

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор УрТИСИ СибГУТИ
Минина Е.А.
« 28 » 11 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.09 Теория массового обслуживания

Направление подготовки / специальность: **09.03.01 «Информатика и
вычислительная техника»**

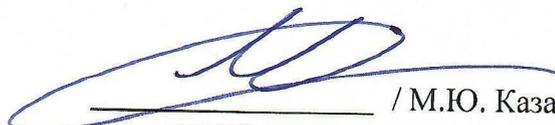
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия программного
обеспечения и искусственного интеллекта**

Форма обучения: **очная**

Год набора: 2026

Разработчик (-и):
ст.преподаватель

К.Т.Н., доцент


_____ / М.Ю. Казанцев /
подпись


_____ / Т.А. Черных /
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании информационных систем и технологий (ИСТ)

Протокол от 27.11.2025 г. № 3

Заведующий кафедрой  / Д.И. Бурумбаев /
подпись

Екатеринбург, 2025

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор УрТИСИ СибГУТИ
_____ Минина Е.А.
« ____ » _____ 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.09 Теория массового обслуживания

Направление подготовки / специальность: **09.03.01 «Информатика и
вычислительная техника»**

Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия программного
обеспечения и искусственного интеллекта**

Форма обучения: **очная**

Год набора: 2026

Разработчик (-и):
ст.преподаватель

_____ / М.Ю. Казанцев /
подпись

к.т.н., доцент

_____ / Т.А. Черных /
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании информационных систем и технологий (ИСТ)

Протокол от 27.11.2025 г. № 3

Заведующий кафедрой _____ / Д.И. Бурумбаев /
подпись

Екатеринбург, 2025

1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин/практик)
ПК 5 Способен применять математические методы для моделирования и разработки систем сбора, анализа и обработки данных с использованием современных информационных технологий	<p>ПК-5.1 Знает математические методы и средства сбора, анализа и обработки данных</p> <p>ПК 5.2 Умеет применять математические методы и средства сбора, анализа и обработки данных</p> <p>ПК 5.3 Владеет навыками применения математических методов для моделирования и разработки систем сбора, анализа и обработки данных с использованием современных информационных технологий</p>	3	<p>1 этап Б1.О.10 Структуры и алгоритмы обработки данных</p> <p>2 этап Б1.О.21 Теория вероятностей, статистика и анализ данных</p>

Форма аттестации по дисциплине – экзамен

2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1 Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Индикатор освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
ПК-5.1 Знает математические методы и средства сбора, анализа и обработки данных	Результаты теста/опроса по темам: основные понятия СМО (поток заявок, интенсивности, дисциплины обслуживания), законы распределения (экспоненциальное, Пуассона), классификация моделей (М/М/1, М/М/с, М/М/1/К, М/Г/1), показатели эффективности (L, Lq, W, Wq, ρ), формулы Литтла, условия устойчивости	не менее 70% верных ответов; корректно формулирует определения и условия применимости моделей; правильно записывает ключевые соотношения (ρ, формулы Литтла, базовые формулы для М/М/1)
ПК 5.2 Умеет применять математические методы и средства сбора, анализа и обработки данных	Выполнение практических задач: выбор адекватной модели СМО по условию, расчет характеристик (L, Lq, W, Wq, P0, Pn), анализ влияния параметров λ, μ, с, К; обработка входных данных (оценка λ, μ по наблюдениям)	верно выбрана модель и обоснован выбор; расчеты выполнены без принципиальных ошибок (допускаются мелкие арифметические неточности); результаты интерпретированы (очередь/загрузка/время ожидания) и проверены на

		здравый смысл (например, $\rho < 1$ для устойчивых систем)
ПК 5.3 Владеет навыками применения математических методов для моделирования и разработки систем сбора, анализа и обработки данных с использованием современных информационных технологий	Мини-проект в рамках практического задания: имитационное моделирование СМО (например, дискретно-событийная симуляция), сравнение теории и симуляции; использование ИТ-инструментов (Python/Matlab/Excel/AnyLogic — по курсу) для расчетов, визуализации и анализа; подготовка отчета	модель реализована и воспроизводима (скрипт/файл проекта запускается); корректно собираются метрики (средняя длина очереди/время ожидания/загрузка); есть сравнение с теоретическими значениями и вывод о расхождениях; отчет содержит постановку, параметры, результаты, графики/таблицы и выводы

Шкала оценивания.

