

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«24» июня 2025 г.
Протокол № 2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Распределенные системы»**

Направление подготовки: 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Продуктовый менеджмент

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 2 года

Год набора: 2025

**Москва
2025**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения.....	5
3. Тематический план.....	7
4. Содержание дисциплины (модуля).....	7
5. Учебно-методическое обеспечение	8
6. Материально-техническое обеспечение	8
7. Методические и оценочные материалы	10

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Распределенные системы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по специальности 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Продуктовый менеджмент, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 810 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Распределенные системы» позволяет студентам освоить современные технологии, обеспечивающие высокую доступность и отказоустойчивость приложений, что критически важно в эпоху больших данных и облачных вычислений. Кроме того, знание принципов работы распределенных систем открывает возможности для создания инновационных решений в различных областях, от финансов до здравоохранения.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки магистратуры по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Продуктовый менеджмент и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 2 курсе в 3 семестре, доступна для прохождения при условии успешного завершения дисциплин (модулей) «Сетевые технологии», «Системы управления базами данных», «Многопоточное программирование».

Цель изучения дисциплины (модуля): формирование глубокого понимания принципов функционирования распределенных систем, позволяющего проектировать и реализовывать надежные, масштабируемые решения для обработки данных в условиях отказов и больших объемов информации.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- изучить фундаментальные концепции распределенных систем, включая модели согласованности и алгоритмы репликации, для понимания основ их работы;
- освоить методы реализации алгоритмов консенсуса на практике с использованием различных языков программирования;
- проанализировать механизмы транзакций и уровней изоляции для обеспечения целостности данных в распределенной среде;
- исследовать типы отказов узлов, включая византийские, и стратегии их преодоления в системах;
- применить навыки выбора и использования инструментов вроде MapReduce и распределенных файловых систем для анализа больших данных.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- основные понятия и проблемы теории распределенных систем, модели согласованности;
- алгоритмы репликации и консенсуса в распределенных системах;
- понятия транзакции, уровни изоляции транзакций и способы их реализации;
- виды отказов узлов, понятие византийских отказов.

уметь:

- реализовывать на любом языке программирования классические алгоритмы репликации и консенсуса в распределенных системах;
- выбирать готовые реализации распределенных систем в зависимости от необходимых требований к согласованности и устойчивости к отказам;
- использовать MapReduce и распределенные файловые системы для работы с большими данными.

владеть:

- навыками проектирования архитектуры распределенной системы с учетом требований к согласованности данных и устойчивости к отказам;
- навыками понимания отличий достижимых требований от недостижимых при проектировании распределенных систем.

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-6.	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1.	Знает основные методы самооценки и анализа своей деятельности, а также принципы управления временем и целеполагания
		УК-6.2.	Умеет ставить реалистичные и достижимые цели, определять приоритеты в своей деятельности, а также разрабатывать и внедрять планы по совершенствованию своих навыков и компетенций на основе полученной самооценки
		УК-6.3.	Имеет практический опыт применения методов самооценки в своей профессиональной деятельности, включая участие в тренингах, семинарах и проектах, направленных на развитие личной эффективности и профессионального роста
ОПК-2.	Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.1.	Знает основные математические модели и методы, используемые в естественных науках, включая статистическое моделирование, дифференциальные уравнения и численные методы, а также современные подходы к исследованию и анализу данных
		ОПК-2.2.	Умеет разрабатывать и адаптировать математические модели для решения конкретных проблем в естественных науках, проводить их анализ и верификацию, а также интерпретировать полученные результаты в контексте научных исследований
		ОПК-2.3.	Имеет практический опыт создания и исследования математических моделей в

