

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

## **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ**

Методические указания  
для выполнения расчетно-графической работы  
по направлению подготовки 09.03.02  
«Информационные системы и технологии»

Пенза 2016

УДК 519.6 (075.8)  
ББК 22.193я73  
Ч-67

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор  
А.М. Данилов (ПГУАС)

**Численные** методы и методы оптимизации: методические указания по выполнению расчетно-графической работы по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» / В.В. Кузина, А.Н. Кошев. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 24 с.

Представлены методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Численные методы и методы оптимизации», задания и примеры их выполнения, а также список рекомендуемых литературных источников.

Методические указания подготовлены на кафедре «Информационно-вычислительные системы» и предназначены для студентов, обучающихся по программе подготовки академического бакалавриата по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии» очной формы обучения при изучении дисциплины «Численные методы и методы оптимизации».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2016  
© Кузина В.В., Кошев А.Н., 2016

## Введение

Расчетно-графическая работа (РГР) по дисциплине «Численные методы и методы оптимизации» предусмотрена учебным планом для студентов, обучающихся по программе подготовки академического бакалавриата по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» очной формы обучения.

Расчетно-графическая работа представляет собой самостоятельную работу студента и предназначена для успешного освоения дисциплины. Цель выполнения РГР – закрепление навыков решения задач и построения алгоритмов типовых численных методов, приобретенных на лабораторных занятиях.

Выполнение РГР ориентировано на формирование следующих компетенций:

- владение широкой общей подготовкой (базовыми знаниями) для решения практических задач в области информационных систем и технологий;

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции).

### ***Знать:***

- математический аппарат современных численных методов;
- основные положения и методы задач линейного, выпуклого и нелинейного программирования, о приложениях теории в информатике, программировании и вычислительной технике;
- методы математического программирования и математического моделирования;
- современные математические пакеты программ для решения задач математического программирования.

### ***Уметь:***

- реализовывать численные методы решения задач оптимизации на ПЭВМ;
- решать типовые задачи;
- использовать встроенные функции математических пакетов для решения задач оптимизации;
- программировать вычислительные алгоритмы и решать типовые задачи на компьютере.

***Владеть:***

- базовыми знаниями и навыками численных методов решения задач оптимизации;
- навыками решения проблемных задач, требующих применения логико-математического аппарата;
- навыками работы в интегрированных математических средах, навыками работы с прикладными математическими пакетами программ;
- навыками решения проблемных задач, используя вычислительный эксперимент.

***Иметь представление:***

- о математическом аппарате современных численных методов;
- об основных положениях и методах решения задач оптимизации, о приложениях теории в информатике, программировании и вычислительной технике;
- о применении методов математического программирования в профессиональной деятельности;
- о математическом моделировании и вычислительном эксперименте.

Методические указания включают методические рекомендации по выполнению РГР, тексты заданий к РГР с примерами выполнения, требования к качеству выполнения, формы контроля и оценки, а также список литературных источников для выполнения РГР.

## Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы

РГР по дисциплине «Численные методы и методы оптимизации» выполняется студентами бакалавриата в 4-м семестре, в соответствии с учебным планом. Цель РГР – систематизация теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях, закрепление навыков выполнения практических заданий, полученных на лабораторных занятиях, а также приобретение опыта самостоятельной работы. РГР, как правило, основывается на обобщении выполненных студентом лабораторных работ или представляет собой индивидуальное задание по изучаемой дисциплине и подготавливается к защите в завершающий период теоретического обучения.

Тематика РГР по дисциплине определяется преподавателем кафедры в соответствии с рабочей программой дисциплины. Студенту предоставляется право выбора одной из предложенных тем или предложения своей темы с обоснованием целесообразности ее разработки.

РГР должна быть подготовлена к защите в срок, устанавливаемый преподавателем. К защите РГР представляются:

- текст РГР, оформленный в соответствии с требованиями, в распечатанном виде и, при необходимости, приложения – разработанная программа с исходным текстом на бумажном и/или дисковом носителе, исходные данные и результаты расчетов, алгоритмы, модели, структуры данных;
- электронная реализация в виде программы и данных.

Расчетно-графическая работа должна иметь свою структуру. РГР включает следующие компоненты:

- титульный лист;
- задание на РГР;
- оглавление, включающее наименование всех разделов и пунктов с указанием номеров страниц;
- введение, в котором приводится обоснование выбранной темы;
- теоретическую часть, в которой раскрываются выбранный метод решения или модель и полученные закономерности или содержатся описания примененных в работе алгоритмов, структур данных;
- исследовательскую часть, содержащую исходные данные, основные расчеты, полученные результаты в удобной форме (таблицы, графики, диаграммы) и их анализ;
- заключение с краткими выводами по результатам работы и предложениями по их использованию;
- список литературы.

