = 5 \cdot 10^{-4}$ ;

$m_x = 50$ ;  $m_y = 0,0125$ ;  $s_x = 0,3333$ ;  $s_y = 2,5 \cdot 10^{-4}$ ;

$mR = 0,0196$ ;  $sR = 4,11 \cdot 10^{-4}$ ;

**3.** Проверим полученные результаты, используя готовый генератор стандартных нормально распределенных величин.

Листинг программы:

```
N=200;
MX=200;
EX=MX*0.01;
SX=EX/3;
MY=0.05;
EY=MY*0.03;
SY=EY/3;
vx=rand(1,N);
vy=rand(1,N);
X=MX+vx*SX;
Y=MY+vy*SY;
R=0.05*pi*X.*Y.^2/4;
i=1:N;
mR=mean(R(i));
```

```

sR=std(R(i));

figure
[f, xi] = ksdensity(vx);
plot(xi, f, 'r');

figure;
[f, xi] = ksdensity(vy);
plot(xi, f, 'r');

figure;
[f, xi] = ksdensity(Y);
plot(xi, f, 'r');

figure;
[f, xi] = ksdensity(X);
plot(xi, f, 'r');

figure;
[f, xi] = ksdensity(R);
plot(xi, f, 'r');

```

Workspace:

Workspace	
Name ▲	Value
EX	2
EY	0.0015
i	1x200 double
mR	0.0199
MX	200
MY	0.0500
N	200
R	1x200 double
sR	1.1857e-04
SX	0.6667
SY	5.0000e-04
vx	1x200 double
vy	1x200 double
X	1x200 double
Y	1x200 double

$$R = mR \pm u_{(1+p)/2} \cdot sR,$$

где  $mR=0,0199$ ;  $sR=0,000186$ ;  $p = 0,99$ ;  $u_{0,995} = 2,6$ , тогда:

$$R = (0,0199 \pm 2,6 \cdot 0,000186) \text{ Ом}$$

$$R = (0,0199 \pm 0,0005) \text{ Ом}$$

Графики законов распределения случайных величин приведены на рисунках 14,15,16,17,18.

