

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р. Е. АЛЕКСЕЕВА

Кафедра «Прикладная математика»

Отчет
Лабораторная работа №1
по дисциплине «Численные Методы»

Тема:

«СЛАУ»

Студент

(Подпись) Карпов М. О.
(Фамилия, И., О.)

17-ПМ 31.10.19
(Группа) (Дата сдачи)

Проверила

(Подпись) Талалушкина Л.В.
(Фамилия, И., О.)

Отчет защищен «___» _____ 2019г.
с оценкой _____

Нижний Новгород, 2019

Оглавление

1.	ЦЕЛЬ РАБОТЫ	3
2.	ПОЯСНЕНИЕ К ЗАДАНИЮ	4
3.	ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА.....	6
4.	РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ C++	7
5.	РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ FORTRAN	12
6.	РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ MATLAB.....	18
7.	РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ PYTHON.....	23

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		2
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить и программно реализовать на языках высокого уровня (C, Python, Matlab, Fortran) метод Гаусса.

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		3
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

2. ПОЯСНЕНИЕ К ЗАДАНИЮ

К необходимости решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) приводят многие прикладные задачи физики, радиофизики, электроники и других областей науки и техники. По этой причине разработке и исследованию методов решения СЛАУ уделяется повышенное внимание.

Для решения СЛАУ используются как прямые методы, позволяющие получить в случае отсутствия ошибок округления точное решение за конечное, заранее известное количество арифметических операций, так и итерационные методы. Итерационные методы используются для решения СЛАУ большого порядка, а также для уточнения решения, полученного прямыми методами.

Из прямых методов популярным у вычислений является метод Гаусса (исключения переменных) с выбором главного (максимального по модулю) элемента в столбце. Поиск главного элемента позволяет, с одной стороны, ограничить рост коэффициентов на каждом шаге исключения и, следовательно, уменьшить влияние ошибок округления на точность решения, с другой, обеспечить для невырожденных систем выполнения условия $a_{kk} \neq 0$ (отсутствие аварийных остановок вследствие деления на ноль).

Пусть задана СЛАУ

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2, \\ &\dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n &= b_n. \end{aligned} \quad (1.1)$$

процесс ее решения методом Гаусса делится на два этапа, называемых соответственно прямым и обратным ходом.

На первом этапе система (1.1) путем последовательного исключения переменных x_1, x_2, \dots, x_n сводится к эквивалентной системе с верхней треугольной матрицей коэффициентов:

$$\begin{aligned} x_1 + u_{12}x_2 + u_{13}x_3 + \dots + u_{1,n-1}x_{n-1} + u_{1n}x_n &= q_1, \\ x_2 + u_{23}x_3 + \dots + u_{2,n-1}x_{n-1} + u_{2n}x_n &= q_2, \\ &\dots \\ x_{n-1} + u_{n-1,n}x_n &= q_{n-1}, \\ x_n &= q_n. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Исключение переменной x_k (k-й шаг прямого хода Гаусса) включает вычисление k-й строки треугольной матрицы:

$$u_{kj} = a_{kj}^{(k-1)} / a_{kk}^{(k-1)}; \quad j = k+1, n, \quad (1.3)$$

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		4
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

k-го свободного члена:

$$q_k = b_k^{(k-1)} / a_{kk}^{(k-1)}, \quad (1.4)$$

преобразование уравнений системы (1.1) с номерами $k + 1, k + 2, \dots, n$:

$$\begin{aligned} a_{ij}^{(k)} &= a_{ij}^{(k-1)} - a_{ik}^{(k-1)} u_{kj}; \\ b_i^{(k)} &= b_i^{(k-1)} - a_{ik}^{(k-1)} q_k, \\ i &= k+1, n; \quad j = k+1, n. \end{aligned} \quad (1.5)$$

В соотношениях (1.5) переменной внутреннего цикла является j , переменной внешнего цикла – i . Полное число шагов, за которое выполняется прямой ход Гаусса, равно n , т.е. расчеты по формулам (1.3 – 1.5) выполняется для $k = 1, n$.

На втором этапе (обратный ход Гаусса) решают систему (1.2):

$$\begin{aligned} x_n &= q_n; \\ x_k &= q_k - \sum_{j=k+1}^n u_{kj} x_j; \\ k &= n-1, 1, \end{aligned} \quad (1.6)$$

последовательно определяя неизвестные x_n, x_{n-1}, \dots, x_1 .