Экзамен

5-балльная шкала	Критерии оценки
«отлично»	На экзаменационные вопросы даны полные аргументированные ответы. Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на итоговом уровне, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала по тематике: основные понятия и классификация систем массового обслуживания (СМО), потоки заявок (в т.ч. пуассоновский), характеристики обслуживания (интенсивность обслуживания, дисциплины обслуживания), показатели эффективности (вероятности состояний, загрузка ρ , средняя длина очереди и системы L/Lq , среднее время ожидания и пребывания W/Wq), формулы Литтла, условия устойчивости, расчет характеристик для типовых моделей (например, $M/M/1$, $M/M/c$, $M/M/1/K$), основы анализа и интерпретации результатов, применение математических методов и вычислительных средств для решения задач. Студент усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, свободно оперирует приобретенными знаниями и умениями, корректно выполняет расчеты и обосновывает выбор модели.
«хорошо»	На экзаменационные вопросы даны полные аргументированные ответы, но с замечаниями преподавателя. Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на среднем уровне: основные знания и умения по темам дисциплины освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения (например, в выборе модели, записи формул, промежуточных вычислениях или интерпретации показателей). Допущены ошибки при решении задач, которые не носят принципиального характера и исправляются после уточняющих вопросов.

«удовлетворительно»	На экзаменационные вопросы даны ответы со слабой аргументацией, преподаватель задал множество наводящих вопросов. Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на базовом уровне: при выполнении практических заданий и решении задач допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний по некоторым разделам (например, формулы для характеристик СМО, условия устойчивости, связь показателей L/W с λ). Студент испытывает выраженные затруднения при оперировании понятиями и методами теории массового обслуживания, но после подсказок способен частично выполнить задание.
«неудовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на уровне ниже порогового, проявляется недостаточность знаний. Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний по темам дисциплины (понятия СМО, потоки заявок, показатели эффективности, базовые модели и формулы), отсутствуют навыки решения расчетных задач и применения методов анализа

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания по дисциплине

3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

Тема и/или раздел	Формы/методы текущего контроля успеваемости
ПК 5 Способен применять математические методы для моделирования и разработки систем сбора, анализа и обработки данных с использованием современных информационных технологий	
Введение в теорию массового обслуживания для разработчика: очереди в веб сервисах, базах данных, очередях сообщений и ОС, цели моделирования и типовые метрики (latency, throughput, utilization, SLO)	Самостоятельная работа, конспект лекции
Основные элементы СМО и язык Кендалла: потоки заявок, каналы обслуживания, очереди, дисциплины обслуживания, обозначения (M/M/1, M/M/c, M/G/1), допущения и границы применимости	Самостоятельная работа, конспект лекции
Потоки заявок и пуассоновская модель: интенсивность и интервалы поступления, свойства пуассоновского потока, суперпозиция и разбиение, оценка интенсивности по логам	Самостоятельная работа, конспект лекции
Времена обслуживания и распределения: экспоненциальное, эрлангово, гиперэкспоненциальное распределения, среднее и вариативность, хвосты распределений и влияние на задержки	Самостоятельная работа, конспект лекции
СМО без очереди и с ограниченной емкостью (потери заявок): M/M/c, блокировки и отказ, Erlang B и расчет емкости, применение к call center и rate limiting	Самостоятельная работа, конспект лекции
Базовая модель очереди M/M/1: стационарность и условие устойчивости, формулы для $L/Lq/W/Wq$, закон Литтла, интерпретация для серверов и воркеров	Самостоятельная работа, конспект лекции