			рамках научных проектов или исследований, включая участие в публикациях, конференциях или коллаборациях, где были разработаны и апробированы новые концепции и методы
ПК-3.	Способен решать задачи профессиональной деятельности в области продуктового менеджмента, формулировать результаты анализа и выявлять последствия полученных данных для принятия обоснованных решений и оптимизации продуктов	ПК-3.1.	Знает методы и инструменты продуктового менеджмента
		ПК-3.2.	Умеет применять аналитические инструменты и программное обеспечение для обработки и визуализации данных, а также формулировать выводы на основе проведенного анализа
		ПК-3.3.	Имеет опыт работы над реальными проектами в области продуктового менеджмента, включая анализ пользовательского поведения и оптимизацию продуктов на основе полученных данных
ПК-4.	Способен публично представлять собственные и известные научные результаты	ПК-4.1.	Знает основные принципы эффективного публичного выступления, методы визуализации данных и основные требования к научным презентациям, включая структуру и содержание
		ПК-4.2.	Умеет четко и логично формулировать свои научные результаты, адаптируя их для различных аудиторий, а также использовать визуальные средства для улучшения восприятия информации
		ПК-4.3.	Имеет практический опыт участия в научных конференциях, семинарах или других мероприятиях, где успешно представлял свои и известные научные результаты, получая обратную связь и взаимодействуя с аудиторией

3. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
Лекции	Семинары (практические занятия)					
1	Введение. Основные понятия и проблемы теории распределенных систем	4	4		16	Домашнее задание
2	Репликация и секционирование	4	4		16	Домашнее задание
3	Консенсус в распределенных системах	6	6		26	Домашнее задание
4	Транзакции	4	4		16	Домашнее задание
5	Потоковая и пакетная обработка данных	8	8		36	Домашнее задание
6	Византийские отказы	4	4		16	Домашнее задание
	<i>Зачет</i>			4		
	Итого:	30	30	4	126	
	Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)	190				
	Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)	5				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Введение. Основные понятия и проблемы теории распределенных систем	Модели согласованности. Синхронные и асинхронные модели. Виды отказов Проблема синхронизации часов. Алгоритмы синхронизации (Cristian's, Berkeley, NTP)
2	Репликация и секционирование	Алгоритмы репликации: с одним ведущим, несколькими, без ведущего Задержки репликации. Кворумы. Репликация в реальных системах
3	Консенсус в распределенных системах	Понятие консенсуса. Теорема FLP. Линеаризуемость и причинная согласованность Алгоритмы Paxos и Raft. Atomic Broadcast Применение алгоритмов консенсуса в продакшене (Zookeeper, etcd, Kafka controller)
4	Транзакции	Уровни изоляции. 2PL и Snapshot Isolation Распределённые транзакции. 2PC, 3PC, Saga. Реализация в реальных системах
5	Потоковая и пакетная обработка данных	MapReduce. Распределённые вычисления. Hadoop и экосистема Потоковые системы (Apache Kafka, Flink, Spark Streaming). Примеры использования Очереди сообщений. Брокеры (Kafka, RabbitMQ, Pulsar). Гарантии доставки Дизайн очередей в системах. Сравнение систем, паттерны применения
6	Византийские отказы	Проблема византийских генералов. Алгоритмы BFT (PBFT и др.) Реализация BFT в реальных системах (blockchain, Tendermint, ByzCoin и др.)

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. Бабичев, С. Л. Распределенные системы : учебник для вузов / С. Л. Бабичев, К. А. Коньков. Бабичев, С. Л. Распределенные системы : учебник для вузов / С. Л. Бабичев, К. А. Коньков. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 507 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11380-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/566315>.

2. Пумперла, М. Изучаем Ray. Гибкие распределенные вычисления на Python в машинном обучении : практическое руководство / М. Пумперла, Э. Оукс Э, Р. Ляо ; пер. с англ. А. В. Логунова. — Москва : Books.kz, 2023. - 292 с. — ISBN 978-6-01083-430-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2205122>.

Дополнительная литература:

1. Гома, Х. UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений : практическое руководство / Х. Гома ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - 2-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 701 с. - (Объектно-ориентированные технологии в программировании). - ISBN 978-5-89818-574-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2107936>.

2. Уильямс, Э. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ : практическое руководство / Э. Уильямс ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - 2-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 673 с. - ISBN 978-5-89818-319-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/210260>.

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;
- механическими калькуляторами;
- 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 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
Распределенные системы:		
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) «Распределенные системы» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, 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.

Семинар – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

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.

