

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 20 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Перспективные модели вычислительных систем (квантовые вычисления)  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 09.04.01 Информатика и вычислительная техника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Компьютерные системы и сети  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Изучение основ квантовых вычислений и квантовой криптографии  
Освоение линейных оптических квантовых вычислений  
Освоение моделирования квантовых вычислений с использованием аппаратного вычислительного ядра  
Применение методов ускорения моделирования квантовых вычислений с применением аппаратных ускорителей  
Знакомство с квантовыми вычислениями, применение квантовой теории к задачам искусственного интеллекта

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основы квантовых вычислений и квантовой криптографии  
Линейные оптические квантовые вычисления  
Моделирование квантовых вычислений с использованием аппаратного вычислительного ядра  
Ускорение моделирования квантовых вычислений с применением аппаратных ускорителей и распределенных вычислений  
Квантовые вычисления, квантовая теория и искусственный интеллект  
Квантовые вычисления и контракции алгебр Ли

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.4	ИД-1ПК-2.4	Знает инструменты и методы моделирования бизнес-процессов организации	Знает инструменты и методы моделирования бизнес-процессов организации	Индивидуальное задание
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	Умеет планировать работы, выдавать поручения и контролировать их выполнение	Умеет планировать работы, выдавать поручения и контролировать их выполнение	Индивидуальное задание
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	Владеет навыками планирования работ по определению первоначальных требований заказчика к ИС и возможности их реализации в ИС	Владеет навыками планирования работ по определению первоначальных требований заказчика к ИС и возможности их реализации в ИС	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Основы квантовых вычислений и квантовой криптографии	4	5	4	22
Основы построения квантовых ЭВМ Квантовые биты. Принцип измерения состояния кубита. Квантовые преобразования. Пример. Алгоритм поиска Гровера.				
Квантовые вычисления, квантовая теория и искусственный интеллект	4	5	4	22
Принцип квантовой суперпозиции. Отличия машины Тьюринга и Бениоффа. История процесса разработки квантового компьютера. Диаграмма состояния кубита. Модель и алгоритм Шора. Модель и алгоритм Гровера. Реализация языков программирования для квантовых вычислений.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Линейные оптические квантовые вычисления	5	4	4	23
Преобразование вычислительного базиса с помощью линейных оптических элементов Элементы немасштабируемого протокола ЛОКВ Телепортационный протокол ЛОКВ Knill-Laamme-Milburn				
Квантовые вычисления и контракции алгебр Ли	5	4	4	23
Теория контракций. Преобразование Крауса. Матрица плотности. Преобразование контракции. Теория контракций алгебр. Матрица плотности кубита. Диагонализация матриц. Преобразования Крауса, Евклида.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	18	16	90
ИТОГО по дисциплине	18	18	16	90

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Основы построения квантовых ЭВМ
2	Принцип измерения состояния кубита.
3	Квантовые преобразования.

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Принцип квантовой суперпозиции.
2	Преобразование вычислительного базиса с помощью линейных оптических
3	Телепортационный протокол ЛОКВ Knill-Laamme-Milburn

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Квантовая информация и квантовые вычисления. Т. 1. Москва : Ин-т компьютер. исслед., 2008. 462 с.	1
2	Квантовая информация и квантовые вычисления. Т. 2. Москва : Ин-т компьютер. исслед., 2011. 311 с. 18,14 усл. печ. л.	1

3	Физика квантовой информации: Квантовая криптография. Квантовая телепортация. Квантовые вычисления : пер. с англ. Москва : Постмаркет, 2002. 375 с.	3
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Белинский А.В. Квантовые измерения : учебное пособие для вузов. М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. 182 с.	2
2	Кайе Ф., Лафлам Р., Моска М. Введение в квантовые вычисления : пер. с англ. Москва Ижевск : Институт компьютерных исследований : Регуляр. и хаот. динамика, 2009. 346 с. 20,93 усл. печ. л.	1
3	Наумов К.П., Устинов В.Б., Ушаков В.Н. Квантовые устройства : Учеб. пособие. Санкт-Петербург : Изд-во СПбЭТИ, 1992. 50 с.	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Квантовые вычисления и контракции алгебр Ли	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/kvantovye-vychisleniya-i-kontraksii-algebr-li">https://cyberleninka.ru/article/n/kvantovye-vychisleniya-i-kontraksii-algebr-li</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Моделирование квантовых вычислений с использованием аппаратного вычислительного ядра	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-kvantovyh-vychisleniy-s-ispolzovaniem-apparatnogo-vychislitelnogo-yadra?ysclid=19fq1ktqy4414589797">https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-kvantovyh-vychisleniy-s-ispolzovaniem-apparatnogo-vychislitelnogo-yadra?ysclid=19fq1ktqy4414589797</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Основы квантовых вычислений и квантовой криптографии	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-kvantovyh-vychisleniy-i-kvantovoy-kriptografii">https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-kvantovyh-vychisleniy-i-kvantovoy-kriptografii</a>	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ускорение моделирования квантовых вычислений с применением аппаратных ускорителей и распределенных вычислений	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/uskorenie-modelirovaniya-kvantovyh-vychisleniy-s-primeneniem-apparatnyh-uskoriteley-i-raspredeleennyh-vychisleniy">https://cyberleninka.ru/article/n/uskorenie-modelirovaniya-kvantovyh-vychisleniy-s-primeneniem-apparatnyh-uskoriteley-i-raspredeleennyh-vychisleniy</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Debian (GNU GPL)
Офисные приложения.	LibreOffice 6.2.4. OpenSource, бесплатен.
Среды разработки, тестирования и отладки	PIP (The Python Package Installer) Free

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	ПЭВМ	10
Лекция	экран, ноутбук, проектор	1
Практическое занятие	ПЭВМ	10

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Перспективные модели вычислительных систем (квантовые  
вычисления)»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 09.04.01 Информатика и  
вычислительная техника

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Компьютерные системы и сети

**Квалификация выпускника:** Магистр

**Выпускающая кафедра:** Информационных технологий и  
автоматизированных систем

**Форма обучения:** очная

**Курс:** 2

**Семестр:** 3

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4

Часов по рабочему учебному плану: 144

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифференцированный зачет

Пермь 2022 г.

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (таблица 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля		
	Текущий	Промежуточный /рубежный	Итоговый
	ТО	ОЛР	Зачет
<b>Усвоенные знания</b>			
З.1 Знает инструменты и методы моделирования бизнес-процессов организации	ТО1	ОЛР1-ОЛР7	по результатам текущего и рубежного контроля
<b>Освоенные умения</b>			
У.1 Умеет планировать работы, выдавать поручения и контролировать их выполнение		ОЛР1- ОЛР7	по результатам текущего и рубежного контроля
<b>Приобретенные владения</b>			
В.1 Владеет навыками планирования работ по определению первоначальных требований заказчика к ИС и возможности их реализации в ИС		ОЛР8	по результатам текущего и рубежного контроля

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный (промежуточный) контроль**

Рубежный (промежуточный) контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (таблица 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ.

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 8 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета по результатам текущего и рубежного контроля.

## **3. . Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **4. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **4.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **4.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.