



Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова»**
Воронежский филиал ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

Кафедра математики, информационных систем и технологий

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Основы квантовой информатики»
(приложение к рабочей программе дисциплины)

Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии

Направленность (профиль) Информационные системы на транспорте

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная, заочная

Воронеж
2025

1. Перечень компетенций и этапы их формирования в процессе освоения дисциплины

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-2.3 Применение основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности	Знать: основные направления развития исследований в области систем искусственного интеллекта, виды интеллектуальных систем, экспертные системы; основные приемы моделирования сложных естественных и искусственных систем Уметь: использовать основные методы искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем Владеть: навыками использования основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности.

2. Паспорт фонда оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся

Таблица 2

Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия квантовой теории информации.	ОПК-2	Тестирование, зачет
2	Описание состояний. Чистые, смешанные и запутанные состояния в теории квантовой информации	ОПК-2	Тестирование, зачет
3	Информационная энтропия. Связь энтропии и информации	ОПК-2	Тестирование, зачет
4	Передача квантовой информации	ОПК-2	Тестирование, зачет
5	Роль неклассических полей в теории квантовой информации. Квантовая теория поля	ОПК-2	Тестирование, зачет
6	Вопрос измерения. Квантовые алгоритмы	ОПК-2	Тестирование, зачет
7	Классические и квантовые вероятностные модели	ОПК-2	Тестирование, зачет
8	Квантовый компьютер.	ОПК-2	Тестирование, зачет

Таблица 3

Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания по дисциплине

Результат обучения по дисциплине	Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания по дисциплине				Процедура оценивания
	2	3	4	5	
	Не зачтено	Зачтено			
ОПК-2.3 Знать: основные направления развития исследований в области систем искусственного интеллекта, виды интеллектуальных систем, экспертные системы; основные приемы моделирования сложных естественных и искусственных систем	Отсутствие или фрагментарные представления об основных направлениях развития исследований в области систем искусственного интеллекта, видах интеллектуальных систем, экспертных систем; основных приемах моделирования сложных естественных и искусственных систем	Неполные представления об основных направлениях развития исследований в области систем искусственного интеллекта, видах интеллектуальных систем, экспертных систем; основных приемах моделирования сложных естественных и искусственных систем	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных направлениях развития исследований в области систем искусственного интеллекта, видах интеллектуальных систем, экспертных систем; основных приемах моделирования сложных естественных и искусственных систем	Сформированные систематические представления об основных направлениях развития исследований в области систем искусственного интеллекта, видах интеллектуальных систем, экспертных систем; основных приемах моделирования сложных естественных и искусственных систем	Тестирование, зачет
ОПК-2.3 Уметь: использовать основные методы искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем	Отсутствие умений или фрагментарные умения использовать основные методы искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем	В целом удовлетворительные, но не систематизированные умения использовать основные методы искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем	В целом удовлетворительные, но содержащие отдельные пробелы умения использовать основные методы искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем	Сформированные умения использовать основные методы искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем	Тестирование, зачет
ОПК-2.3	Отсутствие	В целом удо-	В целом удо-	Сформиро-	Тестирова-

Владеть: навыками использования основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности	владения или фрагментарные владения навыками использования основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности	влетворительные, но не систематизированные навыки использования основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности	влетворительные, но содержащие отдельные пробелы навыки использования основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности	ванные владения навыками использования основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности	ние, зачет
--	---	--	--	---	------------

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Тест

Тема 1: Основные понятия квантовой теории информации

1. Открытый тип

Объясните, в чем состоит принципиальное отличие классического бита от квантового кубита с точки зрения возможных состояний и операций над ними.

2. Выбор одного варианта

*Что описывает состояние кубита $|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$?

- Вероятность нахождения в состоянии $|0\rangle$ или $|1\rangle$
- Амплитуду вероятности нахождения в базисных состояниях
- Энергию кубита
- Время жизни кубита

3. Выбор 2-3 вариантов

Какие из следующих утверждений о кубитах верны?