Электронный документ

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) «Распределенные системы»

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*, 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 (модуль). 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,
6	Хорошо	Зачтено	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
			классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его 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) «Распределенные системы» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Описание
Домашние задания	60%	За каждое из заданий можно набрать 10 баллов
Зачет	40%	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Распределенные системы»: « $0,6 \times$ среднее за домашние задания + $0,4 \times$ зачет».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание: Консенсус в распределенных системах

1. **Определите линеаризуемость.** Приведите примеры, где линеаризуемость критически важна для работы системы.

2. **Сравните причинную согласованность и линеаризуемость.** Какие преимущества и недостатки имеет каждая из моделей?

3. **Объясните принцип работы Atomic Broadcast.** Как он помогает достичь согласованности в распределенных системах?

4. **Изучите теорему FLP о невозможности консенсуса.** Каковы ее основные выводы и как они влияют на проектирование распределенных систем?

1. **Опишите алгоритмы Paxos и RAFT.** В чем основные различия между ними и в каких случаях каждый из них предпочтителен?

Домашнее задание: Транзакции

1. **Определите понятие транзакции.** Какие основные свойства транзакций (ACID) существуют и почему они важны?

2. **Объясните уровни изоляции транзакций.** Как они влияют на производительность и согласованность данных?

3. **Сравните Two-phase locking и Snapshot Isolation.** В каких ситуациях предпочтительнее использовать каждый из подходов?

4. **Рассмотрите особенности распределенных транзакций.** Какие проблемы могут возникнуть при их реализации и как их можно решить?

5. **Проанализируйте реальную распределенную систему,** использующую транзакции. Опишите, как она реализует управление транзакциями и какие алгоритмы использует.

Домашнее задание: Поточковая и пакетная обработка данных

1. **Объясните идею MapReduce.** Как она позволяет обрабатывать большие объемы данных?

2. **Опишите распределенные вычисления в MapReduce.** Как происходит распределение задач и сбор результатов?

3. **Изучите реализацию и применение MapReduce-систем.** Приведите примеры реальных систем, использующих эту технологию.

4. **Опишите архитектуру распределенных файловых систем.** Какие ключевые компоненты обеспечивают их функциональность?

5. **Рассмотрите систему Hadoop.** Какие ее основные компоненты и как они взаимодействуют для обработки данных?

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	Назовите модель согласованности, обеспечивающую строгую упорядоченность операций в распределенных системах.	Linearizability	УК-6
2.	Укажите уровень изоляции транзакций, предотвращающий грязное чтение.	Read committed	ОПК-2
3.	Назовите следствие применения кворумов в репликации для доступности данных.	Fault tolerance	ПК-3
4.	Укажите формат презентации модели согласованности в распределенных системах.	Diagram	ПК-4
5.	Укажите алгоритм синхронизации часов, используемый в NTP для корректировки времени.	Network Time Protocol	УК-6
6.	Назовите алгоритм консенсуса, используемый в Raft для выбора лидера.	Leader election	ОПК-2
7.	Укажите результат использования Saga-паттерна в распределенных транзакциях	Compensating transactions	ПК-3

8.	Назовите способ демонстрации алгоритма Paxos в реальных системах.	Case study	ПК-4
9.	Назовите тип отказа в распределенных системах, связанный с потерей связи между узлами.	Network partition	УК-6
10.	Укажите протокол для распределенных транзакций с двухфазным коммитом.	2PC	ОПК-2
11.	Назовите преимущество MapReduce для пакетной обработки больших данных.	Parallel processing	ПК-3
12.	Укажите метод представления уровней изоляции транзакций.	Table	ПК-4
13.	Укажите принцип репликации с одним ведущим для обеспечения согласованности данных.	Leader-based replication	УК-6
14.	Назовите модель потоковой обработки данных в Apache Flink.	Event-driven	ОПК-2
15.	Укажите гарантию доставки сообщений в очередях Kafka.	At least once	ПК-3
16.	Назовите формат отчета по потоковой обработке в Spark Streaming.	Analytical report	ПК-4
17.	Назовите теорему, доказывающую невозможность консенсуса в асинхронных системах с отказами.	FLP theorem	УК-6
18.	Укажите алгоритм для решения проблемы византийских генералов.	PBFT	ОПК-2
19.	Назовите следствие византийских отказов в блокчейн-системах.	Decentralized consensus	ПК-3
20.	Укажите способ презентации византийских алгоритмов в Tendermint.	Presentation	ПК-4