## Примерный перечень тем расчетно-графических работ

1. Постановка и решение задач линейного программирования (разработать процедуру поиска опорных решений, использовать их в качестве начальных приближений ЗЛП).
2. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) градиентным методом.
3. Исследование эффективности методов решения СЛАУ (в том числе и плохо обусловленных) 10-го порядка: провести сравнительный анализ методов Гаусса (*LU*-разложения), простой итерации, Зейделя, релаксации.
4. Решение плохо обусловленных СЛАУ с использованием метода регуляризации матрицы коэффициентов.
5. Решение недоопределенных и переопределенных СЛАУ (использовать процедуру умножения матрицы коэффициентов и правой части на транспонированную матрицу коэффициентов).
6. Решение линейных неравенств.
7. Исследование эффективности методов решения систем нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ): провести сравнительный анализ методов Ньютона, Ньютона – Рафсона, Левенберга – Марквардта.
8. Отыскание корня таблично заданной функции с использованием полиномов Ньютона и Лагранжа.
9. Приближение таблично заданной функции по методу наименьших квадратов функциями специального вида.
10. Решение двухточечной задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го порядка методом стрельбы.
11. Постановка и решение задач выпуклого программирования.
12. Минимизация функций различными методами.
13. Многомерная оптимизация нулевого порядка (сравнить эффективность методов покоординатного спуска и случайного поиска).
14. Одномерная оптимизация первого и второго порядков (сравнить эффективность методов градиентного поиска и Ньютона).
15. Градиентный метод решения задачи минимизации.
16. Метод сопряженных градиентов для минимизации квадратичных функций. Свойства его сходимости.
17. Постановка и решение задач нелинейного программирования методами внутренней, внешней точки и методов Лагранжа (разработать процедуры решения, оформить в виде пакета программ, сравнить результаты).
18. Метод внешних штрафных функций, свойства его сходимости.
19. Метод внутренних штрафных функций, свойства его сходимости.
20. Решение некорректных задач методами регуляризации.
21. Постановка и решение задач оптимального управления.
22. Оптимизация недифференцируемых функций с помощью методов интерполяции.

## Требования к оформлению РГР

Текст работы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105.95 «Общие требования к текстовым документам» в объеме 8 – 40 страниц формата А4. Изложение должно быть последовательным, логичным, конкретным.

РГР оформляется с использованием текстового редактора Word и распечатывается на принтере. Текст делится на разделы, подразделы и пункты. Размещение текста – с одной стороны листа. Размер шрифта – 14, поля слева – 30 мм, сверху и справа – по 15 мм, снизу – 20 мм. Нумерация страниц – внизу посередине. Первая страница – титульный лист, вторая – задание, далее – оглавление и текст (номера первых двух страниц не указываются). Оглавление создается автоматически средствами текстового редактора.

Для вставки формул используется редактор формул Microsoft Equation. Формулы нумеруются в пределах каждого раздела (или используется сплошная нумерация), номер указывается справа от формулы – у правой границы текста, в круглых скобках по образцу (3.6), что обозначает: шестая формула в третьем разделе.

Для создания иллюстраций используются графические редакторы или средства графики математических и статистических пакетов. Таблицы могут быть созданы непосредственно в текстовом редакторе или вставлены из прикладной программы. Таблицы и рисунки должны быть пронумерованы и подписаны.

Ссылки на литературные источники приводятся в квадратных скобках; при ссылке на информацию, полученную в Internet, указывается соответствующий электронный адрес. Список литературы, используемой при выполнении работы, дается в конце текста по образцам:

1. Кошев. А.Н. Численные методы решения задач оптимизации [Текст]: учеб. пособие. / А.Н. Кошев, В.В. Кузина. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 132 с.

2. Контрольно-измерительные материалы по курсу «Численные методы и методы оптимизации» [Текст]: учебно-методическое пособие / В.В. Кузина, А.Н. Кошев. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 60 с.

3. Методы математической физики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ю.В. Гриняев [и др.].– Электрон. текстовые данные.– Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012.– 148 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13862>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

4. [www.mathnet.ru](http://www.mathnet.ru) – общероссийский математический портал.