- Кубит может находиться в суперпозиции состояний
- Состояние кубита можно скопировать без изменений (теорема о запрете клонирования)
- При измерении кубит всегда переходит в состояние $|0\rangle$ или $|1\rangle$
- Кубит может хранить бесконечное количество информации

4. Установление последовательности

Этапы эволюции закрытой квантовой системы:

- Приготовление начального состояния
- Унитарная эволюция по уравнению Шрёдингера
- Измерение конечного состояния
- Получение вероятностного результата

5. Соответствие

Соответствие между понятиями и определениями:

Понятие

Определение

1. Кубит

А. Преобразование, сохраняющее норму вектора состояния

Понятие	Определение
2. Суперпозиция	Б. Наименьший элемент квантовой информации
3. Унитарное преобразование	В. Линейная комбинация базисных состояний

Тема 2: Чистые, смешанные и запутанные состояния

1. Открытый тип

Что такое запутанность (quantum entanglement) и почему она является важным ресурсом в квантовой информатике?

2. Выбор одного варианта

Когда система описывается смешанным состоянием?

- а) Когда она находится в суперпозиции состояний
- б) Когда есть классическая вероятность нахождения в разных чистых состояниях
- в) Когда она запутана с другой системой
- г) Когда её состояние точно известно

3. Выбор 2-3 вариантов

Какие состояния являются запутанными?

- а) $|\psi\rangle = (|00\rangle + |11\rangle)/\sqrt{2}$
- б) $|\psi\rangle = |01\rangle$
- в) $|\psi\rangle = (|00\rangle + |01\rangle)/\sqrt{2}$
- г) $|\psi\rangle = (|00\rangle + |11\rangle + |01\rangle)/\sqrt{3}$

4. Установление последовательности

Этапы создания запутанной пары:

- 1. Приготовление двух кубитов в состоянии $|00\rangle$
- 2. Применение гейта Адамара к первому кубиту
- 3. Применение гейта CNOT
- 4. Получение состояния Белла

5. Соответствие

Соответствие типов состояний и их свойств:

Тип состояния	Свойство
1. Чистое	А. Описывается статистическим ансамблем
2. Смешанное	Б. Имеет ранг матрицы плотности равный 1
3. Запутанное	В. Не может быть разделено на подсистемы

Тема 3: Информационная энтропия

1. Открытый тип

В чем состоит физический смысл энтропии фон Неймана и как она связана с количеством информации в квантовой системе?

2. Выбор одного варианта

Для какого состояния энтропия фон Неймана $S(\rho) = 0$?

- а) Смешанного состояния
- б) Максимально запутанного состояния
- в) Чистого состояния

г) Термического состояния

3. Выбор 2-3 вариантов

В каких случаях энтропия фон Неймана увеличивается?

- а) При измерении квантовой системы
- б) При унитарной эволюции
- в) При декогеренции
- г) При очищении состояния

4. Установление последовательности

Этапы вычисления энтропии фон Неймана:

- 1. Нахождение матрицы плотности ρ
- 2. Диагонализация матрицы ρ
- 3. Вычисление собственных значений λ_i
- 4. Расчет $S(\rho) = -\sum \lambda_i \log_2 \lambda_i$

5. Соответствие

Соответствие видов энтропии и их определений:

Энтропия	Определение
1. Шеннона	А. Мера неопределенности квантового состояния
2. фон Неймана	Б. Мера классической неопределенности
3. Взаимная	В. Мера корреляции между системами

Тема 4: Передача квантовой информации

1. Открытый тип

Опишите принцип квантовой телепортации и почему она не нарушает теорему о запрете клонирования?

2. Выбор одного варианта

Что необходимо для реализации квантовой телепортации?

- а) Один кубит и классический канал связи
- б) Два запутанных кубита и квантовый канал
- в) Один запутанный кубит и классический канал
- г) Два запутанных кубита и классический канал

3. Выбор 2-3 вариантов

Какие из следующих утверждений о квантовой телепортации верны?

