

Московский государственный университет  
Кафедра суперкомпьютеров и квантовой информатики

Отчет по третьему практическому заданию.

Плужников Иван, 323

Москва 2021

## Задание

Реализовать параллельную программу на C++ с использованием MPI, которая выполняет квантовое преобразование n-Адамара с зашумленными вентилями над вектором состояний длины  $2n$ , где  $n$ —количество кубитов.

## Описание алгоритма

Преобразование n-Адамара—это преобразование Адамара, выполненное последовательно  $n$  раз над вектором состояний, при этом кубит, по которому проводится преобразование, изменяется от 1 до  $n$ .

Для зашумления вентилей реализовать следующую модель. Зашумленный вентиль Адамара не определяется следующими формулами:

$$U = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad U(\theta) = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}, \quad \theta = \theta_0 + \epsilon, \quad \epsilon \sim \mathcal{U}(0,1),$$
 где  $\epsilon$ —это уровень шума. Код преобразования случайной величины с равномерным распределением к нормальному распределению:

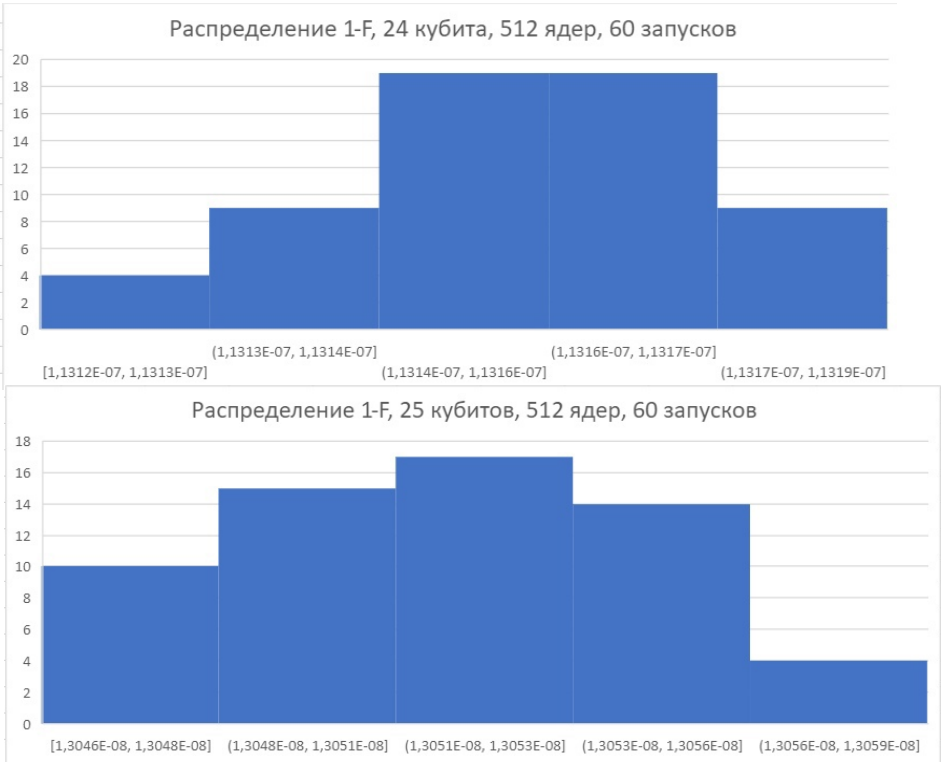
```
double normal_dis_gen(){
    double S = 0.;
    for (int i = 0; i < 12; ++i) { S += (double)rand()/RAND_MAX; }
    return S-6.;
}
```

В качестве меры точности выбрать вероятность совпадения  $F$  (Fidelity) между идеальным и зашумленным  $|C_{\text{noise}}\rangle$  векторами состояний. Эта величина может быть вычислена как квадрат модуля скалярного произведения соответствующих векторов. В качестве меры потери точности использовать  $1-F$ .