5. [http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web\\_Links&file=index&l\\_op=viewlink&cid=2851](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=2851) – федеральный портал российского профессионального образования: численные методы.

## Защита РГР

Оформленная РГР представляется студентом преподавателю для просмотра в соответствии с учебным планом за 2–3 дня до защиты.

График защиты РГР составляется преподавателем и доводится до сведения студентов. Для демонстрации программных продуктов защита назначается в компьютерных классах, где есть необходимое программное обеспечение.

Во время защиты РГР студент должен кратко сформулировать цель работы, изложить ее содержание, акцентируя внимание на наиболее важных и интересных с его точки зрения решениях, и, в первую очередь, тех решениях, которые приняты студентом самостоятельно. При выступлении может быть использована демонстрация созданного программного обеспечения.

Результаты работы оцениваются с учетом качества ее выполнения и ответов на вопросы по четырехбалльной системе (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

При неудовлетворительной оценке работы преподаватель устанавливает, может ли студент представить к повторной защите ту же работу с необходимой доработкой или должен разработать новую тему. Студент, не сдавший в установленный срок РГР, не допускается к зачету по дисциплине.

## Пример выполнения РГР

### Задание на выполнение РГР

Разработать процедуры многомерной оптимизации нулевого порядка. Сравнить эффективность методов покоординатного спуска и случайного поиска.

### Выполнение РГР

В начале работы приведены теоретические сведения по теме исследования, приведено обоснование и описание языка разработки программы – *Delphi*, представлены экранные формы и инструкция по работе с программой, показаны листинги – программный код каждой формы.

Для наглядности представим порядок выполнения расчетов в соответствии с приведенной инструкцией по работе с программой.

### Описание программы

Данная программа разработана на языке программирования *Delphi* и предназначена для минимизации функций методами покоординатного спуска и случайного поиска.

Главная форма программы (рис. 1) позволяет выбрать один из методов минимизации.

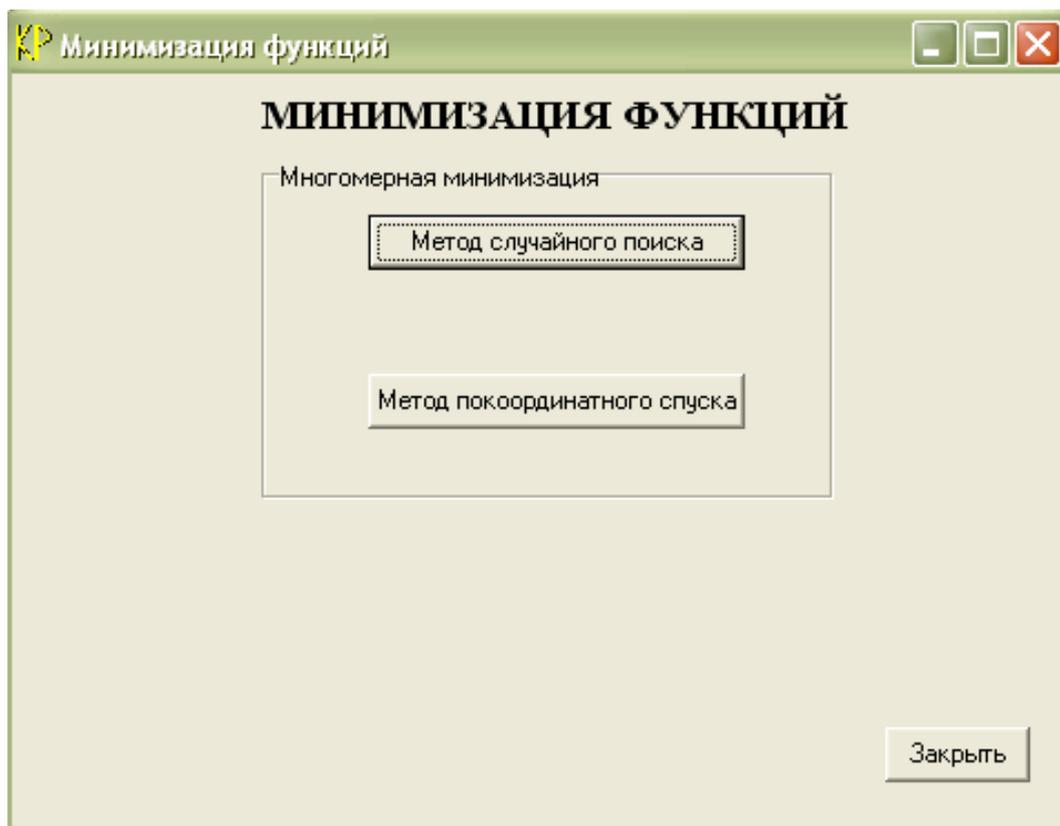


Рис. 1

Идея всех методов спуска состоит в том, чтобы исходя из начального приближения – точки  $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) \in D$  – перейти в следующую точку  $x^1 = (x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1) \in D$  так, чтобы значение  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  уменьшилось:  $f(x^1) < f(x^0)$ .