- а) Состояние оригинала разрушается при телепортации
- б) Информация передается со скоростью света
- в) Можно телепортировать состояние неизвестного кубита
- г) Телепортация позволяет мгновенно передавать информацию

4. Установление последовательности

Этапы протокола квантовой телепортации:

- 1. Создание запутанной пары между Алисой и Бобом
- 2. Алиса выполняет измерение Белла на своем кубите и кубите для телепортации
- 3. Алиса передает результаты измерений Бобу по классическому каналу
- 4. Боб применяет соответствующие унитарные преобразования
- 5. Восстановление состояния у Боба

5. Соответствие

Соответствие методов передачи и их характеристик:

Метод	Характеристика
1. Классическая передача	А. Требуется запутанных состояний
2. Квантовая телепортация	Б. Прямая передача кубитов
3. Квантовая связь	В. Передача битов по обычным каналам

Тема 5: Роль неклассических полей

1. Открытый тип

Какие типы неклассических состояний света вы знаете и какие их свойства важны для квантовой информатики?

2. Выбор одного варианта

Что характеризует сжатое (squeezed) состояние света?

- а) Уменьшенные флуктуации в одной из квадратур
- б) Увеличенная интенсивность
- в) Постоянная фаза
- г) Отсутствие фотонов

3. Выбор 2-3 вариантов

Какие из следующих состояний являются неклассическими?

- а) Когерентные состояния
- б) Сжатые состояния
- в) Термические состояния
- г) Состояния с отрицательной Wigner-функцией

4. Установление последовательности

Этапы создания сжатого состояния:

- 1. Приготовление когерентного состояния
- 2. Нелинейное взаимодействие в среде
- 3. Параметрическое усиление
Генерация сжатого света

5. Соответствие

Соответствие состояний поля и их свойств:

Состояние	Свойство
1. Когерентное	А. Минимальные неопределенности по обеим квадратурам
2. Сжатое	Б. Пониженные флуктуации в одной квадратуре
3. Термическое	В. Положительно определенная Р-функция

Тема 6: Вопрос измерения

1. Открытый тип

В чем состоит проблема квантового измерения и как она решается в различных интерпретациях квантовой механики?

2. Выбор одного варианта

Что происходит с квантовой системой при измерении?

- а) Унитарная эволюция
- б) Проекция на собственное состояние оператора
- в) Обратимое преобразование
- г) Усиление сигнала

3. Выбор 2-3 вариантов

Какие из следующих утверждений о квантовых измерениях верны?

- а) Измерение разрушает суперпозицию
- б) Результат измерения всегда детерминирован
- в) Возможны слабые измерения
- г) Измерение можно отменить

4. Установление последовательности

Этапы процесса измерения:

- 1. Взаимодействие системы с измерительным прибором
- 2. Возникновение корреляции
- 3. Редукция волновой функции
- 4. Фиксация результата

5. Соответствие

Соответствие типов измерений и их свойств:

Тип измерения	Свойство
1. Проекционное	А. Частичное получение информации
2. Слабое	Б. Полное коллапсирование состояния
3. Квантовое немешающее	В. Измерение без возмущения системы

Тема 7: Классические и квантовые вероятностные модели

1. Открытый тип

В чем состоят принципиальные различия между классической и квантовой вероятностными моделями?

2. Выбор одного варианта

Что является отличительной особенностью квантовой вероятности?

- а) Наличие интерференции
- б) Нормировка на единицу
- в) Неотрицательность
- г) Аддитивность

3. Выбор 2-3 вариантов

Какие явления возможны в квантовой вероятности, но невозможны в классической?

- а) Нарушение неравенств Белла
- б) Принцип суперпозиции
- в) Теорема Байеса
- г) Интерференция амплитуд вероятности

4. Установление последовательности

Этапы проверки нарушения неравенств Белла:

- 1. Подготовка запутанных пар

2. Измерение корреляций при разных ориентациях
3. Вычисление параметра S
4. Сравнение с классическим пределом

5. Соответствие

Соответствие концепций и их областей:

Концепция	Область
1. Теорема Байеса	А. Классическая вероятность
2. Принцип суперпозиции	Б. Квантовая вероятность
3. Неравенства Белла	В. Разграничение классического и квантового

Тема 8: Квантовый компьютер

1. Открытый тип

Какие основные физические реализации квантовых компьютеров вы знаете и в чем их преимущества/недостатки?

