

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«07» марта 2024 г.
Протокол №1

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Теория сложности вычислений»**

Направление подготовки: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Разработка

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 4 года

Год набора: 2024

**Москва
2024**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения	5
3. Тематический план	8
4. Содержание дисциплины (модуля)	8
5. Учебно-методическое обеспечение	9
6. Материально-техническое обеспечение	9
7. Методические и оценочные материалы	11

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Теория сложности вычислений» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по специальности 02.03.01 Математика и компьютерные науки, профиль Разработка, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Теория сложности вычислений» позволяет понять фундаментальные ограничения вычислительных процессов и классифицировать задачи по их трудоёмкости, что важно для эффективного выбора алгоритмов и ресурсов. Это знание помогает разрабатывать оптимальные решения и оценивать практическую реализуемость вычислительных задач в различных областях информатики.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 Математика и компьютерные науки, профиль Разработка и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) является выборной и доступна для изучения на 3 или 4 курсе в 5, 6, 7, 8 семестрах на выбор.

Цель изучения дисциплины (модуля): формирование понимания классификации вычислительных задач по их ресурсным требованиям и способности оценивать эффективность алгоритмов.

Задачи изучения дисциплины (модуля) направлены на формирование у студентов следующий знаний, умений и навыков:

- знание информации по Хартли и её применения;
- знание методов информационного подхода для оценки сложности алгоритмов;
- знание концепции коммуникационной сложности;
- знание энтропии Шеннона, её связей с кодированием и неравенства Крафта-Макмиллана;
- знание марковских цепей и их применения для оценки информации в текстах;
- знание условной энтропии Шеннона и её применения;
- знание связи между информационными понятиями, такими как колмогоровская сложность и шенноновская энтропия;
- умение применять теоретические концепции для оценки информационной сложности задач;
- умение разрабатывать и анализировать модели кодирования с минимальной средней длиной кода;
- умение использовать информационные неравенства для оценки и анализа совместных распределений;
- умение применять концепции энтропии и независимости для анализа данных и предсказаний;
- умение оценивать обходную способность каналов с шумом через теоремы о блочном кодировании;
- умение использовать представления о колмогоровской сложности для оценки времени работы алгоритмов;
- навык использования экспертов и алгоритмов агрегации для предсказания исходов случайных переменных;
- навыки анализа и проектирования алгоритмов с использованием информационного подхода;

- навык разработки эффективных алгоритмов кодирования и декодирования с учётом теоремы Шеннона;
- навык применения теоретических концепций для практических задач машинного обучения и классификации;
- навык оценки сложности текста (файла) по Колмогорову и применения её в компьютерных задачах;
- навык работы с сжатием информации;
- навык анализа и интерпретации связи между различными аспектами теории информации и их приложениями.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1.	Знает методы поиска и анализа информации в области разработки, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности
		УК-1.2.	Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем
		УК-1.3.	Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации
УК-2.	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1.	Знает действующие правовые нормы, регулирующие деятельность в области решения задач, основные методы и подходы к определению круга задач
		УК-2.2.	Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения задач, учитывая имеющиеся ресурсы и ограничения
		УК-2.3.	Имеет практический опыт применения знаний о правовых нормах и ресурсах в реальных ситуациях, разработки и реализации решений в соответствии с установленными ограничениями

ОПК-1.	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности	ОПК-1.1.	Знает основные концепции и теории в области математического анализа и смежных дисциплин; методы и подходы, используемые в различных областях математики
		ОПК-1.2.	Умеет применять математические методы для решения профессиональных задач
		ОПК-1.3.	Имеет практический опыт разработки и реализация математических моделей в профессиональной деятельности
ПК-1.	Способен формулировать задачи с математической точностью, обосновывать утверждения строго и анализировать полученные результаты в области математики и компьютерных наук	ПК-1.1.	Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических наук, программирования и информационных технологий
		ПК-1.2.	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике
		ПК-1.3.	Имеет опыт работы с задачами в области математики и компьютерных наук, включая применение математических методов для решения практических задач
ПК-2.	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности в области разработки, опираясь на информационную и библиографическую культуру, используя информационно-коммуникационные технологии и учитывая основные требования информационной безопасности	ПК-2.1.	Знает основные принципы информационной и библиографической культуры, а также правила и стандарты информационной безопасности
		ПК-2.2.	Умеет эффективно использовать информационно-коммуникационные технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