Метод случайного поиска осуществляет выбор наилучшего направления минимизации из многих возможных, получаемых случайным путем, и переход к новой точке с минимальным значением функции в этом направлении. На рис. 2 представлена форма для ввода функции, точки начального приближения и точности решения для минимизации методом случайного поиска.

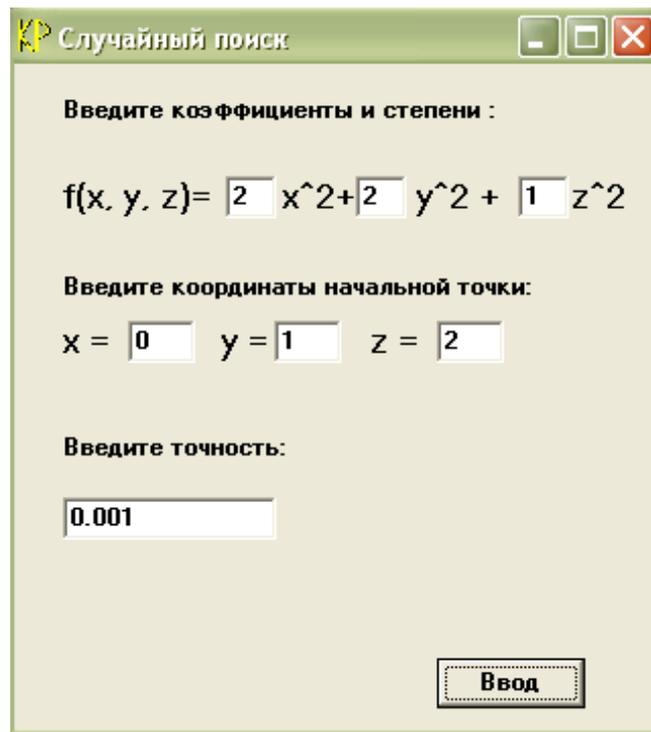


Рис. 2

На рис. 3 показаны результаты работы метода случайного поиска.

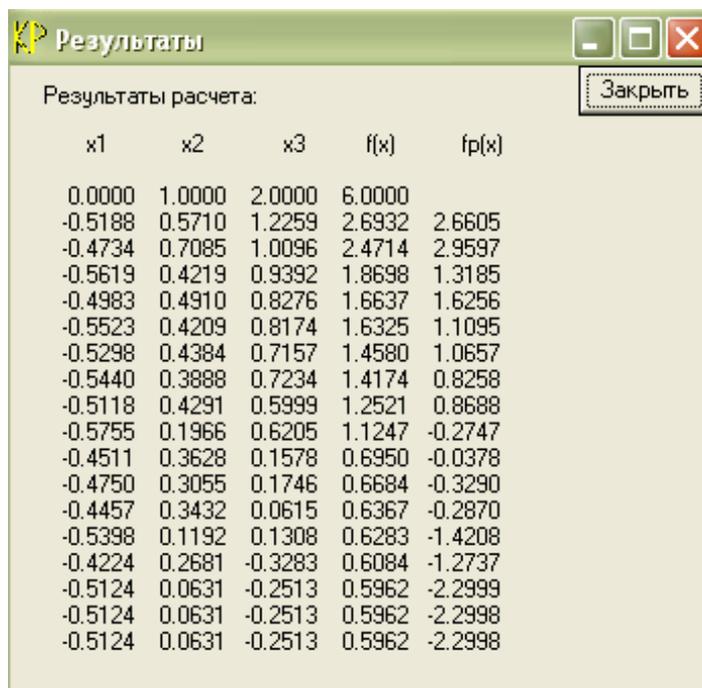


Рис. 3

Экранная форма для ввода исходных данных по методу покоординатного спуска представлена на рис. 4.

