

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

«Утверждаю»



Декан факультета ВМК МГУ  
имени М.В. Ломоносова  
академик

Е.И. Моисеев

«  » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Математическое обеспечение квантовых компьютеров

Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки – «Информатика и вычислительная техника» (09.06.01)

Направленность (профиль) – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (05.13.18)

2018

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Математическое обеспечение квантовых компьютеров

### **2. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

### **3. НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ) ПОДГОТОВКИ**

Направление подготовки – «Информатика и вычислительная техника» (09.06.01) Направленность (профиль) – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (05.13.18)

### **4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина входит в вариативную часть образовательной программы.

### **5 АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Математическое обеспечение квантовых компьютеров» излагает основы построения операционных систем для квантовых компьютеров. Она предназначена для аспирантов с базовой математической и программистской подготовкой в области квантовой информатики в объеме курсов «Введение в квантовую теорию» и «Квантовые вычисления».

Discipline "Mathematical support of quantum computers" sets out the basics of building operating systems for quantum computers. It is intended for graduate students with basic mathematical and programming training in the field of quantum Informatics in the scope of the courses "Introduction to quantum theory" and "Quantum computing".

### **6. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ**

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
<p>Владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности</p> <p>(ОПК-1)</p>	<p>З1 (ОПК-1) ЗНАТЬ: современные математические методы, применяющиеся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий</p> <p>У1 (ОПК-1) УМЕТЬ: применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики</p> <p>В1 (ОПК-1) ВЛАДЕТЬ: навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики</p>
<p>Способность к реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, ориентированных на современную вычислительную технику</p> <p>(ПК-4)</p>	<p>ЗНАТЬ: современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенности современных вычислительных комплексов</p> <p><b>Код З1 (ПК-4)</b></p> <p>УМЕТЬ: применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов</p> <p><b>Код У1 (ПК-4)</b></p> <p>ВЛАДЕТЬ: навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов</p> <p><b>Код В1 (ПК-4)</b></p>
<p>Владение современными методами построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также методами разработки и реализации алгоритмов их решения на основе фундаментальных знаний в области математики и информатики</p> <p>(ПК-1)</p>	<p>ЗНАТЬ: современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения</p> <p><b>Код З1 (ПК-1)</b></p> <p>УМЕТЬ: применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их</p>

	<p>решения  <b>Код У1 (ПК-1)</b>  <b>ВЛАДЕТЬ:</b>  навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения  <b>Код В1 (ПК-1)</b></p>
--	--

Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в Приложении.

## 6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часа.

71 часа составляет контактная работа с преподавателем – 32 часов занятий лекционного типа, 26 часов занятий семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 12 часов индивидуальных консультаций, 4 часа групповых консультаций, 8 часов мероприятий текущего контроля успеваемости, 3 часа промежуточной аттестации.

37 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

## 7. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учащиеся должны владеть знаниями по программированию, математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям и краевым задачам, численным методам в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки», а также квантовой информатикой в объеме курсов «Введение в квантовую теорию» и «Квантовые вычисления».

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются пакеты прикладных программ MATHEMATICA, язык программирования Python, пакет прикладных программ Lараск, методы распараллеливания OpenMP и MPI.

## 9. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						Самостоятельная работа учащегося, часы		
		из них						из них		
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего		
<p><b>Тема 1. Структура квантовой операционной системы</b></p> <p>Пользовательские интерфейсы квантового компьютера. Массивы квантовых гейтов, квантовые подпрограммы, драйверы для квантовых гейтов и управляющие программы. Типы задач, решаемых квантовым компьютером. Зависимость пользовательского интерфейса от типов задач.</p>	<b>36</b>	12	10	-	-	2	<b>24</b>	12	-	<b>12</b>

<p><b>Тема 2. Возможности фейнмановских массивов квантовых гейтов как пользовательского интерфейса квантового компьютера.</b></p> <p>Детальный анализ быстрых квантовых алгоритмов Гровера (для неизвестного числа решений), Абрамса-Ллойда на предмет практической реализации. Анализ алгоритма Залки-Визнера моделирования решения уравнения Шредингера по сложности и точности представления волновой функции. Анализ возможностей частичного моделирования работы квантового процессора на суперкомпьютере а) по числу кубитов, б) по времени работы.</p>	<b>16</b>	4	4	-	-	2	<b>10</b>	6	-	<b>6</b>
<b>Тема 3. Драйверы уст-</b>	<b>16</b>	4	4	-	-	2	<b>10</b>	6	-	<b>6</b>