Многоканальные системы M/M/c: пулы потоков и connection pool, Erlang C и вероятность ожидания, расчет количества серверов по целевому SLA	Самостоятельная работа, конспект лекции
Модели с общей формой обслуживания M/G/1: формула Поллачека–Хинчина, влияние дисперсии времени обслуживания, приоритизация и практические выводы	Самостоятельная работа, конспект лекции
Дисциплины обслуживания и приоритеты: FCFS, LCFS, PS приоритетные очереди (preemptive/non-preemptive), применение к планировщикам задач и QoS	Самостоятельная работа, конспект лекции
Сети очередей и микросервисные системы: последовательные и параллельные узлы, открытые и закрытые сети Джексона (на уровне идеи), узкие места и end-to-end latency	Самостоятельная работа, конспект лекции
Имитационное моделирование очередей на Python: дискретно-событийная симуляция, SimPy основы, сбор метрик и доверительные интервалы, валидация модели по логам	Самостоятельная работа, конспект лекции
Проектирование и оптимизация производительности по модели СМО: capacity planning и autoscaling, балансировка нагрузки, backpressure и очереди сообщений, эксперименты и ограничения моделей	Самостоятельная работа, конспект лекции
Выбор метрик очередей для ИТ сервиса и формализация SLO (latency, throughput, utilization)	Практическая работа
Описание системы в терминах СМО и запись модели в нотации Кендалла для заданного кейса	Практическая работа
Оценка интенсивности поступления заявок по логам и проверка пуассоновской гипотезы	Практическая работа
Подбор распределения времени обслуживания по данным и оценка среднего и вариативности	Практическая работа
Расчет потерь в модели M/M/c и выбор емкости по целевой вероятности отказа (Erlang B)	Практическая работа
Расчет показателей M/M/1 и проверка закона Литтла на синтетических данных	Практическая работа
Подбор числа серверов в M/M/c по SLA через Erlang C и анализ чувствительности к нагрузке	Практическая работа
Оценка задержек в M/G/1 по формуле Поллачека–Хинчина и влияние дисперсии сервиса	Практическая работа
Сравнение дисциплин обслуживания (FCFS, PS, приоритеты) на примерах планировщика задач	Практическая работа
Построение простой сети очередей для микросервиса и поиск узкого места по метрикам	Практическая работа
Имитационная модель очереди в SimPy и сбор статистики ожиданий и длины очереди	Практическая работа
Мини-проект: capacity planning для сервиса (расчет ресурсов и рекомендации по оптимизации)	Практическая работа
Введение в теорию массового обслуживания для разработчика: очереди в веб сервисах, базах данных, очередях сообщений и ОС, цели моделирования и типовые метрики (latency, throughput, utilization, SLO)	Самостоятельная работа, конспект лекции
Основные элементы СМО и язык Кендалла: потоки заявок, каналы обслуживания, очереди, дисциплины обслуживания, обозначения (M/M/1, M/M/c, M/G/1), допущения и границы применимости	Самостоятельная работа, конспект лекции

Потоки заявок и пуассоновская модель: интенсивность и интервалы поступления, свойства пуассоновского потока, суперпозиция и разбиение, оценка интенсивности по логам	Самостоятельная работа, конспект лекции
Времена обслуживания и распределения: экспоненциальное, эрлангово, гиперэкспоненциальное распределения, среднее и вариативность, хвосты распределений и влияние на задержки	Самостоятельная работа, конспект лекции
СМО без очереди и с ограниченной емкостью (потери заявок): М/М/с, блокировки и отказ, Erlang B и расчет емкости, применение к call center и rate limiting	Самостоятельная работа, конспект лекции
Базовая модель очереди М/М/1: стационарность и условие устойчивости, формулы для $L/Lq/W/Wq$, закон Литтла, интерпретация для серверов и воркеров	Самостоятельная работа, конспект лекции
Многоканальные системы М/М/с: пулы потоков и connection pool, Erlang C и вероятность ожидания, расчет количества серверов по целевому SLA	Самостоятельная работа, конспект лекции
Модели с общей формой обслуживания М/G/1: формула Поллачека–Хинчина, влияние дисперсии времени обслуживания, приоритизация и практические выводы	Самостоятельная работа, конспект лекции
Дисциплины обслуживания и приоритеты: FCFS, LCFS, PS приоритетные очереди (preemptive/non-preemptive), применение к планировщикам задач и QoS	Самостоятельная работа, конспект лекции
Сети очередей и микросервисные системы: последовательные и параллельные узлы, открытые и закрытые сети Джексона (на уровне идеи), узкие места и end-to-end latency	Самостоятельная работа, конспект лекции
Имитационное моделирование очередей на Python: дискретно-событийная симуляция, SimPy основы, сбор метрик и доверительные интервалы, валидация модели по логам	Самостоятельная работа, конспект лекции
Проектирование и оптимизация производительности по модели СМО: capacity planning и autoscaling, балансировка нагрузки, backpressure и очереди сообщений, эксперименты и ограничения моделей	Самостоятельная работа, конспект лекции
Выбор метрик очередей для ИТ сервиса и формализация SLO (latency, throughput, utilization)	Практическая работа
Описание системы в терминах СМО и запись модели в нотации Кендалла для заданного кейса	Практическая работа

3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

ПК 5 Способен применять математические методы для моделирования и разработки систем сбора, анализа и обработки данных с использованием современных информационных технологий.