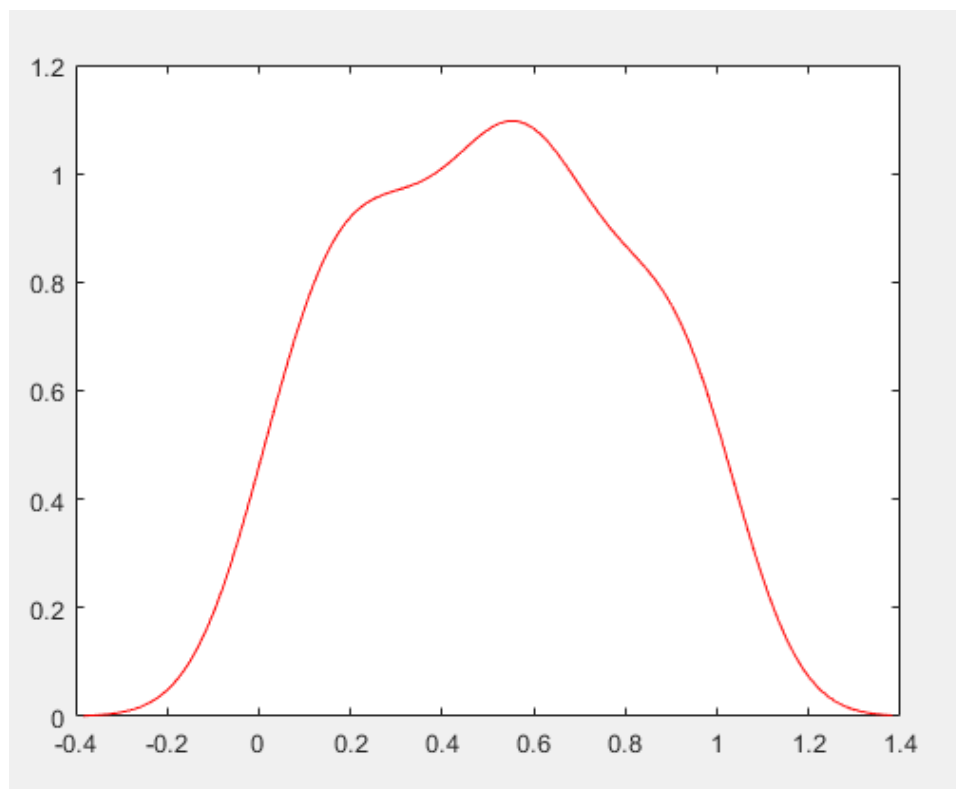


Рисунок 14 – закон распределения СВ  $v_x$ .

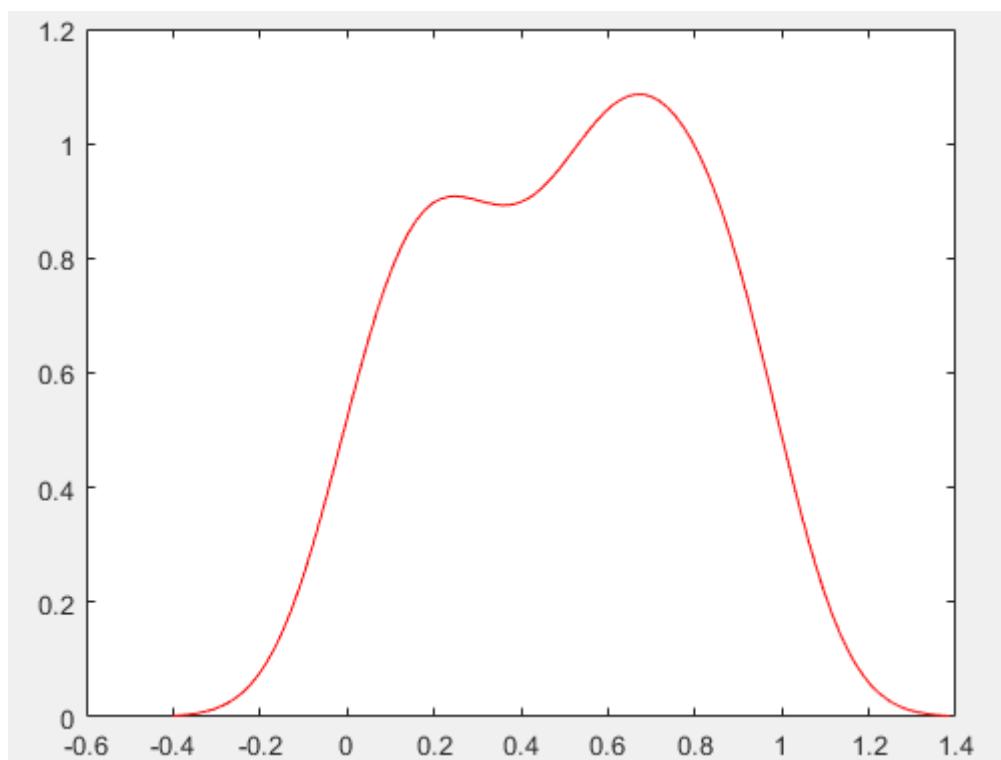


Рисунок 15 – закон распределения СВ  $v_y$ .

