Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 8/1/2025

от 25.08.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Направление подготовки (специальность)
[1] 01.03.02 Прикладная математика и информатика
[2] 09.03.04 Программная инженерия

Семестр	**Трудоемкость, кред.**	**Общий объем курса, час.**	**Лекции, час.**	**Практич. занятия, час.**	**Лаборат. работы, час.**	**В форме практической подготовки, час.**	**СРС, час.**	**КСР, час.**	**Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП**
5	2-4	72-144	32	32	0		8-44	0	Э , ЗО
Итого	2-4	72-144	32	32	0	0	8-44	0	

АННОТАЦИЯ

Курс предназначен для студентов, стремящихся изучить основы проектирования, разработки и эксплуатации распределенных систем. В ходе обучения участники познакомятся с ключевыми концепциями и архитектурами, а также современными технологиями и инструментами, используемыми для создания масштабируемых, надежных и отказоустойчивых распределенных систем. Курс включает лекции и практические занятия, которые позволят студентам на практике применить полученные знания.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является подготовка специалистов, способных проектировать, разрабатывать и эксплуатировать масштабируемые отказоустойчивые распределенные системы.

Задачи дисциплины:

- Изучение теоретических основ распределенных систем: модели отказов, модели консистентности, теоремы о невозможности (FLP, CAP)
- Освоение алгоритмов консенсуса (Paxos, Raft) и их применение для построения replicated state machine
- Изучение архитектур распределенного хранения данных: key-value storage, distributed file systems, шардирование
- Освоение методов обеспечения отказоустойчивости и масштабируемости распределенных систем
- Изучение транзакций в распределенных системах и моделей изоляции (ACID, 2PL)
- Получение практических навыков разработки распределенных приложений с использованием современных фреймворков

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина относится к профессиональному циклу и базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин:

- Программирование (знание языков C++, Python, умение работать с многопоточностью и асинхронным программированием)
- Операционные системы (понимание работы процессов, потоков, файловых систем, сетевого взаимодействия)
- Алгоритмы и структуры данных (знание базовых алгоритмов, деревьев, хеш-таблиц, графов)
- Компьютерные сети (понимание принципов работы сетевых протоколов TCP/IP, UDP, HTTP)
- Базы данных (понимание принципов хранения и индексирования данных, транзакций)

Освоение дисциплины предшествует изучению курсов и практикумов, связанных с:

- Разработкой высоконагруженных систем и микросервисной архитектурой
- Big Data обработкой и аналитикой больших данных
- Облачными вычислениями и контейнеризацией

- Машинным обучением на распределенных системах

Знания и навыки, полученные в рамках данной дисциплины, используются при выполнении курсовых работ, проектной практики и выпускной квалификационной работы, особенно при разработке масштабируемых систем обработки и хранения данных.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**
ОПК-2 [2] – Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности	З-ОПК-2 [2] – Знать принципы работы современных информационных технологий У-ОПК-2 [2] – Уметь использовать программные средства, в том числе отечественного производства, для решении задач профессиональной деятельности В-ОПК-2 [2] – Владеть программными средствами, в том числе отечественного производства, для решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 [1] – Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	З-ОПК-2 [1] – знать существующие математические методы и системы программирования необходимые для реализации алгоритмов решения прикладных задач У-ОПК-2 [1] – уметь использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования необходимые для реализации алгоритмов решения прикладных задач В-ОПК-2 [1] – владеть навыками реализации математических алгоритмов для решения прикладных задач с использованием существующих систем программирования
ОПК-3 [2] – Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	З-ОПК-3 [2] – Знать стандартные методы и алгоритмы решения задач дискретной математики; стандартные алгоритмы и структуры данных. Типовые архитектурные и организационные схемы в программных системах. У-ОПК-3 [2] – Уметь использовать программные инструменты, автоматизирующие решение основных задач профессиональной деятельности (информационные системы, системы программирования, офисные пакеты, системы проектирования, математические пакеты и т.д.); разрабатывать и анализировать алгоритмы В-ОПК-3 [2] – Владеть методами и методиками анализа и моделирования объектов профессиональной деятельности

