

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова  
Факультет вычислительной математики и кибернетики

**Отчёт**  
**О выполнении задания №2**

Скрябин Глеб  
323 группа

Москва 2022

# Оглавление

1.	ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ	2
2.	ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ	2
3.	РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ СРАВНЕНИЕ С 1 ЗАДАЧЕЙ	3
4.	ГРАФИКИ	7

## 1. Описание задачи

Требуется написать программу с использованием MPI для решения системы линейных уравнений  $Ax=b$  методом отражений. После чего сравнить результаты работы этой программы с аналогичной ей OpenMP версией в 1 задаче.

## 2. Описание алгоритма программы

1. Приведение матрицы к верхнему треугольному виду методом отражений, это занимает  $n - 1$  шагов, так как матрица имеет размер  $n \times n$ .
2. Обратный ход методом Гаусса.

В программе время разложение матрицы и время решения методом Гаусса замеряется при помощи функции *MPI\_Wtime()*, записывая время до операции и после. Для проверки корректности работы программы в каждом опыте также измерялась норма невязки и норма разницы между полученным и точным решениями. Так как за время запусков данные параметры не превышали значения  $1e-5$  и  $1e-7$  соответственно, можно считать, что результаты не имеют ошибок.

Тестирование программы выполнялось на вычислительной системе Polus. Компиляция проводилась командой *mpicc -std=c99 -Wall -Werror -O0 -lm main.c -o main*. Постановка задачи в очередь проводилась через планировщик IBM Spectrum LSF командой *bsub < ./task\_2\_job.lsf*. Содержание файла *task\_2\_job.lsf* имело вид:

```
#BSUB -n 2 -q short
#BSUB -W 00:15
#BSUB -o "my_job.%J.1000.2.out"
#BSUB -e "my_job.%J.1000.2.err"
mpiexec ./main 1000 slae_1000
```

Исследования проводились для матриц размером  $300 \times 300$ ,  $1000 \times 1000$ ,  $3000 \times 3000$  и  $6000 \times 6000$ . Для распараллеливания программы использовались 2, 4, 8 и 16 MPI процессов.

### 3. Результаты MPI запусков (в случае генерации системы отдельно и внутри каждого процесса) и сравнение с OpenMP

Таблица 1: MPI, size = 300, внешняя генерация

Процессов	1	2	4	8	16
T1	0.193762	0.109231	0.085510	0.049090	0.028511
T2	0.000723	0.001931	0.001886	0.002535	0.004042
Точность	2.45834e-10	2.44325e-10	2.44061e-10	2.44376e-10	2.43886e-10
Невязка	3.45281e-08	3.55584e-08	3.08252e-08	3.19954e-08	3.40443e-08

Таблица 2: OpenMP, size = 300, генерация внутри процессов

Процессов	1	2	4	8	16	32
T1	0.148821	0.077978	0.054388	0.034621	0.041283	0.028968
T2	0.000684	0.001389	0.001658	0.001911	0.004352	0.007044
Точность	3.97662e-09	1.77438e-08	7.66899e-11	2.17434e-10	9.72073e-11	2.71936e-11
Невязка	3.50938e-09	2.77627e-09	4.11253e-09	7.87919e-09	7.87075e-09	2.96895e-09

Таблица 3: OpenMP, size = 300

Процессов	1	2	4	8	16	32
T1	0.033730	0.026611	0.025046	0.039173	0.058580	0.101731
T2	0.000450	0.001148	0.001337	0.001683	0.001977	0.002511
Точность	3.55926e-11	2.23861e-11	1.08301e-11	2.2636e-11	1.77584e-11	1.51479e-11
Невязка	1.6159e-09	1.34051e-09	1.23619e-09	1.27843e-09	1.22325e-09	1.24432e-09

Таблица 4: MPI, size = 1000, внешняя генерация

Процессов	1	2	4	8	16
T1	5.694374	2.815397	1.458355	0.866591	0.450640
T2	0.006032	0.005274	0.004522	0.004574	0.006022
Точность	1.02887e-09	1.02981e-09	1.02716e-09	1.02799e-09	1.02828e-09
Невязка	3.43642e-07	4.69996e-07	3.59495e-07	3.64917e-07	3.53927e-07