2. Выбор одного варианта

Что такое "квантовое превосходство"?

- а) Преимущество квантовых алгоритмов над классическими
- б) Доказательство работоспособности квантового компьютера
- в) Решение конкретной задачи быстрее классического суперкомпьютера
- г) Создание универсального квантового компьютера

3. Выбор 2-3 вариантов

Какие из перечисленных проблем являются основными для квантовых вычислений?

- а) Декогеренция
- б) Ошибки измерений
- в) Высокое энергопотребление
- г) Низкая скорость операций

4. Установление последовательности

Этапы квантового вычисления:

1. Инициализация кубитов
2. Применение квантовой схемы (унитарных преобразований)
3. Выполнение измерений
4. Интерпретация результатов

5. Соответствие

Соответствие алгоритмов и их назначения:

Алгоритм	Назначение
1. Алгоритм Шора	А. Поиск в неструктурированной базе
2. Алгоритм Гровера	Б. Факторизация чисел
3. Алгоритм Дойча-Йожи	В. Проверка свойств функций

Показатели и шкала оценивания тестовых заданий

Текущая аттестация	Количество баллов	Шкала оценивания
выполнение требований по текущей аттестации в полном объеме	90% - 100%	зачтено
	80% - 89%	
выполнение требований по текущей аттестации в неполном объеме	60% - 79%	
невыполнение требований по текущей аттестации	менее 60%	не зачтено

Перевод набранных при тестировании баллов в оценку производится в соответствии с Положением о фондах оценочных средств для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации и государственной итоговой аттестации обучающихся по программам высшего образования.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточная аттестация – зачет

Вопросы к зачету

1. Что такое кубит и чем он отличается от классического бита?
2. Что означает принцип суперпозиции состояний?
3. Какие базовые операции можно выполнять над кубитами? (Назовите 2-3 примера).
4. Какое состояние называется чистым? Приведите пример.
5. Что такое запутанность (квантовая entanglement)?
6. В чем разница между запутанным и смешанным состоянием?
7. Что измеряет энтропия Шеннона в классической теории информации?
8. Что характеризует энтропия фон Неймана в квантовой теории?
9. Для какого состояния энтропия фон Неймана равна нулю?
10. В чем состоит основной принцип квантовой телепортации?
11. Почему при квантовой телепортации необходим классический канал связи?
12. Что такое "теорема о запрете клонирования" и почему она важна?
13. Что такое сжатые состояния света и чем они полезны?
14. Какие состояния света называются неклассическими? (Назовите 1-2 примера).
15. Где могут применяться неклассические состояния в квантовых технологиях?
16. Что происходит с квантовой системой в процессе измерения?
17. В чем состоит основная идея алгоритма Гровера?
18. Какую задачу решает алгоритм Шора?
19. В чем главное отличие квантовой вероятности от классической?
20. Что демонстрирует нарушение неравенств Белла?
21. Что такое квантовая интерференция?
22. Что такое "квантовое превосходство"?

23. Назовите основные проблемы, мешающие созданию больших квантовых компьютеров. (2-3 примера).
24. Какие физические системы могут использоваться для реализации кубитов? (Назовите 2-3 примера).

Критерии оценки ответов на зачете

Таблица 6

Критерии оценивания

№ п/п	Критерии оценивания	Результат
1	Обучаемый не смог ответить на поставленные вопросы	не зачтено
2	Обучаемый верно ответил на поставленные вопросы	зачтено

При обучении с применением дистанционных технологий и электронного обучения промежуточная аттестация проводится в форме компьютерного тестирования в СДО. Оценивание компетентности обучающегося по установленным для дисциплины индикаторам может осуществляться с помощью банка заданий, включающих тестовые задания пяти типов:

- 1 – тестовое задание открытого типа; предусматривающее развернутый ответ обучающегося в нескольких предложениях, составленное с использованием вопросов для подготовки к зачету или экзамену;
- 2 – выбор одного правильного варианта из предложенных вариантов ответов;
- 3 – выбор 2-3 правильных вариантов из предложенных вариантов ответов;
- 4 – установление правильной последовательности в предложенных вариантах ответов/расчётные задачи, ответом на которые будет являться некоторое числовое значение;
- 5 – установление соответствия между двумя множествами вариантов ответов.