ОПК-4 [2] – Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью	З-ОПК-4 [2] – Знать государственные стандарты, устанавливающие взаимосвязанные правила, требования и нормы по разработке, оформлению и обращению технической документации У-ОПК-4 [2] – Уметь оформлять техническую документацию В-ОПК-4 [2] – Владеть навыками разработки стандартов, норм и правил, связанных с профессиональной деятельностью
ОПК-5 [2] – Способен инсталлировать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем	З-ОПК-5 [2] – Знать методы инсталлирования аппаратного обеспечения для информационных и автоматизированных систем; У-ОПК-5 [2] – Уметь инсталлировать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем В-ОПК-5 [2] – Владеть навыками инсталлирования программного и аппаратного обеспечение для информационных и автоматизированных систем
ОПК-6 [2] – Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов	З-ОПК-6 [2] – Знать основы информатики и программирования У-ОПК-6 [2] – Уметь разрабатывать алгоритмы и программы; проектировать, конструировать и тестировать программные продукты В-ОПК-6 [2] – Владеть основами информатики и программирования
ОПК-7 [2] – Способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой	З-ОПК-7 [2] – Знать основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой У-ОПК-7 [2] – Уметь применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой В-ОПК-7 [2] – Владеть основными концепциями и принципами, связанными с информатикой
УКЦ-2 [2] – Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач	З-УКЦ-2 [2] – Знать: методики сбора и обработки информации с использованием цифровых средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности У-УКЦ-2 [2] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной

	безопасности В-УКЦ-2 [2] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной безопасности

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	**Объект или область знания**	**Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)**	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**
производственно-технологический			
разработка математического, программного и алгоритмического обеспечения для анализа и моделирования физических процессов	математические модели процессов в сложных технических системах	ПК-4 [1] - Способен использовать современные языки и методы программирования, комплексы прикладных компьютерных программ, современную вычислительную технику, многопроцессорные вычислительные системы при решении производственных и научно-исследовательских задач в области прикладной математики и информатики *Основание:* Профессиональный стандарт: 06.001	З-ПК-4[1] - знать современные языки и технологии программирования, комплексы прикладных компьютерных программ; ; У-ПК-4[1] - уметь разрабатывать наукоемкое программное обеспечение с использованием современных языков программирования ; В-ПК-4[1] - владеть навыками проведения математического моделирования физических процессов с использованием существующих и разработанных программных комплексов

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	**Задачи воспитания (код)**

Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (В20)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (В21)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование профессионально значимых установок: не производить, не копировать и не использовать программные и технические средства, не приобретённые на законных основаниях; не нарушать признанные нормы авторского права; не нарушать тайны передачи сообщений, не практиковать вскрытие информационных систем и сетей передачи данных; соблюдать конфиденциальность доверенной информации (В40)

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	5 Семестр						
1	Первый раздел	1-8	16/16/0		25	КИ-8	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2,

							З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, З-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, З-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, З-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Второй раздел	9-16	16/16/0		25	КИ-16	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, З-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, З-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, З-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
	Итого за 5 Семестр		32/32/0		50		

	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	Э, ЗО	З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, З-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, З-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, З-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, З-ОПК-5, У-ОПК-5, В-ОПК-5, З-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, З-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-УКЦ-2,

							У-УКЦ-2, В-УКЦ-2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	**Полное наименование**
КИ	Контроль по итогам
ЗО	Зачет с оценкой
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	**Темы занятий / Содержание**	**Лек., час.**	**Пр./сем., час.**	**Лаб., час.**
	5 Семестр	32	32	0
1-8	**Первый раздел**	16	16	0
1 - 2	**1.1 Введение в распределенные системы** Что такое распределенная система. Мотивация: масштабируемость, отказоустойчивость, консистентность. Модели отказов: crash-stop, crash-recovery. Модели сети: синхронная, асинхронная, частично-синхронная. Fair loss и perfect link. Проблема двух генералов. История исполнения и модели консистентности.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	4 0	0 0
3 - 4	**1.2 Модели консистентности и атомарный регистр** Sequential consistency и linearizability. Регулярный и атомарный регистр. Алгоритм ABD для построения атомарного регистра. Кворумы и их свойства. Доказательство корректности. Ограничения на число отказов.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	4 0	0 0
5 - 6	**1.3 Atomic Broadcast и Replicated State Machine** Atomic broadcast: validity, agreement, total order. Построение RSM из atomic broadcast. Связь между consensus и atomic broadcast. CAP теорема и PACELC. Практические примеры: ZooKeeper, YandexDB.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	4 0	0 0
7 - 8	**1.4 Consensus и теоретические ограничения** Задача консенсуса: validity, agreement, termination. FLP теорема и её доказательство. Алгоритм Бен-Ора. Ограничения на число отказов. Failure detection и leader election.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	4 0	0 0
9-16	**Второй раздел**	16	16	0
9 - 10	**2.1 Paxos и Multi-Paxos** Single-Decree Paxos: фазы Prepare и Accept. Доказательство корректности. Multi-Paxos и репликация лога. Distinguished Proposer и Pipelining. Оптимизации: commit, reconfiguration, log compaction. Flexible quorums.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	4 0	0 0
11 - 12	**2.2 Raft и практические аспекты консенсуса** Алгоритм Raft: leader election, log replication, safety.	Всего аудиторных часов 4	4	0