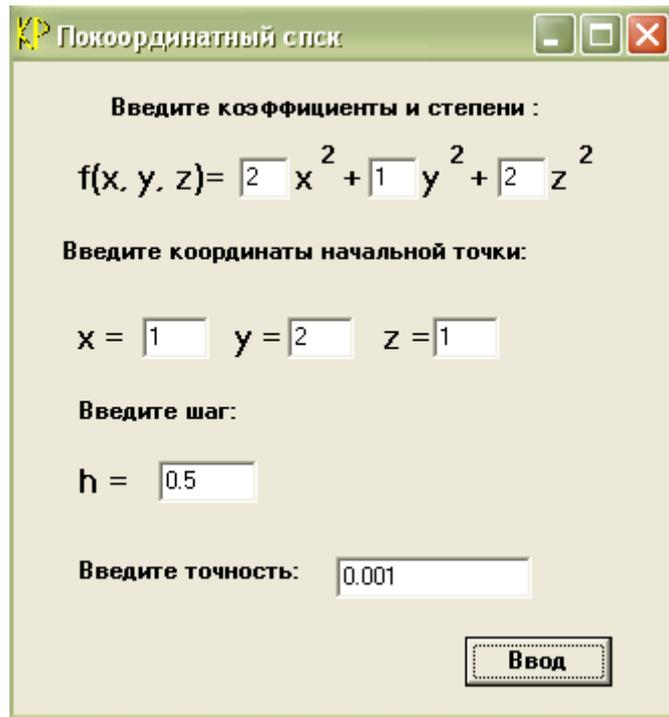


Рис. 4

Метод покоординатного спуска сводит задачу о нахождении наименьшего значения функции многих переменных к многократному решению одномерной задачи оптимизации по каждой компоненте вектора  $x$ . Результаты расчетов приведены на рис. 5.

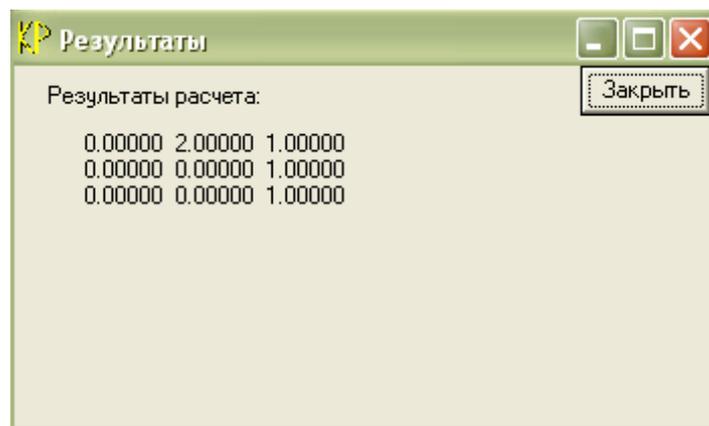


Рис. 5

На рис. 6 показано решение этой задачи в системе MathCAD.

Метод случайного поиска

$$x := 1 \quad y := 2 \quad z := 1$$
$$f(x, y, z) := 2 \cdot x^2 + 1 \cdot y^2 + 2 \cdot z^2$$
$$x := \text{Minimize}(f, x, y, z)$$
$$x = \begin{pmatrix} -9.934 \times 10^{-10} \\ -3.974 \times 10^{-9} \\ -9.934 \times 10^{-10} \end{pmatrix}$$

Метод покоординатного спуска

$$f(x, y, z) := 2 \cdot x^2 + 2 \cdot y^2 + 1 \cdot z^2$$
$$x := 0 \quad y := 1 \quad z := 2$$
$$\varepsilon := 0.001$$
$$x := \text{Minimize}(f, x, y, z)$$
$$x = \begin{pmatrix} 0 \\ 9.934 \times 10^{-10} \\ 4.967 \times 10^{-10} \end{pmatrix}$$

Рис. 6

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что метод случайного поиска дает более быстрый результат по сравнению с методом покоординатного спуска. Но работает он нестабильно, так как зависит от чисел, генерируемых случайным образом. Большое значение для удачного поиска имеет начальное значение переменных. Также на результат влияет количество переменных – при большом количестве труднее сгенерировать правильное направление минимизации. Результат с заданной точностью не всегда может быть достигнут.

Метод покоординатного спуска более удобен, так как независимо от вида функции, минимум всегда будет найден. Метод достаточно прост, легко реализуется в виде программы, но результат находится за большее число шагов, так как на каждом шаге этого метода решается задача одномерной оптимизации.