<p><b>ройств и программные примитивы.</b></p> <p>Недостатки фейнмановского интерфейса. Имитационный и детальный типы представления динамики в квантовом компьютере.</p> <p>Драйвер для CNOT в оптической модели Азумы квантового процессора, его точность и проблема быстрогодействия.</p> <p>Драйвер для моделей квантовых CNOT- гейтов на зарядовых состояниях. Химический квантовый компьютер. Проблема представления шумов и расширение пространства.</p> <p>Квантовая нелокальность и ее использование в организации квантовых распределенных вычислений с односторонним управлением. Синтез двух полимерных цепочек в одноактном и двух-</p>													
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<p>актном режимах. Квантовая криптография на бифотонных состояниях. Протокол АКМ2017.</p> <p>Соотношение неопределенностей типа «сложность — точность». Определение константы соотношения через алгоритм Гровера. Классификация задач моделирования в реальное время по сложности через кубитовую меру.</p>										
<p><b>Тема 4. Программные примитивы для квантовой операционной системы.</b></p> <p>Примитивы для химической модели компьютера. Использование темных состояний ансамбля двухуровневых систем.</p> <p>Оптические примитивы для работы с темными состояниями атомных ансамблей.</p>	34	10	10	-	-	2	22	12	-	12

<p>Программные примитивы для трех-уровневых систем. Многомодовые полости.</p> <p>Оптические сети. Определение проводимости оптических сетей через квантовую изоспектральность.</p> <p>Квантовые эффекты: DAT и bottleneck. Их воспроизведение в конечномерных моделях КЭД. Включение термических шумов, нелокальных процессов и диполь-дипольных взаимодействий атомов. Темные спиновые состояния.</p>											
<b>Промежуточная аттестация –</b>	<b>42</b>	-	-	2	-	3	5	1	-	1	
<b>Итого</b>	<b>108</b>						<b>71</b>	<b>37</b>			

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

Самостоятельная работа учащихся состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической литературы, подготовки к практическим заданиям текущего контроля и промежуточной аттестации.

## 11. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### Основная учебно-методическая литература

- 1) Р.Фейнман, Д.Лейтон, П.Сэндз, «Квантовая механика», М.Наука, 2006.
- 2) Дж. Прескилл, «Квантовые вычисления и квантовые коммуникации» (1,2,3 тома), М.:Бином, 2009. Электронный вариант: Jh. Preskill, Quantum computations and communications, Lecture Notes in Computer Science, 2001.
- 3) Д.А.Кронберг, Ю.И.Ожигов, А.Ю.Чернявский, «Квантовая информатика и квантовый компьютер», изд.-во Макс-Пресс, МГУ, М. 2011.
- 4) Статьи из архива препринтов arXiv.org, раздел quant-ph.

#### Дополнительная учебно-методическая литература

- 1) Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, «Квантовая механика. Нерелятивистская теория», М.Наука, Физ-мат. Лит. 1971.
- 2) Д.А.Кронберг, Ю.И.Ожигов, А.Ю.Чернявский, «Алгебраический аппарат квантовой информатики», изд.-во Макс-Пресс, МГУ, М. 2011.
- 3) Ю.И.Ожигов, «Квантовые вычисления», изд.-во Макс-Пресс, МГУ, 2003.
- 4) К.Козн-Таннуджи, Б.Диу, Ф.Лалоз, «Квантовая механика.» тома 1,3. М., URSS, 2016. - 412 стр.

#### Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- 1) <http://www.arxiv.org, quant-ph>
- 2) <http://sci.cs.msu.ru/>
- 3) <http://sqi.cs.msu.su/learning/materials>

#### Информационные технологии, используемые в процессе обучения

В процессе обучения используются языки МАТНЕМАТИСА, Python, и пакеты прикладных программ МАТНЕМАТИСА - 11, Lapack и другие.

#### Материально-техническая база

Для преподавания дисциплины желательно иметь на ноутбуках слушателей установленный пакет МАТНЕМАТИСА, или интерпретатор Python, а также подключение к Интернет, а также доступ на суперкомпьютер.

## 12. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Русский

## 13. РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ, ПРЕПОДАВАТЕЛИ

д.ф.- м.н., профессор Ожигов Юрий Игоревич (ozhigov@cs.msu.su)

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Математическое обеспечение квантовых компьютеров»**

Промежуточная аттестация состоит из двух этапов – выполнения практического контрольного задания, проверяющего приобретенные учащимся умения и навыки, и индивидуального собеседования, проверяющего приобретенные знания.

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены ниже.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ из соответствующих карт компетенций					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>	
ЗНАТЬ: современные математические методы, применяющиеся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий Код 31 (ОПК-1)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий	В целом сформированные, но неполные знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий	Сформированные систематические знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий	Устный экзамен
УМЕТЬ: применять современные методы постановки и анализа задач в области	Отсутствие умений	Фрагментарные умения применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы постановки и анализа задач в области математики	Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы постановки и анализа задач в области	Сформированное умение применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	Устный экзамен

математики и информатики Код У1 (ОПК-1)			ки и информатики	ти математики и информатики	ки	
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики Код В1 (ОПК-1)	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики	В целом успешное, но не полное владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики	Сформированное владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики	реферат
<b>ЗНАТЬ:</b> современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенности современных вычислительных комплексов Код З1 (ПК-4)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов	В целом сформированные, но неполные знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов	Сформированные систематические знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов	Устный экзамен
<b>УМЕТЬ:</b> применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов	Отсутствие умений	Фрагментарные умения применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов	В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей со-	Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом осо-	Сформированное умение применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современ-	отчет

