

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Порохня Андрей Андреевич

Должность: И.о. директора института перспективной инженерии

Дата подписания: 19.06.2026 14:50:30

Уникальный программный ключ:

990bea3aeec48c23bd8699e48288f8d1960c600

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора института
перспективной инженерии канд.
техн. наук, доцент Порохня А.А.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Архитектура и проектирование высоконагруженных и отказоустойчивых систем

Направление подготовки
Направленность (профиль)

09.04.04 Программная инженерия
Разработка, мониторинг и управление
жизненным циклом инженерных систем
2026
очная
1

Год начала обучения
Форма обучения
Реализуется в семестре

Разработано

к.ф.-м.н., доцент, заведующая межинститутской
базовой кафедрой
Новикова Елена Николаевна

Ставрополь 2026 г.

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель дисциплины: формирование у обучающихся системного набора теоретических знаний и практических компетенций в области проектирования, анализа, экспериментирования и оптимизации архитектуры программных систем, способных функционировать в условиях высокой нагрузки, обеспечивать заданный уровень доступности и восстанавливаться после сбоев с минимальными потерями.

Задачи освоения дисциплины:

- Изучить CAP/ACID/BASE, паттерны масштабирования и отказоустойчивости, сетевые паттерны и LB, микросервисы (DDD, Saga), БД в high-load (репликация, шардирование, NoSQL), методы оптимизации (кэширование, асинхронность), ATAM и C4 model, наблюдаемость и инцидент-менеджмент.

- Документировать архитектуру (C4, arc42), развёртывать stateless-сервисы с LB, проверять CAP, реализовывать Circuit Breaker, настраивать API Gateway, сравнивать монолит и микросервисы, настраивать репликацию и шардирование БД, строить очереди сообщений, применять кэширование, сравнивать SQL/NoSQL, реализовывать Saga, применять ATAM, проводить нагрузочное тестирование (k6), проектировать e-commerce и доставку, защищать решения.

- Планировать и проводить эксперименты по устойчивости, анализировать метрики (RPS, latency, error rate), выявлять узкие места, формулировать и внедрять корректирующие меры, оценивать их эффективность.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Архитектура и проектирование высоконагруженных и отказоустойчивых систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная часть), и является одной из ключевых дисциплин профиля «Разработка, мониторинг и управление жизненным циклом инженерных систем».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-5. Способен проектировать, планировать и проводить эксперименты по обеспечению и проверке устойчивости систем, анализировать их результаты, формулировать и внедрять корректирующие меры для повышения отказоустойчивости и	ИД-1 ПК-5. Определяет показатели устойчивого состояния (steady state) системы и формулирует гипотезы о ее поведении при различных типах отказов.	Способен определять ключевые показатели устойчивого состояния системы (RPS, latency percentiles, error rate, доступность) и формулировать проверяемые гипотезы о её поведении при различных типах отказов (сетевые разделы, отказ узлов, перегрузка).
	ИД-2 ПК-5. Проектирует эксперименты по внедрению сбоев (инфраструктурных, сетевых, нагрузочных) с контролируемой зоной поражения (blast radius).	Способен проектировать эксперименты по внедрению сбоев (отключение узлов, сетевые задержки/потери, резкий рост нагрузки) с определением гипотез, метрик успеха и контролируемой зоной поражения (blast radius).

устойчивости к сбоям		
	ИД-3 ПК-5. Проводит эксперименты по тестированию устойчивости с использованием инструментов chaos engineering в тестовых и production-средах.	Способен проводить эксперименты по тестированию устойчивости с использованием инструментов chaos engineering (Chaos Mesh, Gremlin) в тестовых и production-средах, управляя сценариями внедрения отказов (pod kill, network latency, CPU stress).
	ИД-4 ПК-5. Анализирует результаты экспериментов, сопоставляя фактические метрики с ожидаемыми, и выявляет скрытые уязвимости и слабые места архитектуры.	Способен анализировать результаты экспериментов, сопоставляя фактические метрики с ожидаемыми (baseline), и выявлять скрытые уязвимости и слабые места архитектуры (single point of failure, недостаточную избыточность, некорректные таймауты).
	ИД-5 ПК-5. Разрабатывает и внедряет корректирующие меры по итогам экспериментов (настройка таймаутов, ретраев, circuit breaker, оптимизация архитектуры).	Способен разрабатывать и внедрять корректирующие меры по итогам экспериментов (настройка таймаутов, ретраев с exponential backoff, паттерна Circuit Breaker, Bulkhead, graceful degradation) с обоснованием выбора и документированием в ADR.
	ИД-6 ПК-5. Проводит повторные эксперименты для подтверждения эффективности внедренных изменений и повышения отказоустойчивости.	Способен проводить повторные эксперименты в тех же условиях для подтверждения эффективности внедрённых изменений и количественной оценки повышения отказоустойчивости (снижение error rate, уменьшение p99 latency при отказах).
	ИД-7 ПК-5. Интегрирует практики регулярного тестирования устойчивости (chaos engineering) в процессы разработки и эксплуатации, включая автоматизацию базовых экспериментов в CI/CD.	Способен интегрировать практики регулярного тестирования устойчивости в процессы разработки и эксплуатации, настраивая автоматический запуск базовых chaos-экспериментов в CI/CD-пайплайне и включая результаты в Quality Gate.