		ПК-2.3.	Имеет практический опыт работы с информационными ресурсами и инструментами в рамках своей профессиональной деятельности в области разработки, соблюдая требования информационной безопасности
--	--	---------	---

3. Тематический план

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Контактная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
Лекции	Семинары (практические занятия)					
1	Основы теории сложности и машины Тьюринга	6	6		26	Подготовка к семинару, Домашние задания
2	Класс NP и сложность схем	5	5		26	Подготовка к семинару, Домашние задания
3	NP-полные задачи и пространственная сложность	6	6		26	Подготовка к семинару, Домашние задания, Контрольная работа
4	Oracle и вероятностные вычисления	5	5		26	Подготовка к семинару, Домашние задания
5	Алгоритмы потоковой передачи и коммуникативная сложность	6	6		26	Подготовка к семинару, Домашние задания, Контрольная работа
	<i>Зачет с оценкой</i>			4		
	Итого:	28	28	4	130	
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)</i>	190				
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)</i>	5				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Основы теории сложности и машины Тьюринга	Модель машины Тьюринга. Классификация вычислимых функций. Временная сложность алгоритмов. Памятная (пространственная) сложность. Принципы редукций задач.
2	Класс NP и сложность схем	Определение класса NP. NP-проверяемость решений. Булевы схемы и их размер. Сложность схем и глубина. Связь схем с классами сложности.
3	NP-полные задачи и пространственная сложность	Определение NP-полноты. Примеры NP-полных задач. Пространственная сложность алгоритмов. Классы PSPACE и NPSPACE. Редукции между задачами по пространству.
4	Oracle и вероятностные вычисления	Машины Тьюринга с оракулом. Классы сложности с оракулом. Вероятностные алгоритмы. Класс BPP и его свойства. Роль случайности в вычислениях.
5	Алгоритмы потоковой передачи и коммуникативная сложность	Модель потоковой передачи данных. Ограничения памяти и времени. Коммуникативная сложность задач. Протоколы обмена информацией. Применения в распределённых вычислениях.

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Крупский, В. Н. Теория алгоритмов. Введение в сложность вычислений : учебник для вузов / В. Н. Крупский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 91 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21288-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563580>.

Дополнительная литература:

1. Осокин, А. Н. Теория информации : учебник для вузов / А. Н. Осокин, А. Н. Мальчуков. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 208 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16333-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561389>.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		

AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Теория сложности вычислений» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, контрольные работы, домашние задания, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Участие в семинаре (аудиторная работа) – активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии.

Для успешного участия в семинаре студентам рекомендуется заранее ознакомиться с темой обсуждения, прочитать необходимые материалы и подготовить вопросы. Важно активно слушать и вовлекаться в дискуссию, высказывая свои мнения и аргументируя их. При ответах на вопросы преподавателя стоит быть уверенным, четким и логичным, опираясь на изученный материал. Также полезно поддерживать диалог с однокурсниками, чтобы обогатить обсуждение и расширить свои знания.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Контрольная работа – письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время.

Цель контрольной работы - получить специальные знания по одной или нескольким темам дисциплины (модуля) и продемонстрировать навыки их практического применения.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов, планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских

заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Теория сложности вычислений»

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачета с оценкой*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Зачтено	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	Зачтено	
8	Отлично	Зачтено	
7	Хорошо	Зачтено	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его
6	Хорошо	Зачтено	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
			ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
5	Удовлетворительно	Зачтено	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	Зачтено	
3	Не сдан	Не зачтено	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	Не зачтено	
1	Не сдан	Не зачтено	

Дисциплина (модуль) «Теория сложности вычислений» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	20%	13	Набор задач по темам недели
Аудиторная работа	15%	14	Активная работа студента на семинаре
Контрольные работы	30%	2	Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время
Зачет с оценкой	35%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Теория сложности вычислений»: « $0,2 \times$ среднее за домашние задания + $0,15 \times$ аудиторная работа + $0,3 \times$ среднее за контрольные работы + $0,35 \times$ зачет с оценкой».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание по теме «Модель машины Тьюринга»

1. Опишите формальное определение машины Тьюринга и объясните назначение

каждого её компонента.