	Сравнение с Paxos. Exactly once семантика. Read-only операции и leader lease. Follower reads. Практические реализации.	Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	**2.3 Local Storage и Distributed File Systems** LSM-деревья и B-деревья. SSTable, memtable, compaction. Bloom filters. Distributed File System: архитектура GFS/Colossus. Metadata store и chunk store. Replication и erasure coding. MapReduce.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	**2.4 Шардирование и транзакции** Key-value storage с шардированием. Шардирование поверх RSM и DFS. Транзакции: ACID свойства. Модели изоляции: serializable, strict-serializable. Two-Phase Locking (2PL). Deadlock detection. Distributed transactions.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	**Полное наименование**
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дидактической основой изучения дисциплины является сочетание теоретических лекций с практическими занятиями:

- Получение студентами теоретических знаний в ходе лекций, включающих разбор алгоритмов консенсуса, моделей консистентности, доказательств корректности и теоретических ограничений распределенных систем.

- Формирование практических навыков на семинарских занятиях через:
* Разбор конкретных сценариев работы распределенных алгоритмов
* Анализ реальных систем (GFS, BigTable, Spanner, ZooKeeper)
* Решение задач на доказательство свойств алгоритмов
* Обсуждение trade-off'ов при проектировании систем

- Закрепление знаний через практикум, включающий:
* Реализацию базовых распределенных алгоритмов (ABD, Paxos, Raft)
* Разработку компонентов распределенных систем (key-value storage, consensus)
* Тестирование корректности и отказоустойчивости реализаций
* Измерение производительности и масштабируемости

При проведении лабораторных занятий используется автоматизированная система проверки заданий, которая:

- Предоставляет студентам задания с четкими требованиями
- Автоматически тестирует корректность реализаций
- Проверяет отказоустойчивость через инжекцию сбоев
- Измеряет производительность решений
- Предоставляет обратную связь по результатам тестирования

Для самостоятельной работы студентам предоставляются:

- Записи лекций и презентации
- Научные статьи по изучаемым алгоритмам и системам
- Дополнительные материалы для углубленного изучения
- Доступ к исходному коду реальных распределенных систем

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	**Индикаторы освоения**	**Аттестационное мероприятие (КП 1)**
ОПК-2	З-ОПК-2	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-2	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-2	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16
ОПК-3	З-ОПК-3	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-3	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-3	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-4	З-ОПК-4	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-4	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-4	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-5	З-ОПК-5	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-5	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-5	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-6	З-ОПК-6	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-6	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-6	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16
ОПК-7	З-ОПК-7	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-7	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-7	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
УКЦ-2	З-УКЦ-2	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16
	У-УКЦ-2	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-УКЦ-2	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-2	З-ОПК-2	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-2	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-2	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16

ПК-4	З-ПК-4	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-4	ЗО, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-4	Э, ЗО, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	**Оценка по 4-х балльной шкале**	**Отметка о зачете**	**Оценка ECTS**
90-100	5 – *«отлично»*	*«зачтено»*	A
85-89	4 – «*хорошо*»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «*удовлетворительно*»		
60-64			E
ниже 60	2 – «*неудовлетворительно*»	*«не зачтено»*	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В 62 Архитектурные решения информационных систем : учебное пособие, Выговский Л. С. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022

2. 004 Т31 Введение в распределенные алгоритмы : , Тель Ж., Москва: МЦНМО, 2009

3. ЭИ Т 58 Модели распределенных вычислений : учебное пособие, Топорков В. В., Москва: Физматлит, 2011

4. 004 Б97 Операционные системы : Параллельные и распределенные системы, Бэкон Д., Харрис Т., Москва [и др.]: BHV; Питер, 2004