4. Объем учебной дисциплины и формы контроля *

Объем занятий: всего: 4 з.е. 144 ак.ч.	ОФО, в астр. часах
Контактная работа:	54
Лекции/из них практическая подготовка	18
Лабораторных работ/из них практическая подготовка	36
Практических занятий/из них практическая подготовка	
Самостоятельная работа	36
Формы контроля	
Экзамен	54
Зачет	
Зачет с оценкой	
Расчетно-графические работы	
Курсовые работы	
Контрольные работы	

* Дисциплина (модуль) предусматривает применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	очная форма			
			Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1	Тема 1. Введение в архитектуру высоконагруженных систем. Определение high-load системы. Теорема CAP (Consistency, Availability, Partition Tolerance): формулировка, доказательство, компромиссы. Модели ACID и BASE: сравнение, области применения. Влияние выбора модели согласованности на архитектуру.	ПК-5 ид-1 ПК-5 ид-4	2		4	4

2	Тема 2. Паттерны масштабирования. Вертикальное vs горизонтальное масштабирование. Стратегии шардирования: хеш-шардирование, диапазонное, consistent hashing. CQRS (Command Query Responsibility Segregation): разделение команд и запросов, материализованные представления. Event Sourcing как расширение CQRS	ПК-5 ИД-1 ПК-5 ИД-5	2		4	4
3	Тема 3. Отказоустойчивость на уровне архитектуры. Режимы отказоустойчивости: Active-Passive (Standby), Active-Active. Геораспределение (Geo-distribution): цели, стратегии репликации (multi-master, leaderless, Quorum, Paxos/Raft). Автоматическое восстановление: health checks, failover, проблема split-brain	ПК-5 ИД-1 ПК-5 ИД-2 ПК-5 ИД-5	2		4	4
4	Тема 4. Сетевые паттерны и Load Balancing. L4 vs L7 балансировка, алгоритмы (round-robin, least connections, consistent hashing). GSLB (глобальная балансировка). API Gateway: маршрутизация, rate limiting, агрегация, аутентификация. Service Discovery: client-side vs server-side.	ПК-5 ИД-1 ПК-5 ИД-2	2		4	4
5	Тема 5. Архитектура микросервисов. Принципы микросервисной архитектуры. DDD (Domain-Driven Design): bounded contexts, агрегаты. Проблема распределённых транзакций: 2PC и его ограничения. Паттерн Saga: хореография и оркестрация. Компенсирующие транзакции, идемпотентность.	ПК-5 ИД-1 ПК-5 ИД-5 ПК-5 ИД-6	2		4	4
6	Тема 6. Базы данных в высоконагруженных системах. Репликация: синхронная vs асинхронная, single-master vs multi-master. Шардирование БД (продолжение). NoSQL типы: key-value, column-family, document, graph. Выбор SQL vs NoSQL. Сочетание SQL и NoSQL (CQRS). Консистентность в распределённых БД: Quorum, hinted handoff, read repair	ПК-5 ИД-1 ПК-5 ИД-4 ПК-5 ИД-5	2		4	4