2. Постройте машину Тьюринга, распознающую язык всех строк над $\{0,1\}$, содержащих чётное число единиц.

3. Докажите, что язык палиндромов над алфавитом $\{a,b\}$ распознаётся машиной Тьюринга.

4. Смоделируйте работу машины Тьюринга на примере входа "1011" для задачи подсчёта количества единиц.

5. Объясните разницу между детерминированной и недетерминированной машиной Тьюринга.

Домашнее задание по теме «Определение класса NP»

1. Дайте формальное определение класса NP и приведите пример задачи из этого класса.

2. Объясните, что такое проверяющий (верификатор) для задачи из класса NP.

3. Докажите, что задача о проверке существования гамильтонова цикла принадлежит классу NP.

4. Опишите, как недетерминированная машина Тьюринга решает задачу из класса NP.

5. Сравните классы P и NP, приведите известные гипотезы и открытые вопросы.

Домашнее задание по теме «Определение NP-полноты»

1. Дайте определение NP-полной задачи и объясните понятие редукции.

2. Докажите NP-полноту задачи SAT (булева выполнимость).

3. Приведите пример классической NP-полной задачи и объясните, почему она считается NP-полной.

4. Опишите процесс сведения одной задачи из NP к другой и его роль в доказательстве NP-полноты.

5. Объясните, почему решение NP-полной задачи за полиномиальное время привело бы к равенству классов P и NP.

Примерные вопросы для подготовки к семинарам

Вопросы к семинару по теме «Машины Тьюринга с оракулом»

1. Что такое машина Тьюринга с оракулом и как она отличается от классической машины Тьюринга?

2. Как формально определяется оракул и его взаимодействие с машиной Тьюринга?

3. Какие классы сложности можно определить с помощью оракулов (например, P^A , NP^A)?

4. Как оракулы используются для исследования относительной сложности задач?

5. Приведите пример задачи, для которой наличие оракула существенно меняет вычислительную мощность машины.

Вопросы к семинару по теме «Модель потоковой передачи данных»

1. Как формулируется модель потоковой передачи данных и какие ограничения она накладывает на алгоритмы?

2. В чём заключается основная сложность обработки данных в потоковом режиме?

3. Какие задачи являются классическими примерами для потоковых алгоритмов?

4. Как оценивается память и время работы алгоритмов в модели потоковой передачи?

5. Какие методы и техники используются для уменьшения потребления памяти в потоковых алгоритмах?

Вопросы к семинару по теме «Классификация вычислимых функций»

1. Что понимается под вычислимой функцией в теории вычислений?

2. Каковы основные классы вычислимых функций и их взаимосвязь?

3. Как связаны понятия рекурсивных и рекурсивно-перечислимых функций?

4. Как теорема о существовании универсальной машины Тьюринга отражается на классификации функций?
5. В чём заключается роль функций с ограниченной временной и пространственной сложностью в классификации?

Примерные задания по контрольным работам

Контрольная работа № 1

1. Определите машину Тьюринга и приведите пример машины, распознающей язык всех строк над $\{0,1\}$ с чётным числом единиц.
2. Докажите, что класс полиномиально вычислимых функций замкнут относительно композиции.
3. Для заданной машины Тьюринга вычислите временную сложность обработки строки длины n .
4. Сформулируйте и докажите, что если задача A сводится к задаче B за полиномиальное время и B решается за полиномиальное время, то A тоже решается за полиномиальное время.
5. Опишите и проанализируйте машину Тьюринга, которая проверяет, является ли входная строка палиндромом.
6. Докажите, что задача 3-SAT принадлежит классу NP.
7. Постройте булеву схему, реализующую функцию конъюнкции трёх переменных, и оцените её размер и глубину.
8. Сформулируйте и докажите, что язык, распознаваемый недетерминированной машиной Тьюринга за полиномиальное время, принадлежит NP.
9. Приведите пример задачи, для которой известна нижняя оценка на размер булевой схемы.
10. Докажите, что если булева схема имеет полиномиальный размер, то соответствующая функция вычисляется за полиномиальное время на машине Тьюринга.
11. Докажите NP-полноту задачи CLIQUE, используя редукцию из 3-SAT.
12. Определите класс PSPACE и приведите пример задачи из этого класса.
13. Докажите теорему Савича о том, что $NPSPACE = PSPACE$.
14. Сформулируйте и докажите, что PSPACE содержит NP.
15. Опишите процедуру полиномиальной редукции задачи из PSPACE к другой задаче и приведите пример.