## Результаты измерений

Количество кубитов	Количество вычислительных узлов	Время работы программы(сек)
25	2	5.81739
	4	6.16936
	8	4.74573
	16	3.27756
	32	2.00993
	64	1.20929
	128	0.731339

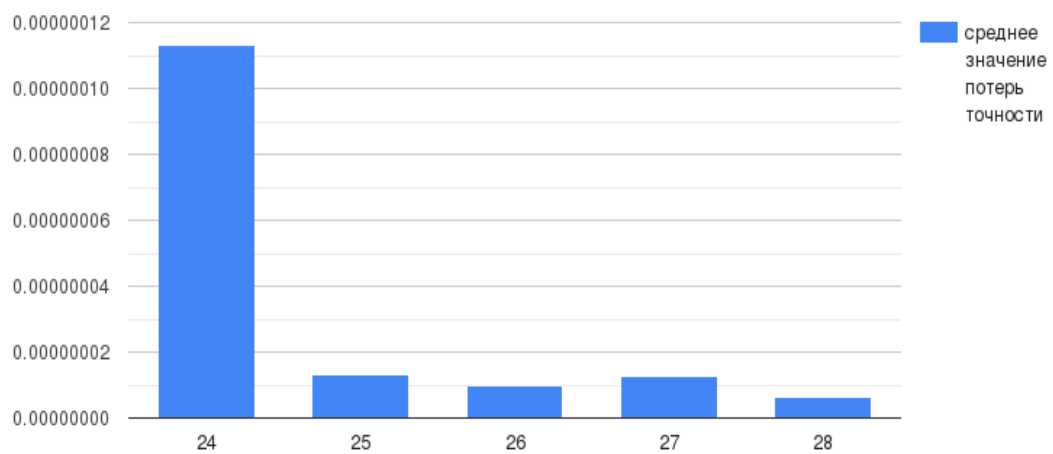
Графики распределения потерь точности 1-F при фиксированной точности  $\epsilon=0.01$  для количества кубитов 24, 25, 26, 27, 28.





Среднее значение потерь точности:

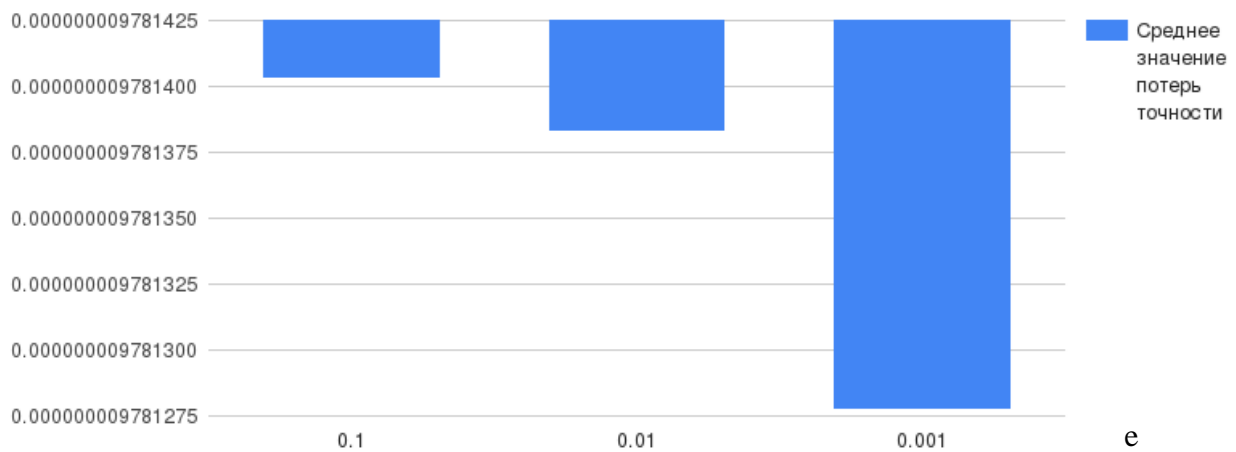
Количество кубитов	среднее значение потерь точности
24	1.129999999999982e-7
25	1.306833333333347e-8
26	9.78138383333333e-9
27	1.2800000000000007e-8
28	6.529999999999996e-9



К-во кубитов

График распределения потерь точности  $1-F$  при фиксированном количестве кубитов  $n=26$  и различных значениях точности:  $\epsilon=0.1$ ,  $\epsilon=0.01$ ,  $\epsilon=0.001$ .

$\epsilon$	Среднее значение потерь точности
0.1	$9.78140383333332e-9$
0.01	$9.78138383333333e-9$
0.001	$9.78127783333325e-9$



## Выводы

- 1) При большем  $e$  среднее значение потерь точности увеличивается.
- 2) К-во кубитов на среднее значение потерь точности не влияет или слабо влияет.
- 3) При увеличении числа узлов время выполнения программы в большинстве своем падает, хотя есть участки, где выигрыш от распараллеливания меньше, чем потери от обменов.