Таблица 5: OpenMP, size = 1000, генерация внутри процессов

Процессов	1	2	4	8	16	32
T1	5.611135	2.739325	1.496284	0.753804	0.459001	0.475671
T2	0.005518	0.004913	0.004435	0.004175	0.005747	0.007628
Точность	4.69308e-09	2.73632e-08	4.71953e-09	1.95286e-09	4.35825e-09	5.6275e-09
Невязка	2.34393e-08	1.70232e-08	2.33579e-08	1.12095e-08	3.15734e-08	3.54887e-08

Таблица 6: OpenMP, size = 1000

Процессов	1	2	4	8	16	32
T1	0.977665	0.502424	0.346307	0.327805	0.247614	0.269805
T2	0.002773	0.003717	0.004954	0.006473	0.006288	0.008532
Точность	7.19072e-10	7.37132e-09	1.21028e-10	1.73273e-09	1.82449e-09	2.96872e-09
Невязка	9.68902e-09	8.10843e-09	7.84952e-09	7.4893e-09	7.56072e-09	7.22317e-09

Таблица 7: MPI, size = 3000, внешняя генерация

Процессов	1	2	4	8	16
T1	161.538832	81.367632	39.317774	18.894153	13.958114
T2	0.054597	0.033993	0.022001	0.014680	0.014292
Точность	2.46135e-07	2.46133e-07	2.46132e-07	2.46134e-07	2.46135e-07
Невязка	6.26343e-06	4.27688e-06	3.87863e-06	4.07698e-06	4.17445e-06

Таблица 8: OpenMP, size = 3000, генерация внутри процессов

Процессов	1	2	4	8	16	32
T1	161.078453	80.770941	38.080519	18.847402	14.030649	6.306142
T2	0.055410	0.034486	0.019519	0.014526	0.014654	0.017418
Точность	7.33062e-08	7.60449e-09	1.89266e-08	3.12326e-08	9.6339e-09	9.33777e-08
Невязка	1.58048e-07	7.61661e-08	2.47244e-07	5.62473e-08	2.45593e-07	2.54629e-07

Таблица 9: OpenMP, size = 3000

Процессов	1	2	4	8	16	32
T1	27.651724	14.135834	7.762235	4.753887	4.916452	5.554626
T2	0.012756	0.017123	0.016439	0.017782	0.019941	0.027537
Точность	2.43248e-09	1.57075e-09	1.56599e-09	1.79622e-09	1.69117e-09	8.33576e-10
Невязка	4.94688e-08	4.39756e-08	4.16076e-08	4.02889e-08	4.01092e-08	3.96435e-08

Таблица 10: MPI, size = 6000, внешняя генерация

Процессов	1	2	4	8	16
T1	1847.856087	672.554880	344.871686	161.839014	110.443389
T2	0.248574	0.114143	0.073912	0.040847	0.037611
Точность	3.33568e-07	3.33571e-07	3.33562e-07	3.33558e-07	3.3356e-07
Невязка	1.21281e-05	1.10485e-05	1.0723e-05	1.08635e-05	1.08567e-05

Таблица 11: OpenMP, size = 6000, генерация внутри процессов

Процессов	1	2	4	8	16	32
T1	1865.766707	672.624231	335.374845	167.183784	89.031073	46.584274
T2	0.243868	0.114805	0.068390	0.041324	0.030401	0.031096
Точность	4.19165e-08	5.41726e-08	3.3325e-08	1.8556e-07	1.98139e-08	4.76663e-08
Невязка	5.18143e-07	2.53328e-07	5.68233e-07	5.17338e-07	3.82937e-07	5.59831e-07