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		5
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

3. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

Основные функции:

- `print_matrx()` – принимает матрицу и выводит её в консоль,
- `col_max()` – принимает матрицу и ищет колонку с максимальным значением по модулю,
- `triangle()` – принимает матрицу и приводит её к треугольному виду,
- `rank_matr()` – принимает матрицу, приведенную к треугольному виду, и находит ее ранг,
- `gauss()/gaus()` – принимает расширенную матрицу и ранг матрицы коэффициентов и находит решения слау.

В функции `main()` идет инициализация расширенной матрицы из файла, определяется матрица коэффициентов на основе расширенной матрицы. Далее обе матрицы приводятся к треугольному виду и выполняется функция `gauss()/gaus()`.

Основные элементы:

- `su` – расширенная матрица системы
- `tmp` – матрица коэффициентов системы
- `rank/rankm` – ранг матрицы коэффициентов
- `ranks` – ранг расширенной матрицы
- `x` – решения системы

Вывод программы: состояния решения системы (Endless solution, No solutions) или решение системы. При возможности расширенная матрица.

Исходная матрица				
№	Матрица коэффициентов A			Вектор b
4	2.75	1.78	1.11	15.71
	3.28	0.71	1.15	43.78
	1.15	2.70	3.58	37.11

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист 6
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

4. РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ C++

Реализация на языке C++

```
#include <iostream>
#include <stdio.h>
#include <fstream>
#include <string>

using namespace std;

void print_mtrx(double **matr, int n, int step){
    for(int i=0; i<n; i++){
        for(int j=0; j<n+step; j++){
            cout<<matr[i][j]<<" ";
        }
        cout<<endl;
    }
    cout<<endl;
}

int col_max(double **matrix, int col, int n){
    double max = abs(matrix[col][col]);
    int maxPos = col;
    for(int i=col+1; i<n; ++i){
        double element = abs(matrix[i][col]);
        if(element>max){
            max = element;
            maxPos = i;
        }
    }
    return maxPos;
}

int triangle(double **matrix, int n, int step){
    double buff;
    if (n == 0)
        return 0;
    for(int i=0; i<n-1; ++i){
        int imax = col_max(matrix, i, n);
        if (i != imax) {
```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		7
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

Реализация на языке C++

```

for(int j=0; j<n+step; j++){
    buff=matrix[i][j];
    matrix[i][j]=matrix[imax][j];
    matrix[imax][j]=buff;
}
}
for (int j=i+1; j<n; ++j){
    double mul;
    if(matrix[i][i]==0) mul=0;
    if(matrix[i][i]!=0) mul = -matrix[j][i]/matrix[i][i];
    for (int k=i; k<n+step; ++k){
        matrix[j][k]+=matrix[i][k]*mul;
        if(abs(matrix[j][k])<0.0001) matrix[j][k]=0;
    }
}
}
}

int rank_matr(double **matr, int n, int step){
    int rank1 = n;
    int chk = 0;
    for(int i=1;i<n+1;i++){
        chk=0;
        for(int j=0;j<n+step;j++){
            if(matr[n-i][j]!=0)
                chk++;
        }
        if(chk==0) rank1--;
    }
    return rank1;
}

int gauss(double **matr, int rank, int n){
    double *x;
    x = new double[n];
    for(int i=0;i<n;i++) x[i]=0;
    int ranks = rank_matr(matr, n, 1);
    if(ranks==rank && ranks<n){
        cout<<"Endless solutions"<<endl;
    }
}

```


Реализация на языке C++

```

return 0;
}
if(rank==ranks){
    for(int i=1; i<=n; i++){
        x[n-i]=matr[n-i][n];
        for(int j=0;j<n;j++){
            if((n-i)!=j)
                x[n-i]=x[n-i]-(matr[n-i][j]*x[j]);
        }

        x[n-i]=x[n-i]/matr[n-i][n-i];
        if(matr[n-i][n-i]==0) cout<<"x"<<n-i<<" = Endless solutions"<<endl;
        else cout<<"x"<<n-i<<" = "<<x[n-i]<<endl;
    }
    return 0;
}
cout<<"No solutions"<<endl;
delete [] x;
return 0;
}

int main()
{
    double **su, **tmp;
    int n = 0;
    string buff;

    ifstream file("matrix.txt", ios_base::out);
    while(!file.eof()){
        getline(file, buff);
        if(buff.size()>0)
            n++;
    }
    file.close();
    ifstream fmatrix("matrix.txt", ios_base::out);