Компетенция: ОПК-2 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности

Индикатор: ОПК-2.3 Применение основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности

Тип задания	Примеры тестовых заданий
1	Объясните принципиальное различие между запутанным (entangled) и смешанным (mixed) состоянием в квантовой информатике. Приведите по одному примеру применения каждого из этих состояний.
2	Какое из перечисленных утверждений о квантовой энтропии фон Неймана $S(\rho) = -\text{Tr}(\rho \log \rho)$ является ВЕРНЫМ ?

	а) Энтропия фон Неймана всегда равна нулю для чистых состояний б) Энтропия фон Неймана уменьшается при измерении квантовой системы в) Энтропия фон Неймана максимальна для чистых состояний г) Энтропия фон Неймана не определена для смешанных состояний <i>Правильный ответ: а</i>												
3	Какие из следующих утверждений о квантовых алгоритмах являются ПРАВИЛЬНЫМИ? (Выберите 2-3 варианта) а) Алгоритм Шора позволяет эффективно решать задачу факторизации больших чисел б) Алгоритм Гровера обеспечивает квадратичное ускорение для задач неструктурированного поиска в) Квантовые алгоритмы всегда обеспечивают экспоненциальное ускорение по сравнению с классическими г) Для работы квантовых алгоритмов необходима только классическая вероятность д) Алгоритм Дойча-Йожи демонстрирует квантовое превосходство для определенного класса задач												
4	Установите правильную последовательность этапов передачи квантовой информации в протоколе квантовой телепортации: 1. Алиса выполняет измерение Белла над парой кубитов (передаваемым и своим кубитом из запутанной пары) 2. Боб применяет соответствующую унитарную операцию к своему кубиту 3. Алиса и Боб разделяют запутанную пару кубитов 4. Алиса передает Бобу результаты своего измерения по классическому каналу 5. Состояние исходного кубита воспроизводится у Боба												
5	Установите соответствие между типами квантовых состояний и их характеристиками: <table> <thead> <tr> <th>Множество А (Тип состояния)</th><th>Множество Б (Характеристика)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Чистое состояние</td><td>А. Описывается матрицей плотности с рангом > 1</td></tr> <tr> <td>2. Смешанное состояние</td><td>Б. Не может быть представлено как тензорное произведение состояний подсистем</td></tr> <tr> <td>3. Запутанное состояние</td><td>В. Описывается единичным вектором в гильбертовом пространстве</td></tr> <tr> <td></td><td>Г. Возникает в результате декогеренции</td></tr> <tr> <td></td><td>Д. Имеет энтропию фон Неймана равную 0</td></tr> </tbody> </table>	Множество А (Тип состояния)	Множество Б (Характеристика)	1. Чистое состояние	А. Описывается матрицей плотности с рангом > 1	2. Смешанное состояние	Б. Не может быть представлено как тензорное произведение состояний подсистем	3. Запутанное состояние	В. Описывается единичным вектором в гильбертовом пространстве		Г. Возникает в результате декогеренции		Д. Имеет энтропию фон Неймана равную 0
Множество А (Тип состояния)	Множество Б (Характеристика)												
1. Чистое состояние	А. Описывается матрицей плотности с рангом > 1												
2. Смешанное состояние	Б. Не может быть представлено как тензорное произведение состояний подсистем												
3. Запутанное состояние	В. Описывается единичным вектором в гильбертовом пространстве												
	Г. Возникает в результате декогеренции												
	Д. Имеет энтропию фон Неймана равную 0												

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Черняева С. Н.

Зав. кафедрой: к.ф.-м.н., доцент Черняева С. Н.