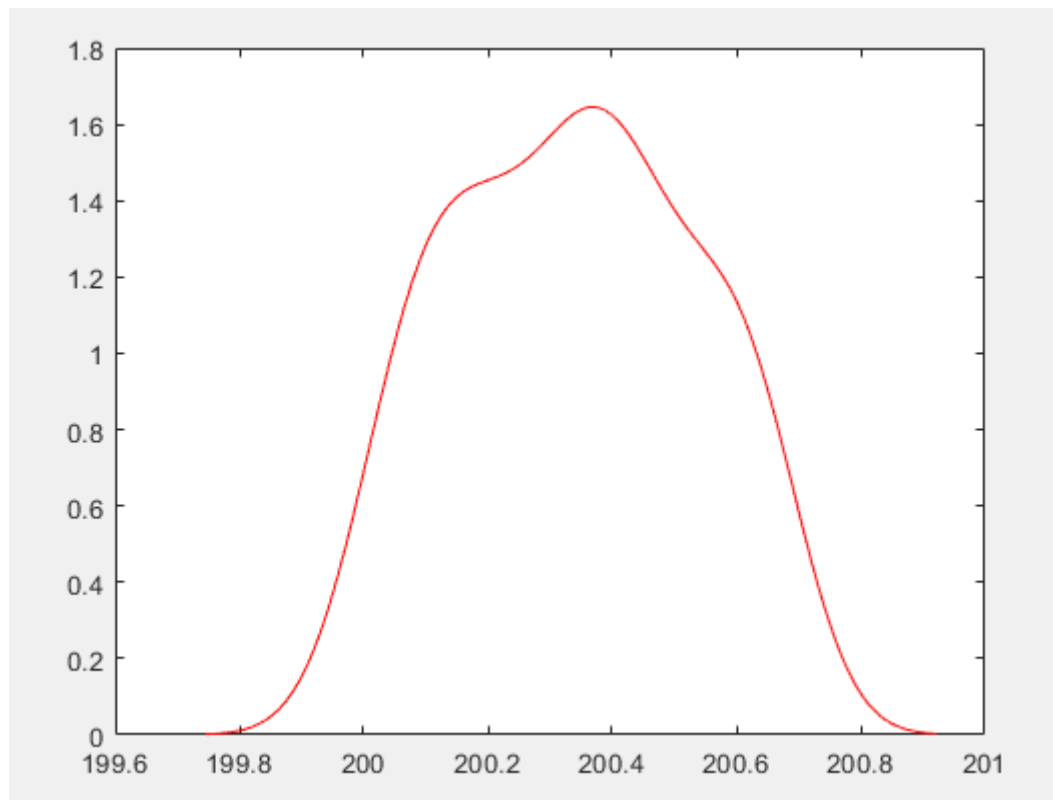


Рисунок 16 – закон распределения СВ  $X$ .