Таблица 12: OpenMP, size = 6000

Процессов	1	2	4	8	16	32
T1	824.271903	420.837544	206.452682	177.388909	69.545985	51.152127
T2	0.040524	0.041154	0.036481	0.039391	0.051820	0.062373
Точность	6.78865e-10	3.31087e-09	2.75693e-09	1.32591e-09	1.97213e-09	2.42504e-09
Невязка	1.44236e-07	1.27406e-07	1.21465e-07	1.17146e-07	1.16274e-07	1.15001e-07

## 4. Графики

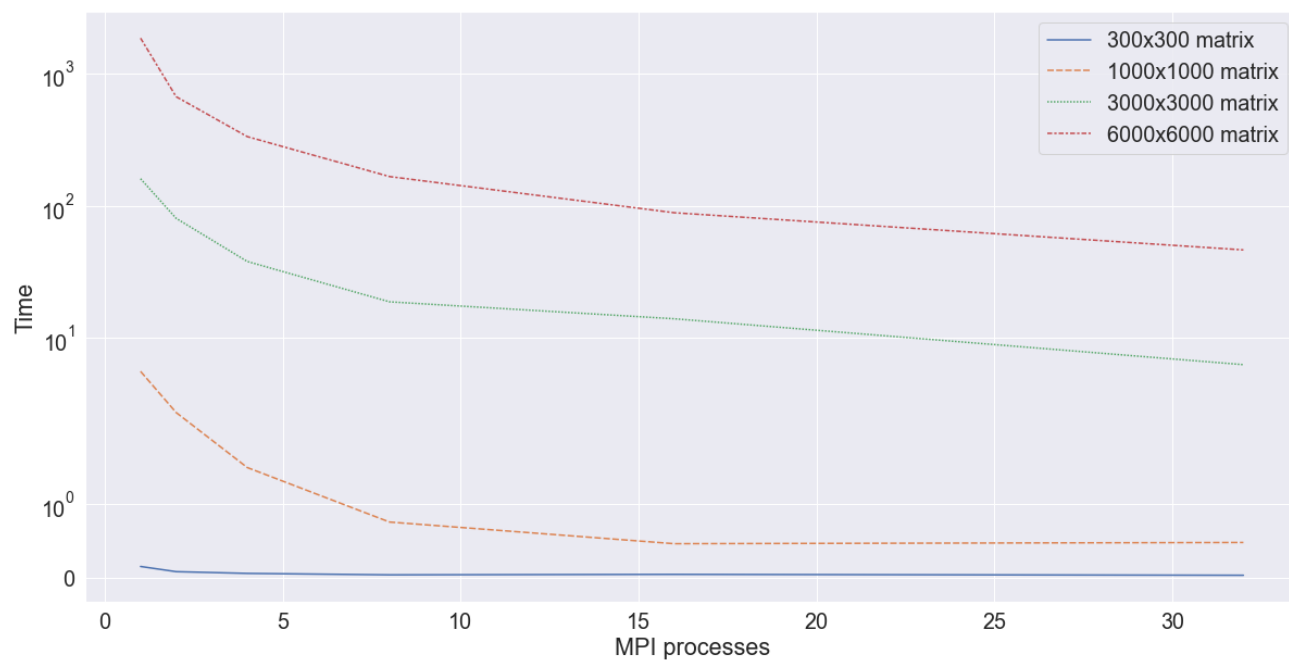


Рис. 1: T1 – время приведения к треугольному виду (логарифмический график)

