

УДК 519.684:004.4  
ББК 22.18+32.973.2  
С95

Рецензенты: д-р физ.-мат. наук, проф. *О. Н. Граничин* (С.-Петерб. гос. ун-т), канд. физ.-мат. наук *А. В. Рыбин* (С.-Петерб. нац. исслед. ун-т информ. технологий, механики и оптики)

*Рекомендовано к публикации  
учебно-методической комиссией  
математико-механического факультета  
Санкт-Петербургского государственного университета*

**Сысоев С. С.**

С95 Введение в квантовые вычисления. Квантовые алгоритмы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2019. — 144 с.  
ISBN 978-5-288-05933-9

В учебном пособии рассматривается математическая модель квантовых вычислений, разбираются примеры квантовых алгоритмов, анализируются границы их применимости. Все квантовые алгоритмы иллюстрируются примерами их реализации на симуляторе квантового компьютера, а для задачи Дойча приводится реальный прототип квантового компьютера на фотонах.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем». Может быть полезно математикам и программистам.

**УДК 519.684:004.4  
ББК 22.18+32.973.2**

ISBN 978-5-288-05933-9

© Санкт-Петербургский  
государственный  
университет, 2019  
© С. С. Сысоев, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	<b>5</b>
<b>Глава 1. Вычисления. От классических к квантовым</b> ..	<b>7</b>
1.1. Введение .....	7
1.2. Информация и вычисления .....	9
1.3. Характеристики вычислительной системы .....	15
1.4. Вычислимость и алгоритм .....	17
1.5. Сложность вычислений .....	21
1.6. Квантовые вычисления .....	25
1.7. Многомировая интерпретация квантовой механики .....	29
1.8. Упражнения .....	34
<b>Глава 2. Математическая модель квантовых вычислений</b> .....	<b>35</b>
2.1. Кубит .....	—
2.2. Измерение кубита .....	39
2.3. Система кубитов .....	44
2.4. Измерение системы кубитов .....	48
2.5. Эволюция квантовой системы .....	50
2.6. Оператор Адамара .....	57
2.7. Упражнения .....	59
<b>Глава 3. Квантовый компьютер и квантовые алгоритмы</b> .....	<b>64</b>
3.1. Задача Дойча .....	—
3.2. Квантовый компьютер на фотонах .....	70
3.3. Задача Дойча—Джозы .....	80
3.4. Задача Бернштейна—Вазирани .....	83
3.5. Задача Саймона .....	84
3.6. Упражнения .....	86

<b>Глава 4. Алгоритм Шора.....</b>	<b>89</b>
4.1. Введение.....	—
4.2. Факторизация и RSA.....	90
4.3. Поиск периода и факторизация.....	93
4.4. Квантовое преобразование Фурье.....	97
4.5. Алгоритм Шора.....	101
4.6. Пример реализации.....	107
4.7. Упражнения.....	109
<b>Глава 5. Алгоритм Гровера</b>	
<b>и границы квантовых вычислений.....</b>	<b>114</b>
5.1. Введение.....	—
5.2. Алгоритм Гровера.....	116
5.3. Оптимальность алгоритма Гровера.....	126
5.4. Всегда ли квантовый компьютер	
имеет преимущество перед классическим?.....	131
5.5. Упражнения.....	133
<b>Использованная литература.....</b>	<b>136</b>
<b>Рекомендованная литература.....</b>	<b>137</b>
<b>Ответы к упражнениям.....</b>	<b>139</b>