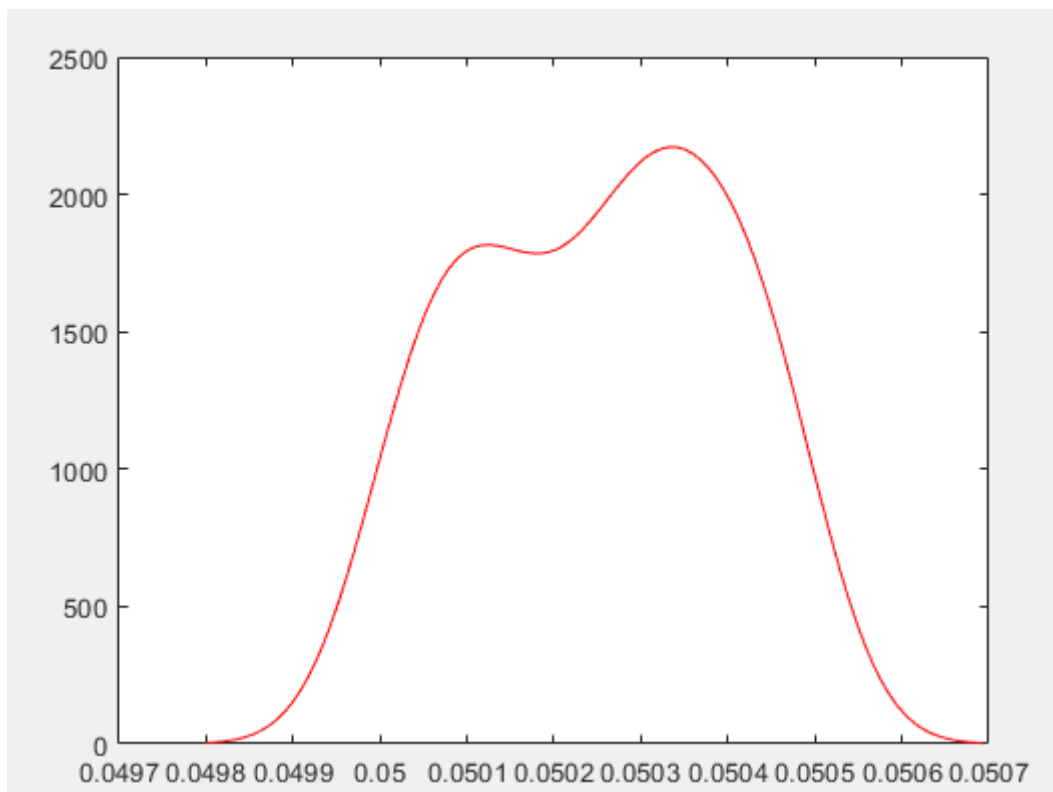


Рисунок 17 – закон распределения СВ  $Y$ .



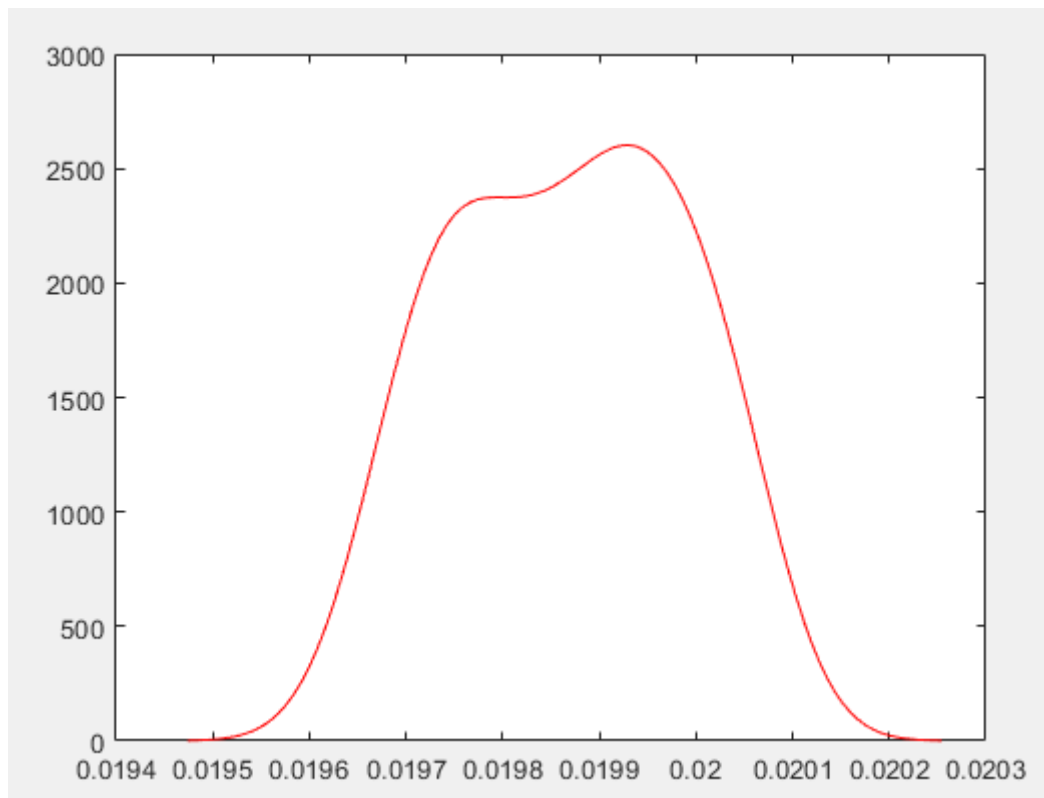


Рисунок 18 – закон распределения СВ R.

$M_x=200$ ;  $M_y=0,05$ ;

$SX = 0,6667$ ;  $SY = 5 \cdot 10^{-4}$ ;

$mR = 0,0199$ ;  $sR = 1,18 \cdot 10^{-4}$ .

### **Выводы:**

В ходе лабораторной работы были написаны три программы для определения доверительного интервала для сопротивления (R) тензометра. Были рассмотрены случаи равномерного и нормального законов распределения. Также были получены основные числовые характеристики случайных величин и приведены графики для каждой случайной величины.