с учетом особенностей современных вычислительных комплексов <b>Код У1 (ПК-4)</b>			временных вычислительных комплексов	бенностей современных вычислительных комплексов	ных вычислительных комплексов	
<b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов <b>Код В1 (ПК-4)</b>	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	В целом успешное, но не полное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	Сформированное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	отчет
<b>ЗНАТЬ:</b> современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения	В целом сформированные, но неполные знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их реше-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методах разработки	Сформированные систематические знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных методах разработки	Устный экзамен

<p>менные методы разработки и реализации алгоритмов их решения <b>Код 31 (ПК-1)</b></p>			<p>ния</p>	<p>и реализации алгоритмов их решения</p>	<p>и реализации алгоритмов их решения</p>	
<p><b>УМЕТЬ:</b> применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения <b>Код У1 (ПК-1)</b></p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Фрагментарные умения применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения</p>	<p>Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения</p>	<p>Сформированное умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современные методы разработки и реализации алгоритмов их решения</p>	<p>Отчет</p>
<p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении есте-</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное владение навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современных</p>	<p>В целом успешное, но не полное владение навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также современ-</p>	<p>Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а</p>	<p>Сформированное владение навыками оптимального выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а</p>	<p>отчет</p>

ственнонаучных задач, а также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения <b>Код В1 (ПК-1)</b>		методов разработки и реализации алгоритмов их решения	менных методов разработки и реализации алгоритмов их решения	также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения	также современных методов разработки и реализации алгоритмов их решения	
---	--	---	--	---	---	--

### Фонды оценочных средств

#### Примерные практические контрольные задания для текущего контроля успеваемости.

ПКЗ ТК1. Написать ядро драйвера для гейта CNOT в оптической модели с заданными параметрами

Примерные варианты заданий:

1. энергия перехода между уровнями атома в оптических полостях, интенсивность утечки фотона из оптических полостей
2. энергия перехода между уровнями атома в оптических полостях, интенсивность утечки фотона из оптических полостей, интенсивность притока фотонов в оптические полости

ПКЗ ТК2. Написать ядро драйвера для гейта CNOT на зарядовых состояниях в модели Валиева-Федичкина, при заданных параметрах квантовых точек и оценить ошибку при срабатывании гейта.

1. Границы высоты потенциальных барьеров в точках  $x$  и  $y$  при заданных гамильтонианах отдельных точек в отсутствие декогерентности.
2. При заданных гамильтонианах отдельных точек и фактора декогерентности в виде заданной малой линдбладовской добавки к унитарной динамике.

ПКЗ ТК3. Определение качества наложения цепочек, синтезируемых при бифотонном одностороннем управлении в условиях заданной интенсивности частичного измерения состояния одной из точек сборки.

#### Список вопросов для индивидуального собеседования на промежуточной аттестации.

- 1) Структура химического квантового компьютера.
- 2) Этапы разработки квантового драйвера.
- 3) Принцип работы квантового криптографического протокола АКМ2017.
- 4) Квантовый оптический гейт для оператора CNOT.

- 5) Квантовый гейт для оператора CNOT на зарядовых состояниях электрона в квантовых точках.
- 6) Чистые и смешанные состояния одного кубита в терминах сферы Блоха.
- 7) Сравнение возможностей квантовой операционной системы, написанной для реализации на настольном компьютере и на суперкомпьютере.
- 8) Особенности квантовой операционной системы, использующей возможности графических процессоров.
- 9) Использование нарушения неравенства Белла для улучшения качества одностороннего квантового управления в распределенных вычислениях.
- 10) Программные примитивы для оптического квантового процессора.
- 11) Имитационное и детальное моделирование на квантовом компьютере. Сравнение двух подходов. Примеры.
- 12) Использование алгоритма Гровера для определения константы соотношения «сложность-точность» для квантовой операционной системы.

#### **Примерное практическое контрольное задание для промежуточной аттестации.**

ПКЗ ПА. Вычислить время наступления декогерентности для квантового гейта CNOT на оптической модели.

#### **Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Практическое контрольное задание для промежуточной аттестации является довольно объемным, поэтому частично выполняется в качестве одного из заданий для текущего контроля успеваемости. Выполнение каждого практического задания текущего контроля успеваемости может принести максимум 25 баллов, в итоге по результатам работы в семестре учащийся может набрать максимум 100 баллов. На промежуточной аттестации можно также набрать 100 баллов – 60 баллов максимум по итогам индивидуального собеседования и 40 баллов максимум за выполнение практического контрольного задания. Итоговая сумма, не меньшая 170, соответствует оценке «отлично», от 135 до 169 – оценке «хорошо», от 90 до 134 – оценке «удовлетворительно», меньшая 90 – оценке «неудовлетворительно».