Цель: применить методы теории массового обслуживания для моделирования ИТ-сервиса, расчета ключевых метрик (latency/throughput/utilization) и выбора ресурсов по заданному SLO с использованием вычислительных инструментов.

Задание: Моделирование очереди обработки запросов в сервисе «API-шлюз + пул воркеров»

Задачи:

1. Постановка задачи и метрики:

- Определите метрики системы: latency (W), queueing time (W_q), throughput, utilization (ρ).
- Сформулируйте SLO (например, $P(W) \leq 200$ мс в 95% случаев или среднее $W \leq 150$ мс).
- 2. Выбор модели СМО:
 - Опишите систему в терминах СМО и запишите модель в нотации Кендалла (например, M/M/c).
 - Обоснуйте допущения (пуассоновский поток, экспоненциальное обслуживание и т.п.).
- 3. Оценка параметров:
 - По данным (логам/таблице) оцените интенсивность поступления λ и интенсивность обслуживания μ .
- 4. Расчет характеристик:
 - Рассчитайте ρ , L/L_q , W/W_q , вероятность ожидания (для M/M/c через Erlang C — если применимо).
 - Проверьте закон Литтла $L = \lambda W$.
- 5. Подбор ресурсов:
 - Подберите минимальное c (число воркеров/серверов), чтобы выполнить заданный SLO.
 - Проведите короткий анализ чувствительности (как меняются метрики при росте λ на 20%).
- 6. Валидация (по возможности):
 - Постройте простую имитационную модель в Python/SimPy и сравните результаты с расчетными.
- 7. Отчет:
 - Включите: описание модели и параметров, расчеты, вывод о выполнении SLO, рекомендации по оптимизации.

Типовые вопросы и задания к экзамену

1. Что изучает теория массового обслуживания? Примеры СМО в ИТ (веб-сервисы, БД, очереди сообщений, ОС).
2. Основные элементы СМО: поток заявок, очередь, каналы обслуживания, дисциплины обслуживания, емкость.
3. Нотация Кендалла: что означает запись вида M/M/1, M/M/c, M/G/1, M/M/1/K?
4. Пуассоновский поток: основные свойства, интенсивность λ , интерпретация в задачах по логам.
5. Распределения времени обслуживания: экспоненциальное/эрлангово/гиперэкспоненциальное. Как влияет дисперсия на задержки?
6. Условие устойчивости для M/M/1 и M/M/c. Что означает $\rho < 1$?
7. Показатели эффективности: ρ , L , L_q , W , W_q , вероятность ожидания/отказа. Физический смысл.
8. Закон Литтла: формулировка, условия применимости, примеры проверки на данных.
9. Модель M/M/1: основные формулы для $L/L_q/W/W_q$, как интерпретировать результаты для сервера.
10. Модель M/M/c: назначение Erlang C, как по SLA подобрать число каналов обслуживания.
11. СМО с потерями: Erlang B, где применяется (rate limiting, ограниченные ресурсы), как оценивать вероятность отказа.
12. Модель M/G/1: смысл формулы Поллачека–Хинчина и влияние вариативности сервиса на ожидание.
13. Дисциплины обслуживания: FCFS, LCFS, PS, приоритеты (preemptive/non-preemptive) — где применяются и как влияют на метрики.
14. Сети очередей: идея последовательных/параллельных узлов, узкое место, end-to-end latency.

15. Практическое задание: по заданным λ , μ и требуемому SLO выбрать модель (M/M/1 или M/M/c), рассчитать метрики и подобрать с.

Банк контрольных вопросов, заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации находится в учебно-методическом комплексе дисциплины и/или представлен в электронной информационно-образовательной среде по URI: <http://www.aup.uisi.ru>.

3.3. Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Перечень методических материалов для подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации:

1. Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Технологии командной разработки программного обеспечения». –URL: <http://aup.uisi.ru/4629963/>

2 Образовательная среда УрТИСИ СибГУТИ – URL: <https://moodle.uisi.ru>