### Исходный код программы

```
unit Unit1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    GroupBox1: TGroupBox;
    Button1: TButton;
    Label1: TLabel;
    Button2: TButton;
    Button4: TButton;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);

    procedure Button4Click(Sender: TObject);

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;
  a,st,x,x0,grad: array[1..10] of double;

implementation

uses Unit2, Unit5;
```

```

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);

begin
  Form2.Show;

  end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  close;
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
FORM5.Show;
end;

end.
unit Unit2;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TForm2 = class(TForm)
    Edit1: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Edit7: TEdit;
    Edit8: TEdit;
    Edit9: TEdit;
    Button1: TButton;
    Label7: TLabel;
    Edit11: TEdit;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

```

```

var
  Form2: TForm2;

implementation

uses Unit1, Unit3;

{$R *.dfm}
var
  lm,r,z,s:array[1..10] of double;
  bt,gm,zn:double;

procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);
const n=3;
var
  i:byte;
  c,j,kol:integer;
  h,hh,e,f,f0,fp:double;

  st: string;
  key:boolean ;
begin
  val(Form2.Edit1.Text,a[1],c);
  val(Form2.Edit2.Text,a[2],c);
  val(Form2.Edit3.Text,a[3],c);
  val(Form2.Edit7.Text,x0[1],c);
  val(Form2.Edit8.Text,x0[2],c);
  val(Form2.Edit9.Text,x0[3],c);
  val(Form2.Edit11.Text,e,c);
  randomize;
  kol:=1;
  h:=2;
  hh:=0.1;
  for i:=1 to n do begin
    lm[i]:=1;
    z[i]:=1;
    s[i]:=1;
    r[i]:=random;
  end;
  bt:=0.5;
  gm:=0.5;
  f0:=a[1]*sqr(x0[1])+a[2]*sqr(x0[2])+a[3]*sqr(x0[3]);
  form3.Label2.Caption:='  x1      x2      x3      f(x)      fp(x)'+#13+#13;
  for i:=1 to n do begin
    str(x0[i]:10:4,st);
    form3.Label2.Caption:=form3.Label2.Caption+st;
  end;
  str(f0:10:4,st);
  form3.Label2.Caption:=form3.Label2.Caption+st+#13;

```

```

x:=x0;

repeat
  zn:=sqrt(sqrt(z[1])+sqrt(z[2])+sqrt(z[3]));
  x0:=x;
  f0:=a[1]*sqrt(x0[1])+a[2]*sqrt(x0[2])+a[3]*sqrt(x0[3]);
  for i:=1 to n do
    x[i]:=x0[i]-lm[i]*(bt*z[i]/zn+(1-bt)*r[i]);

  f:= a[1]*sqrt(x[1])+a[2]*sqrt(x[2])+a[3]*sqrt(x[3]);
  inc(kol);
  if f<f0 then begin
    for i:= 1 to n do begin

      lm[i]:=lm[i]*h;
      z[i]:= (1-gm)*(x[i]-x0[i])*s[i];
      str(x[i]:10:4,st);
      form3.Label2.Caption:=form3.Label2.Caption+st;
      end;

      str(f:10:4,st);
      form3.Label2.Caption:=form3.Label2.Caption+st;
      fp:= 2*a[1]*x[1]+2*a[2]*x[2]+2*a[3]*x[3];
      str(fp:10:4,st);
      form3.Label2.Caption:=form3.Label2.Caption+st+#13;
    end else begin
      for i:=1 to n do begin lm[i]:=lm[i]/h; r[i]:=random end;
      x:=x0;
      end;

until (abs(fp)<=e) or (kol>800);

close;
Form3.Show;
end;
end.
unit Unit3;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TForm3 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Button1: TButton;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);

```

```

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form3: TForm3;

implementation

uses Unit2;

{$R *.dfm}

procedure TForm3.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  Label2.Caption:="";
  close;
end;

end.
unit Unit4;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TForm4 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Edit4: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Edit5: TEdit;
    Edit6: TEdit;
    Label5: TLabel;
    Edit7: TEdit;
    Button1: TButton;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }

```

```

end;

var
  Form4: TForm4;

implementation

uses Unit3;

{$R *.dfm}
function step(x,y:double):double;
var
  f: double;
begin
  if x>0 then f:=exp(y*ln(x));
  if x<0 then
    if (trunc(y)=0) and (round(y) mod 2 =0) then f:=exp(y*ln(abs(x)))
    else f:=-exp(y*ln(abs(x)));
  step:=f;
end;
procedure TForm4.Button1Click(Sender: TObject);
var
  a,b,x1,x2,r,e,y1,y2,k1,k2,k3,k4: double;
  s,s1: string;
  c:integer;
begin
  val(Edit1.Text,k1,c);
  val(Edit2.Text,k2,c);
  val(Edit3.Text,k3,c);
  val(Edit4.Text,k4,c);
  val(Edit5.Text,a,c);
  val(Edit6.Text,b,c);
  val(Edit7.Text,e,c);
  r:=(sqrt(5)-1)/2;
  repeat
    x1:=b-(b-a)*r;
    x2:=a+(b-a)*r;
    y1:=k1*step((x1+k2),k3)+k4;
    y2:=k1*step((x2+k2),k3)+k4;
    if y1<y2 then b:=x2 else a:=x1;
    str(a:0:5,s);
    str(b:0:5,s1);
    form3.Label2.Caption:=form3.Label2.Caption+s+' '+s1+#13;
  until abs(a-b)<e;
  form3.Show;
  close;

end;

end.

```

```

unit Unit5;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls;

type
  TForm5 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Edit7: TEdit;
    Edit8: TEdit;
    Edit9: TEdit;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Edit10: TEdit;
    Label7: TLabel;
    Edit11: TEdit;
    Button1: TButton;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form5: TForm5;

implementation

uses Unit1, Unit2, Unit3;

{$R *.dfm}

function f(x1,x2,x3:double):double;
begin
  f:=a[1]*sqr(x1)+a[2]*sqr(x2)*a[3]*sqr(x3);

```

```

end;

procedure TForm5.Button1Click(Sender: TObject);
const n=3;
var
  i:byte;
  c,kol:integer;
  h,e,y0,y1:double;
  s1,s2,s3: string;
begin
  val(Form5.Edit1.Text,a[1],c);
  val(Form5.Edit2.Text,a[2],c);
  val(Form5.Edit3.Text,a[3],c);
  val(Form5.Edit7.Text,x0[1],c);
  val(Form5.Edit8.Text,x0[2],c);
  val(Form5.Edit9.Text,x0[3],c);
  val(Form5.Edit10.Text,h,c);
  val(Form5.Edit11.Text,e,c);
  kol:=0;
  x[1]:=x0[1];
repeat
inc(kol);
  repeat
    x0[1]:=x[1];
    y0:=f(x0[1],x0[2],x0[3]);
    if f(x0[1]-h,x0[2],x0[3]) < f(x0[1]+h,x0[2],x0[3]) then x[1]:=x0[1]-h else
x[1]:=x0[1]+h;
    y1:=f(x[1],x0[2],x0[3]);
  until y1>=y0;
  x[1]:=x0[1];
  str(x[1]:9:5,s1); str(x0[2]:9:5,s2); str(x0[3]:9:5,s3);
  Form3.Label2.Caption:=Form3.Label2.Caption+' '+s1+s2+s3+#13;

  x[2]:=x0[2];
repeat
  x0[2]:=x[2];
  y0:=f(x[1],x0[2],x0[3]);
  if f(x[1],x0[2]-h,x0[3]) < f(x[1],x0[2]+h,x0[3]) then x[2]:=x0[2]-h else
x[2]:=x0[2]+h;
  y1:=f(x[1],x[2],x0[3]);
until y1>=y0;
  x[2]:=x0[2];
  str(x[1]:9:5,s1); str(x[2]:9:5,s2); str(x0[3]:9:5,s3);
  Form3.Label2.Caption:=Form3.Label2.Caption+' '+s1+s2+s3+#13;

  x[3]:=x0[3];
repeat
  x0[3]:=x[3];
  y0:=f(x[1],x[2],x0[3]);
  if f(x[1],x[2],x0[3]-h) < f(x[1],x[2],x0[3]+h) then x[3]:=x0[3]-h else x[3]:=x0[3]+h;

```

```

    y1:=f(x[1],x[2],x[3]);
until y1>=y0;
x[3]:=x0[3];
str(x[1]:9:5,s1); str(x[2]:9:5,s2); str(x[3]:9:5,s3);
Form3.Label2.Caption:=Form3.Label2.Caption+' '+s1+s2+s3+#13;
if kol>100 then begin
    Form3.Label2.Caption:=Form3.Label2.Caption+'С заданной точностью найти не
удалось';
    break;
end;

until abs(y1-y0)<=e;

    form3.Show;
end;

end.