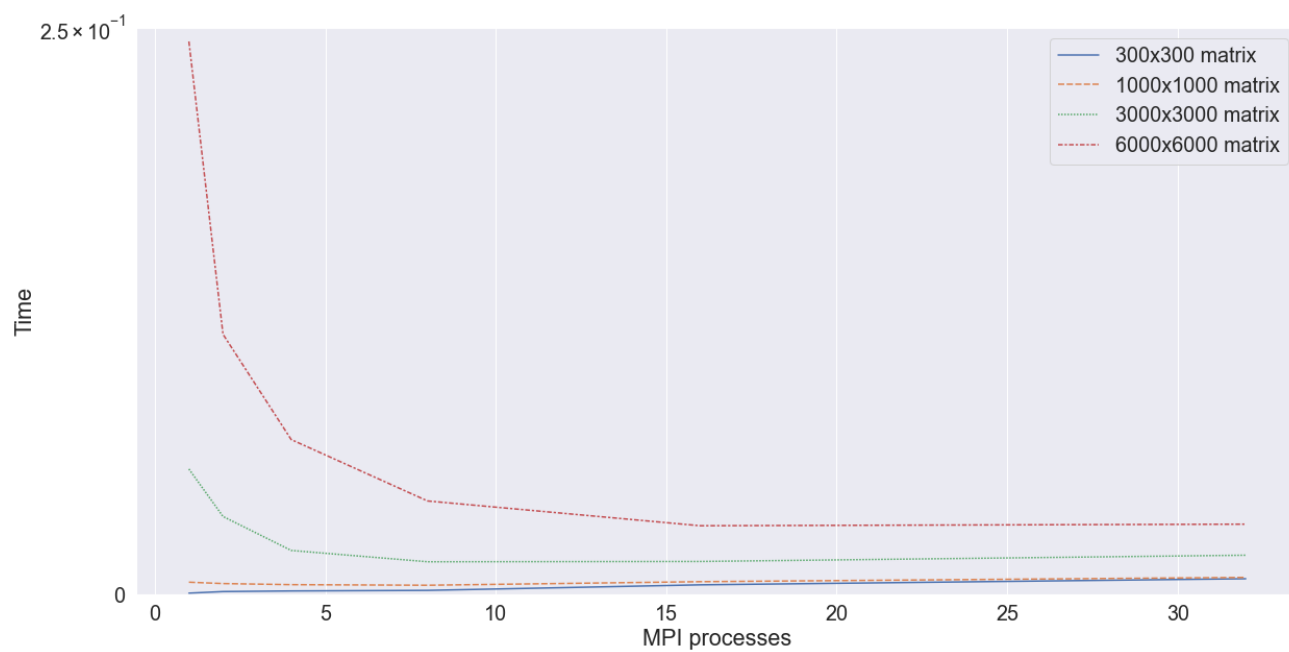


Рис. 2: T2 – время обратного хода Гаусса (логарифмический график)