7	Тема 7. Производительность и оптимизация. Методы измерения: RPS, latency percentiles (p50, p95, p99, p999), throughput. Кэширование: стратегии (cache-aside, read-through, write-through, write-behind), политики вытеснения (LRU, LFU, TTL). Асинхронная обработка: очереди сообщений (RabbitMQ, Kafka), паттерны (competing consumers, dead letter queue)	ПК-5 ид-1 ПК-5 ид-4 ПК-5 ид-5	2		4	4
8	Тема 8. Анализ архитектурных решений. Метод АТАМ (Architecture Tradeoff Analysis Method): цели, этапы, сценарии атрибутов качества, чувствительные точки, компромиссы. C4 model (Context, Containers, Components, Code): уровни детализации, нотация. Построение документации на основе C4.	ПК-5 ид-4 ПК-5 ИД-6 ПК-5 ИД-7	2		4	4
9	Тема 9. Мониторинг, наблюдаемость и инцидент-менеджмент. Три столпа наблюдаемости: метрики, логи, трассировка (OpenTelemetry, Jaeger). Архитектурные аспекты сбора телеметрии: propagation контекста, correlation ID. Нагрузочное тестирование: сценарии (smoke, spike, stress, soak). Интеграция chaos-экспериментов в CI/CD.	ПК-5 ид-2 ПК-5 ид-3 ПК-5 ид-4 ПК-5 ид-7	2		4	4
	Экзамен					
	ИТОГО за 1 семестр		18		36	36
	ИТОГО		18		36	36

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине (модулю) базируется на перечне осваиваемых компетенций с указанием индикаторов. ФОС обеспечивает объективный контроль достижения запланированных результатов обучения. ФОС включает в себя:

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций (включаются в методические указания по тем видам работ, которые предусмотрены учебным планом и предусматривают оценку сформированности компетенций);

- типовые оценочные средства, необходимые для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенций.

ФОС является приложением к данной программе дисциплины.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершённый раздел.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к лабораторным занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Ньюмен, С. Создание микросервисов / С. Ньюмен ; перевод с английского С. Черникова. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Питер, 2024. — 622 с. — (Бестселлеры O'Reilly). — ISBN 978-5-4461-1145-9
2. Ричардсон, К. Микросервисы : паттерны разработки и рефакторинга / К. Ричардсон ; перевод с английского С. Черникова. — Санкт-Петербург : Питер, 2024. — 544 с. — (Библиотека программиста). — ISBN 978-5-4461-0996-8
3. Клеппман, М. Проектирование систем, интенсивно работающих с данными / М. Клеппман ; перевод сообщества Vonng (DDIA). — Электронное издание. — Режим доступа: <https://github.com/Vonng/ddia>, свободный. — (Распространяется по лицензии CC BY-NC 4.0)

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Beyer, B. Site Reliability Engineering : как Google управляет production-системами / B. Beyer, C. Jones, J. Petoff, N. R. Murphy ; перевод с английского. — Распространяется по лицензии CC BY-NC-ND 4.0. — Режим доступа: <https://sre.google/books>, свободный
2. Карлсон, Дж. Redis в действии = Redis in Action / Дж. Карлсон ; перевод с английского. — Москва : ДМК-Пресс, 2019. — 340 с. — ISBN 978-5-97060-733-0
3. Majors, C. Observability Engineering : достижение production-совершенства = Observability Engineering / C. Majors, L. Fong-Jones, G. Miranda ; перевод с английского. — Распространяется по лицензии CC BY-ND. — Режим доступа: <https://github.com/observability-engineering/> or, свободный

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Архитектура и проектирование высоконагруженных и отказоустойчивых систем»

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

№	Наименование ресурса	Адрес	Описание
1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://www.elibrary.ru	Научные публикации

№	Наименование ресурса	Адрес	Описание
2	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	http://www.biblioclub.ru	Электронные учебные издания
3	ЭБС IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru	Электронные учебные издания
4	Site Reliability Engineering (Google SRE)	https://sre.google/books	Официальные материалы SRE (CC лицензия)
5	Principles of Chaos Engineering	https://principlesofchaos.org	Основные принципы Chaos Engineering
6	C4 model documentation	https://c4model.com	Документация по C4 model
7	Martin Fowler's blog	https://martinfowler.com	Статьи по архитектуре ПО
8	Microservices patterns catalog	https://microservices.io	Каталог паттернов микросервисов
9	Prometheus Documentation	https://prometheus.io/docs	Официальная документация Prometheus
10	Grafana Documentation	https://grafana.com/docs	Официальная документация Grafana
11	OpenTelemetry Documentation	https://opentelemetry.io/docs	Стандарты наблюдаемости
12	k6 Documentation	https://k6.io/docs	Документация по нагрузочному