Контрольная работа № 2

1. Определите машину Тьюринга с оракулом и приведите пример её работы.
2. Докажите, что класс P^A замкнут относительно полиномиальной редукции.
3. Определите вероятностный алгоритм и приведите пример задачи, решаемой таким алгоритмом.
4. Дайте формальное определение класса BPP и докажите, что BPP содержится в PSPACE.
5. Докажите, что класс RP является подмножеством BPP.
6. Постройте вероятностный алгоритм для задачи проверки простоты числа и оцените его ошибку.
7. Опишите метод усиления вероятности успеха (boosting) для вероятностных алгоритмов.
8. Исследуйте открытый вопрос о равенстве классов P и BPP и приведите аргументы за и против.
9. Опишите модель потоковой передачи и решите задачу подсчёта количества различных элементов в потоке с ограниченной памятью.
10. Докажите нижнюю оценку на память для задачи проверки равенства двух потоков.
11. Разработайте одно-проходный потоковый алгоритм для вычисления частоты

встречаемости элементов с гарантией приближённости.

12. Определите коммуникативную сложность задачи и вычислите её для задачи «равенство» (Equality).

13. Постройте протокол обмена информацией для задачи проверки пересечения множеств и оцените его коммуникативную сложность.

14. Докажите связь между коммуникативной сложностью и нижними оценками памяти в потоковых алгоритмах.

15. Исследуйте современные методы уменьшения коммуникации в распределённых потоковых алгоритмах и опишите одно из применений.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	Что из перечисленного является основным компонентом машины Тьюринга? а) Ленточная лента б) Стек в) Буфер обмена г) Кэш процессора	а	ОПК-1
2.	Класс NP включает задачи, решения которых: а) Могут быть найдены за полиномиальное время на детерминированной машине Тьюринга б) Неразрешимы в) Могут быть проверены за полиномиальное время на детерминированной машине Тьюринга г) Решаются за экспоненциальное время	с	ПК-1
3.	NP-полная задача — это:	Задача, к которой сводится любая задача из класса NP	ПК-2
4.	Класс PSPACE — это класс задач, решаемых: а) За полиномиальное время б) За константное время в) За экспоненциальное пространство г) За полиномиальное пространство	д	ПК-2
5.	Машина Тьюринга с оракулом отличается тем, что: а) Может использовать случайные числа б) Имеет доступ к решателю некоторой задачи за константное время в) Работает быстрее классической машины Тьюринга г) Не имеет ограничений по памяти	б	УК-1
6.	Класс BPP характеризуется алгоритмами, которые: а) Работают детерминированно за полиномиальное время б) Всегда дают правильный ответ в) Решают задачи за экспоненциальное время г) Используют случайность и дают правильный ответ с высокой вероятностью	д	УК-2
7.	Что измеряет коммуникативная сложность?	Объём информации, который стороны должны обменяться для решения задачи	УК-2
8.	Назовите модель вычислений, которая служит основой для определения алгоритмической вычислимости.	Машина Тьюринга	ОПК-1

9.	Как называется класс задач, решения которых можно проверить за полиномиальное время?	NP	ПК-1
10.	Как называется класс задач, решаемых за полиномиальное пространство?	PSPACE	УК-1
11.	Как называется класс вероятностных алгоритмов с полиномиальным временем и малой ошибкой?	BPP	ПК-2