5. ЭИ Ц 55 Распределенные информационные системы : учебное пособие, Цехановский В. В., Чертовской В. Д., Санкт-Петербург: Лань, 2021

6. 004 Т18 Распределенные системы : принципы и парадигмы, Таненбаум Э., Стеен М. ван, Москва [и др.]: Питер, 2003

7. ЭИ С 80 Распределенные системы : , Таненбаум Э. С., Стин в. М., Москва: ДМК Пресс, 2021

8. ЭИ Б 12 Распределенные системы : учебник для вузов, Коньков К. А., Бабичев С. Л., Москва: Юрайт, 2025

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 681.3 В94 Вычислительные системы Вып.2 , , М.: Финансы и статистика, 1981

2. 004 Р24 Распределенные системы Кн.1 Ресурсы Microsoft Windows 2000 Server, , М.: Русская редакция, 2001

3. 681.3 Р24 Распределенные системы передачи и обработки информации : , , М.: Наука, 1985

4. ЭИ Э 75 Распределенные системы реального времени : , Эрджиес К., Москва: ДМК Пресс, 2020

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Introduction to reliable and secure distributed programming (https://www.academia.edu/7173048/Introduction_to_reliable_and_secure_distributed_programming)

2. Designing Data-Intensive Applications The Big Ideas Behind Reliable, Scalable and Maintainable Syste (https://www.academia.edu/41298363/Designing_Data_Intensive_Applications_THE_BIG_IDEAS_BEHIND_RELIABLE_SCALABLE_AND_MAINTAINABLE_SYSTEMS)

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Программа изучения курса включает в себя лекционные и семинарские занятия, выполнение практических работ, а также контрольные мероприятия по итогам каждого раздела.

Рекомендации по изучению теоретического материала:

1. Последовательность изучения:
- Начните с понимания базовых моделей: отказов, сети, консистентности
- Изучите простые алгоритмы (ABD) перед сложными (Paxos, Raft)
- Обращайте внимание на доказательства корректности алгоритмов
- Понимайте ограничения и trade-off'ы каждого подхода

2. Работа с материалами:
- Конспектируйте лекции, выделяя ключевые определения и теоремы
- Изучайте оригинальные статьи по алгоритмам (Paxos, Raft, GFS)
- Используйте визуализации для понимания работы алгоритмов
- Разбирайте примеры исполнения алгоритмов на конкретных сценариях

3. Подготовка к семинарам:
- Повторите материал лекций перед семинаром
- Попробуйте самостоятельно решить задачи до семинара
- Активно участвуйте в обсуждении на семинарах
- Задавайте вопросы при непонимании материала

Рекомендации по выполнению работ:

1. Планирование работы:
- Начинайте выполнение заданий заранее, не откладывайте на последний момент
- Разбивайте задачу на подзадачи и решайте их последовательно
- Используйте систему контроля версий (Git) для отслеживания изменений
- Регулярно тестируйте свою реализацию

2. Реализация алгоритмов:
- Внимательно изучите спецификацию алгоритма перед реализацией
- Начните с простой версии, затем добавляйте оптимизации
- Используйте логирование для отладки распределенных алгоритмов
- Тестируйте edge cases и сценарии с отказами

3. Отладка и тестирование:
- Используйте unit-тесты для проверки отдельных компонентов
- Тестируйте систему в различных сценариях отказов
- Проверяйте корректность с помощью model checking (если доступно)
- Измеряйте производительность и ищите узкие места

4. Работа с автоматической проверкой:
- Изучите критерии оценки перед началом работы
- Запускайте автоматические тесты локально перед отправкой
- Анализируйте результаты тестирования и исправляйте ошибки
- Не пытайтесь обмануть систему проверки

Подготовка к контрольным мероприятиям:

1. Текущий контроль (КИ-8, КИ-16):
- Повторите весь материал соответствующего раздела
- Убедитесь, что понимаете доказательства основных теорем
- Потренируйтесь в решении задач аналогичных семинарским
- Проверьте, что все лабораторные работы выполнены

2. Экзамен:
- Систематизируйте знания по всему курсу
- Повторите определения, теоремы, алгоритмы
- Подготовьте ответы на типовые вопросы
- Будьте готовы объяснить работу алгоритмов на примерах
- Повторите практические аспекты из лабораторных работ

Дополнительные рекомендации:

- Изучайте исходный код реальных распределенных систем (etcd, CockroachDB)
- Читайте блоги и статьи о практическом опыте построения распределенных систем
- Участвуйте в обсуждениях на форумах и в чатах курса
- Не стесняйтесь обращаться к преподавателям за помощью
- Формируйте группы для совместного изучения материала

Система оценивания:
- Максимальный балл за семестр: 100
- Первый раздел (КИ-8): 25 баллов
- Второй раздел (КИ-16): 25 баллов
- Экзамен, зачет с оценкой: 50 баллов
- Для допуска к экзамену необходимо успешно выполнить все работы

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Программа изучения курса построена на сочетании теоретических основ с практическими навыками разработки распределенных систем.

Методические рекомендации по проведению лекций:

1. Структура лекций:
- Начинайте с мотивации и практических примеров
- Давайте формальные определения и теоремы
- Приводите доказательства ключевых утверждений
- Иллюстрируйте алгоритмы на конкретных примерах
- Обсуждайте практические аспекты и ограничения

2. Подача материала:
- Используйте визуализации для объяснения алгоритмов
- Рисуйте диаграммы исполнения на временных осях
- Показывайте примеры из реальных систем
- Обсуждайте trade-off'ы различных подходов
- Связывайте теорию с практикой

3. Работа с доказательствами:
- Объясняйте интуицию перед формальным доказательством
- Разбивайте сложные доказательства на леммы
- Используйте доказательства от противного и индукцию
- Показывайте, почему доказательство важно для понимания алгоритма

Методические рекомендации по проведению семинаров:

1. Подготовка к семинару:
- Подготовьте задачи разного уровня сложности
- Продумайте последовательность разбора материала
- Подготовьте дополнительные примеры для пояснения
- Предусмотрите время для вопросов студентов

2. Проведение семинара:
- Начните с краткого повторения лекционного материала
- Разбирайте задачи у доски с объяснением каждого шага
- Вовлекайте студентов в решение задач
- Обсуждайте альтернативные подходы к решению
- Связывайте задачи с реальными системами

3. Типы задач:
- Анализ корректности алгоритмов
- Построение контрпримеров
- Доказательство свойств систем
- Оценка производительности и масштабируемости
- Проектирование архитектуры систем

Методические рекомендации по практическим работам:

1. Подготовка заданий:
- Формулируйте четкие требования к реализации
- Предоставляйте шаблоны кода и интерфейсы
- Подготовьте набор тестов разного уровня сложности
- Документируйте ожидаемое поведение системы

2. Проверка работ:
- Используйте автоматическое тестирование для базовой проверки
- Проверяйте корректность через инжекцию отказов
- Оценивайте качество кода и архитектуры
- Проверяйте производительность и масштабируемость
- Давайте обратную связь по результатам проверки

3. Помощь студентам:
- Проводите консультации по сложным вопросам
- Помогайте с отладкой распределенных алгоритмов
- Объясняйте причины ошибок в реализации
- Рекомендуйте подходы к решению проблем

Организация контрольных мероприятий:

1. Контроль по итогам разделов (КИ-8, КИ-16):
- Проверяйте понимание теоретического материала
- Включайте задачи на доказательство свойств
- Проверяйте умение анализировать алгоритмы
- Оценивайте выполнение лабораторных работ

2. Экзамен:
- Включайте теоретические вопросы по всему курсу
- Давайте практические задачи на анализ систем
- Проверяйте понимание доказательств теорем
- Оценивайте умение применять знания на практике

Дополнительные рекомендации:

- Поддерживайте актуальность материалов курса
- Следите за новыми исследованиями в области распределенных систем
- Приглашайте практиков для обсуждения реальных систем
- Организуйте обсуждение научных статей
- Поощряйте студентов к самостоятельному изучению

Примеры заданий для контрольных мероприятий:

Теоретические вопросы:
- Докажите корректность алгоритма ABD

- Объясните доказательство FLP теоремы
- Сравните Paxos и Raft с точки зрения сложности и эффективности
- Объясните, почему CAP теорема не является практически полезной

Практические задачи:
- Спроектируйте архитектуру распределенного key-value storage
- Проанализируйте сценарий отказа в Multi-Paxos
- Оцените производительность системы с шардированием
- Предложите оптимизации для конкретного алгоритма

Автор(ы):

Андрюшин Максим Андреевич

Колобашкина Любовь Викторовна