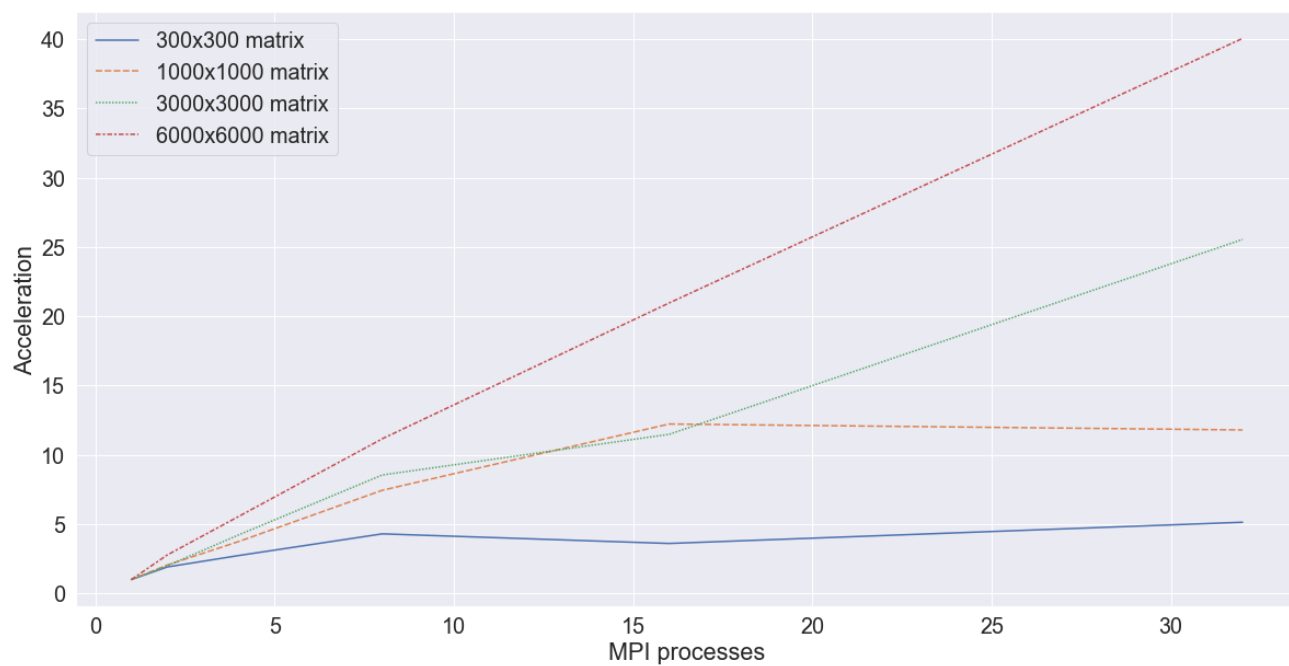


Рис. 3: Ускорение

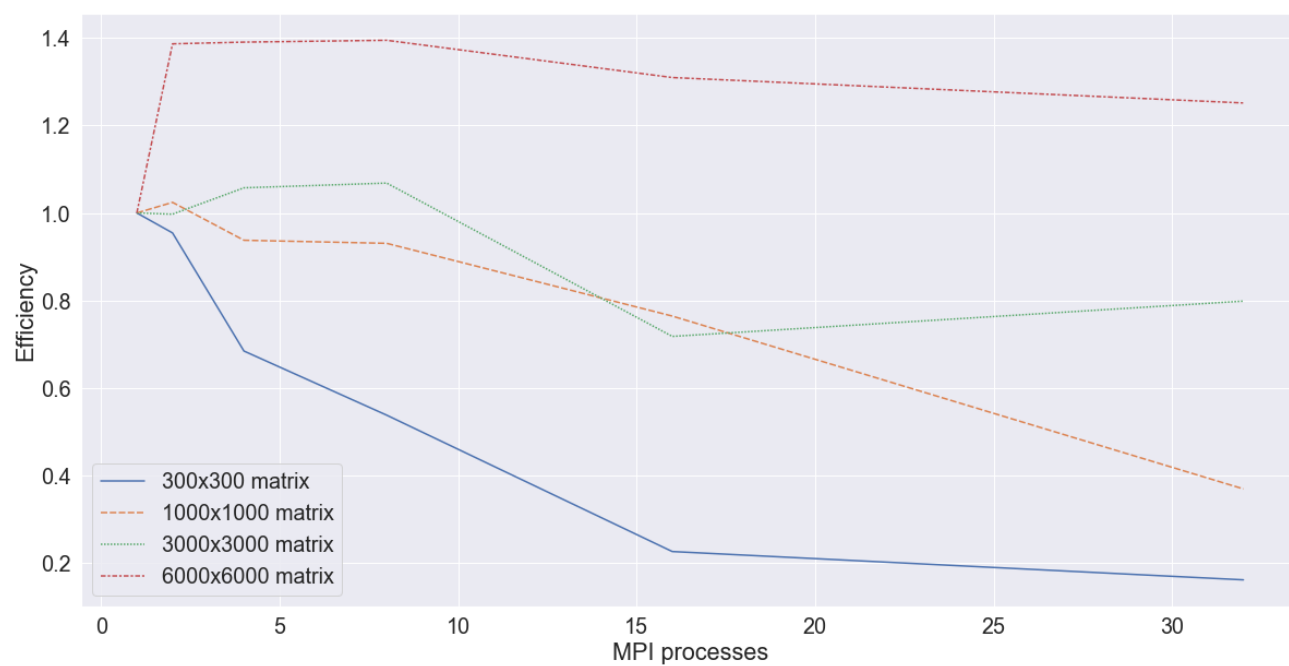


Рис. 4: Эффективность