№	Наименование ресурса	Адрес	Описание
			тестированию
13	Redis Documentation	https://redis.io/documentation	Официальная документация Redis
14	RabbitMQ Documentation	https://www.rabbitmq.com/documentation.html	Документация по очередям сообщений
15	Apache Kafka Documentation	https://kafka.apache.org/documentation/	Официальная документация Kafka
16	Docker Documentation	https://docs.docker.com/	Документация по контейнеризации
17	Kubernetes Documentation	https://kubernetes.io/ru/docs/	Документация по оркестрации (на русском)
18	Habr (DevOps / SRE)	https://habr.com/ru/hub/devops/	Профильные статьи на русском языке

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При чтении лекций используется компьютерная техника, демонстрации презентационных мультимедийных материалов. На семинарских и практических занятиях студенты представляют презентации, подготовленные ими в часы самостоятельной работы.

Информационные справочные системы:

Информационно-справочные и информационно-правовые системы, используемые при изучении дисциплины:

1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://www.elibrary.ru
---	--	---

2	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	http://www.biblioclub.ru
3	ЭБС IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
4	Официальная документация Prometheus	https://prometheus.io/docs/
5	Официальная документация Grafana	https://grafana.com/docs/
6	OpenTelemetry Documentation	https://opentelemetry.io/docs/
7	Principles of Chaos Engineering	https://principlesofchaos.org/
8	Google SRE Resources	https://sre.google/
9	Микросервисные паттерны (Richardson)	https://microservices.io/
10	C4 model documentation	https://c4model.com/

Программное обеспечение:

1.	Docker CE	Apache 2.0
2.	Kubernetes (Minikube/Kind)	Apache 2.0
3.	PostgreSQL	PostgreSQL License
4.	Apache Cassandra, MongoDB Community, Redis	Apache 2.0, SSPL, BSD
5.	RabbitMQ, Apache Kafka	MPL 2.0, Apache 2.0
6.	Prometheus, Grafana, Jaeger, OpenTelemetry	Apache 2.0, AGPL
7.	k6	AGPL
8.	Python, Go, Node.js	OSI-approved
9.	Git, VS Code, PlantUML, Mermaid	MIT, GPL, BSD

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Лабораторные работы	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и возможностью доступа к электронной информационно-образовательной среде университета

11. Особенности освоения дисциплины (модуля) лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а также в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента задания могут выполняться в устной форме.

12. Особенности реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения

Согласно части 1 статьи 16 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» под *электронным обучением* понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников. Под *дистанционными образовательными технологиями* понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Реализация дисциплины может быть осуществлена с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично. Компоненты УМК дисциплины (рабочая программа дисциплины, оценочные и методические материалы, формы аттестации), реализуемой с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, содержат указание на их использование.

При организации образовательной деятельности с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения могут предусматриваться асинхронный и синхронный способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

При применении дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в расписании по дисциплине указываются: способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (ВКС-видеоконференцсвязь, ЭТ – электронное тестирование); ссылки на электронную информационно-образовательную среду СКФУ, на образовательные платформы и ресурсы иных организаций, к которым предоставляется открытый доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет»; для синхронного обучения - время проведения онлайн-занятий и преподаватели; для асинхронного обучения - авторы онлайн-курсов.

При организации промежуточной аттестации с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения используются Методические рекомендации по применению технических средств, обеспечивающих объективность результатов при проведении промежуточной и государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры с применением дистанционных образовательных технологий (Письмо Минобрнауки России от 07.12.2020 г. № МН-19/1573-АН "О направлении методических рекомендаций").

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется с использованием электронной информационно-образовательной среды СКФУ, к которой обеспечен доступ обучающихся через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет», или с использованием ресурсов иных организаций, в том числе платформ, предоставляющих сервисы для проведения видеоконференций, онлайн-встреч и дистанционного обучения (МТС-Линк), а также с использованием возможностей социальных сетей для осуществления коммуникации обучающихся и преподавателей.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины, реализуемой с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, включает представленные в электронном виде рабочую программу, учебно-методические пособия или курс лекций, методические указания к выполнению различных видов учебной деятельности обучающихся, предусмотренных дисциплиной, и прочие учебно-методические материалы, размещенные в информационно-образовательной среде СКФУ.