```

Реализация на языке C++

```

su = new double*[n];
for(int i=0; i<n; i++){
    su[i] = new double[n+1];
    for(int j=0; j<n+1; j++){
        fmatrix>>su[i][j];
    }
}
tmp = new double*[n];
for(int i=0; i<n; i++){
    tmp[i] = new double[n];
    for(int j=0; j<n; j++){
        tmp[i][j]=su[i][j];
    }
}
print_mtrx(su, n, 1);
triangle(su, n, 1);
triangle(tmp, n, 0);

gauss(su, rank_matr(tmp, n, 0), n);

for(int i=0; i<n; i++)
    delete [] su[i];
fmatrix.close();
return 0;
}
    
```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		10
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

Результат работы на языке C++

```

Терминал
Файл Правка Вид Поиск Терминал Справка
2.75 1.78 1.11 15.71
3.28 0.71 1.15 43.78
1.15 2.7 3.58 37.11

x2 = 22.6768
x1 = -20.5133
x0 = 9.83722
Для закрытия данного окна нажмите <ВВОД>...

```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист 11
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

5. РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ FORTRAN

Реализация на языке FORTRAN

```

program main
  integer n, tmp_rank, rank_matr
  real, allocatable :: su(:, :)
  real, allocatable :: tmp(:, :)
  n=0
  open(1, file='matrix.txt')
  do
    read(1, *, iostat=io)
    if(io/=0) exit
    n=n+1
  enddo
  close(1)
  allocate(su(n, n+1))
  allocate(tmp(n, n))

  open(2, file='matrix.txt')
  do i=1,n
    read(2, *)(su(i,j),j=1,n+1)
  enddo
  close(2)

  do i=1,n
    do j=1,n
      tmp(i,j)=su(i,j)
    enddo
  enddo
  tmp_rank=rank_matr(tmp, n, 0)
  call triangle(su, n, 1)
  call triangle(tmp, n, 0)
  call gauss(su, tmp_rank, n)

  deallocate(su)
  deallocate(tmp)
end program main

subroutine print_matr(matr, n, step)
  integer n, step

```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		12
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

Реализация на языке FORTRAN

```

real , dimension(n, step+n) :: matr
do i=1,n
  do j=1,n+step
    write(*, "(f10.4, 1x)") matr(i, j)
  enddo
  write(*,*)
enddo
return
end subroutine print_matr

```

```

integer function col_max(matrix, col, n)
integer n, col, maxpos
real max, element
real , dimension(n, n) :: matrix
max = abs(matrix(col, col))
maxPos = col
do i=col+1,n
  element = abs(matrix(i, col))
  if (element>max) then
    max = element
    maxPos = i
  endif
enddo
col_max=maxpos
return
end function col_max

```

```

subroutine triangle(matrix, n, step)
real buff, mul
integer n, step, imax
real , dimension(n, n+step) :: matrix
integer col_max

if (n == 0) then
  stop
endif
do i=1,n-1

```

Реализация на языке FORTRAN

```

imax = col_max(matrix, i, n)
if (i .ne. imax) then
  do j=1,n+step
    buff=matrix(i, j)
    matrix(i, j)=matrix(imax, j)
    matrix(imax, j)=buff
  enddo
endif
do j=i+1,n
  if(matrix(i, i)==0) then
    mul=0;
  endif
  if(matrix(i, i).ne.0) then
    mul = -matrix(j, i)/matrix(i, i)
  endif
  do k=i,n+step
    matrix(j, k)=matrix(j, k)+matrix(i, k)*mul;
    if(abs(matrix(j, k))<0.0001) then
      matrix(j, k)=0;
    endif
  enddo
enddo
enddo
return
end subroutine triangle

```

```

integer function rank_matr(matrix, n, step)
integer n, step, rank1, chk
real , dimension(n, n+step) :: matrix
rank1=n
do i=0,n-1
  chk=0;
  do j=1,n+step
    if(matrix(n-i, j).ne.0) then
      chk=chk+1
    endif
  enddo
enddo