```

## Заключение

В методических указаниях представлены рекомендации по выполнению расчетно-графической работы при изучении дисциплины «Численные методы и методы оптимизации», предложены примерные темы и пример выполнения.

Содержатся требования к оформлению и качеству выполнения РГР, а также формы контроля и оценки выполненных заданий.

Подготовка к входному контролю предполагает повторение материала, который был изучен студентами ранее, при изучении дисциплин «Математика» и «Вычислительная математика».

Подготовка к выполнению РГР предполагает работу с лекционным материалом, выполнение лабораторных работ, опережающую самостоятельную работу; выполнение домашних заданий; изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку, а также подготовку к коллоквиуму.

Подготовка к защите расчетно-графической работы включает повторение теоретического материала, связанного с выбором темы, а также вопросов алгоритмизации численных методов и их реализации на языке программирования.

Студент, успешно выполнивший и защитивший РГР, допускается к зачету или по усмотрению ведущего преподавателя (с учетом выполнения всех необходимых требований к освоению учебной дисциплины в течение семестра) может быть освобожден от зачета.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

## Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

### Основная литература

1. Кошев А.Н. Численные методы решения задач оптимизации: учеб. пособие / А.Н. Кошев, В.В. Кузина. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 132 с.

### Дополнительная литература

2. Аттетков, А.В. Введение в методы оптимизации [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ А.В. Аттетков, В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. – Электрон. текстовые данные.– М.: Финансы и статистика, 2014.– 272 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18794>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс]/ Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – Электрон. текстовые данные.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.– 635 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6502>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

4. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. – Электрон. текстовые данные.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.– 240 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12282>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

5. Кондаков, Н.С. Основы численных методов [Электронный ресурс]: практикум/ Н.С. Кондаков. – Электрон. текстовые данные.– М.: Московский гуманитарный университет, 2014.– 92 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39690>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

6. Дьяконов, В.П. MATLAB. Полный самоучитель [Электронный ресурс]/ В.П. Дьяконов. – Электрон. текстовые данные.– М.: ДМК Пресс, 2014.– 768 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7911>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

7. Седов, Е.С. Основы работы в системе компьютерной алгебры Mathematica [Электронный ресурс]/ Е.С. Седов. – Электрон. текстовые данные.– М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.– 401 с.– Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16717>.– ЭБС «IPRbooks», по паролю.

### Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

8. Контрольно-измерительные материалы по курсу «Численные методы и методы оптимизации»: учебно-методическое пособие / В.В. Кузина, А.Н. Кошев. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 60 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.intuit.ru/>
2. <http://www.exponenta.ru/>
3. [www.mathnet.ru](http://www.mathnet.ru) – общероссийский математический портал;
4. [http://e.lanbook.com/books/?p\\_f\\_1\\_temp\\_id=18&p\\_f\\_1\\_65=917&p\\_f\\_1\\_63=&p\\_f\\_1\\_67=](http://e.lanbook.com/books/?p_f_1_temp_id=18&p_f_1_65=917&p_f_1_63=&p_f_1_67=) – электронно-библиотечная система, издательство «Лань»;
5. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) – научная электронная библиотека;
6. <http://lib.mexmat.ru/> – электронная библиотека механико-математического факультета МГУ;
7. [http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/matematika/kompyutery\\_i\\_matematika/](http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/matematika/kompyutery_i_matematika/) – электронная библиотека по математике;
8. [http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web\\_Links&file=index&l\\_op=viewlink&cid=2851](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=2851) – федеральный портал российского профессионального образования: численные методы;
9. [https://mipt.ru/education/chair/computational\\_mathematics/study/materials/compmath/](https://mipt.ru/education/chair/computational_mathematics/study/materials/compmath/) – кафедра вычислительной математики МФТИ: вычислительная математика (3 курс).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы .....	5
Примерный перечень тем расчетно-графических работ .....	6
Требования к оформлению РГР .....	7
Защита РГР .....	8
Пример выполнения РГР.....	8
Заключение .....	21
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	22

Учебное издание

Кузина Валентина Владимировна  
Кошев Александр Николаевич

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ**  
Методические указания для выполнения расчетно-графической работы  
по направлению подготовки 09.03.02  
«Информационные системы и технологии»

**В авторской редакции**  
**Верстка**            Н.В. Кучина

---

Подписано в печать 23.05.16.                      Формат 60x84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 1,395.      Уч.-изд.л. 1,5.              Тираж 80 экз.  
Заказ № 330.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.