```

Реализация на языке FORTRAN

```

    if(chk==0) then
        rank1=rank1-1
    endif
enddo
rank_matr=rank1
return
end function rank_matr

subroutine gauss(matr, rank, n)
integer ranks, rank_matr, n, rank
real , dimension(n, n+1) :: matr
real, allocatable :: x(:)
allocate(x(n))
ranks=rank_matr(matr, n, 1)
if((ranks==rank).and.(ranks<n)) then
    print *, "Endless solutions"
    deallocate(x)
    return
endif
if(rank==ranks)then
    do i=0,n-1
        x(n-i)=matr(n-i, n+1)
        do j=1,n
            if((n-i).ne.j) then
                x(n-i)=x(n-i)-(matr(n-i, j)*x(j))
            endif
        enddo
        x(n-i)=x(n-i)/matr(n-i, n-i)
        if(matr(n-i, n-i).eq.0) then
            print *, "Endless solution"
        endif
        if(matr(n-i, n-i).ne.0) then
            print 15, n-i-1, x(n-i)
            15 FORMAT(1x, "X", i1, " = ", 1x, f10.4)
        endif
    enddo
    deallocate(x)
enddo

```

Реализация на языке FORTRAN

```

    return
endif
print *, "No solutions"
deallocate(x)
return
end subroutine gauss

```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист 16
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

Результат работы на языке FORTRAN

```
mikhail@mikhail-X580VD: ~/FORT
Файл Правка Вид Поиск Терминал Справка
mikhail@mikhail-X580VD:~/FORT$ ./slau
X2 =      22.6768
X1 =     -20.5133
X0 =       9.8372
mikhail@mikhail-X580VD:~/FORT$
```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист 17
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

6. РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ MATLAB

Реализация на языке Matlab. col_max.m

```
function [maxpos] = col_max(matrix, a, n)
    maxc = abs(matrix(a, a))
    maxpos = a
    for i=a+1:n
        element=abs(matrix(i, a))
        if element>maxc
            maxc=element
            maxpos=i
        end
    end
end
```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		18
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

Реализация на языке Matlab. gauss.m

```
function [x1, res] = gauss(matr, rankm, n)
    trg = 0
    x1 = zeros(0, 0)
    x = zeros(1, n)
    res="none"
    for i=1:n
        x(i)=0
    end

    ranks=rank(matr)

    if(ranks == rankm && ranks < n)
        res="Endless solutions"
        trg=1
    end
    if(rankm == ranks && trg==0)
        for i=n:-1:1
            x(i) = matr(i, n+1);
            for j=1:n
                if(i~=j)
                    x(i)=x(i)-(matr(i, j)*x(j))
                end
            end
            x(i)=x(i)/matr(i, i);
            if(matr(i, i) == 0)
                res="Endless solutions"
            end
            if(matr(i, i) ~= 0)
                x1=[x1 x(i)]
            end
        end
        trg=1
    end
    if(trg==0)
        res="No solutions"
    end
end
```

Реализация на языке Matlab. slau.m

```

su = load("/home/mikhail/matrix.txt")
n = size(su, 1)
tmp=zeros(n)

for i=1:n
    for j=1:n
        tmp(i, j)=su(i, j)
    end
end

su = triangle(su, n, 1)
tmp = triangle(tmp, n, 0)
[x, res] = gaus(su, rank(tmp), n)
clc
if(res=="none")
    for i=1:size(x, 2)
        fprintf("x%i = %f\n", size(x, 2)-i, x(i))
    end
end
if(res~="none")
    disp(res)
end

```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист 20
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

Реализация на языке Matlab. triangle.m

```
function [res] = triangle(matrix, n, step)
    trg=0
    res=matrix
    if(n == 0)
        trg=1
    end
    if(trg==0)
        for i=1:n-1
            imax = col_max(res, i, n)
            if(i~=imax)
                for j=1:n+step
                    buff=res(i, j)
                    res(i, j)=res(imax, j)
                    res(imax, j)=buff
                end
            end
            for j=i+1:n
                mul = 0
                if (res(i, i)==0)
                    mul=0
                end
                if (res(i, i)~=0)
                    mul=-res(j, i)/res(i, i)
                end
                for k=i:n+step
                    res(j, k)=res(j, k)+res(i, k)*mul
                    if (abs(res(j, k))<0.0001)
                        res(j, k) = 0
                    end
                end
            end
        end
    end
end
end
end
end
```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист 21
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

Результат работы на языке Matlab

Command Window

New to MATLAB? See resources for [Getting Started](#).

```
x2 = 22.676826
x1 = -20.513273
x0 = 9.837218
fx >> |
```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист 22
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

7. РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Реализация на языке Python

```
def print_mtrx(matr, n, step):
```

```
    for i in range(n):
```

```
        for j in range(n + step):
```

```
            print(matr[i][j], end=' ')
```

```
        print()
```

```
    print()
```

```
def col_max(matrix, a, n):
```

```
    maxc = abs(matrix[a][a])
```

```
    maxpos = a
```

```
    for i in range(a + 1, n):
```

```
        element = abs(matrix[i][a])
```

```
        if element > maxc:
```

```
            maxc = element
```

```
            maxpos = i
```

```
    return maxpos
```

```
def triangle(matrix, n, step):
```

```
    buff = 0
```

```
    if n == 0:
```

```
        return 0
```

```
    for i in range(n - 1):
```

```
        imax = col_max(matrix, i, n)
```

```
        if i != imax:
```

```
            for j in range(n + step):
```

```
                buff = matrix[i][j]
```

```
                matrix[i][j] = matrix[imax][j]
```

```
                matrix[imax][j] = buff
```

```
    for j in range(i + 1, n):
```

```
        mul = 0
```

```
        if matrix[i][i] == 0:
```

```
            mul = 0
```

```
        if matrix[i][i] != 0:
```

```
            mul = -matrix[j][i] / matrix[i][i]
```

```
        for k in range(i, n + step):
```

Реализация на языке Python

```
matrix[j][k] += matrix[i][k] * mul
if abs(matrix[j][k]) < 0.0001:
    matrix[j][k] = 0
```

```
def rank_matr(matr, n, step):
```

```
    rank1 = n;
    chk = 0;
    for i in range(1, n + 1):
        chk = 0
        for j in range(n + step):
            if matr[n - i][j] != 0:
                chk = chk + 1
        if chk == 0:
            rank1 = rank1 - 1
    return rank1
```

```
def gauss(matr, rank, n):
```

```
    x = []
    for i in range(n):
        x.append(0)
    ranks = rank_matr(matr, n, 1)
    if ranks == rank and ranks < n:
        print("Endless solutions")
        return 0
    if rank == ranks:
        for i in range(1, n + 1):
            x[n - i] = matr[n - i][n]
            for j in range(n):
                if (n - i) != j:
                    x[n - i] = x[n - i] - (matr[n - i][j] * x[j])
            x[n - i] = x[n - i] / matr[n - i][n - i]
            if matr[n - i][n - i] == 0:
                print('x', n - i, " = Endless solutions")
            else:
                print('x', n - i, " = ", x[n - i], sep="")
```


Реализация на языке Python

```

    return 0
    print("No solutions")

if __name__ == "__main__":
    su = []
    tmp = [[]]
    n = 0

    with open("test.txt") as file:
        su = [list(map(float, row.split())) for row in file.readlines()]
        n = len(su[0])-1
    for i in range(n):
        tmp.append([])
        for j in range(n):
            tmp[i].append(su[i][j])

    print_mtrx(su, n, 1)
    triangle(su, n, 1)
    triangle(tmp, n, 0)
    gauss(su, rank_matr(tmp, n, 0), n)

```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		25
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		

Результат работы на языке Python

```
/usr/bin/python3.6 /home/mikhail/PycharmProjects/slau/gaus.py
2.75 1.78 1.11 15.71
3.28 0.71 1.15 43.78
1.15 2.7 3.58 37.11

x2 = 22.676825531397665
x1 = -20.513272511301764
x0 = 9.83721772009663

Process finished with exit code 0
```

1	Вып	Карпов М.О.		31.10.19	ЛР по «Численным методам»-НГТУ-(17-ПМ)	Лист 26
2	Пров	Талалушкина Л.В.		31.10.19		
№.		Ф.И.О..	Подп.	Дата		