

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

ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 8/1/2024

от 28.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	2	72	16	16	0		40	0	3
Итого	2	72	16	16	0	8	40	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Основы теории массового обслуживания» закладывает теоретические основы для участия выпускников в инженерных разработках в области проектировании и моделирования управляющих систем реального масштаба времени. Практические занятия закрепляют теоретический материал и формируют умения в области расчета типовых систем массового обслуживания (СМО), использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. Основные разделы курса посвящены изучению потоков событий и процессов, протекающих в СМО, видов и типов систем, анализу видов пуассоновских СМО. Также рассматриваются вопросы анализа непуассоновских систем и сетей СМО.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Основы теории массового обслуживания» является обеспечение теоретической основы для инженерных разработок выпускника в области проектирования управляющих систем реального масштаба времени.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения математических дисциплин университетских курсов математики.

Освоение данной дисциплины как предшествующей необходимо, прежде всего, для курсов Проектирование защищенных информационных систем (Secure Information Systems Design), Оценка информационных рисков в сложных системах (Information Risk Assessment in Complex Systems), всех видов практик.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Введение в теорию массового обслуживания. Основные виды пуассоновских СМО	1-8	8/8/0	Сем-8 (9), Т-8 (16)	25	КИ-8	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Анализ непуассоновских систем. Дополнительные разделы ТМО`	9-16	8/8/0	Сем-14 (9), к.р-16 (16)	25	КИ-16	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	3	З-УК-1, У-УК-1

* – 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
Т	Тестирование
КИ	Контроль по итогам
Сем	Семинар
к.р	Контрольная работа
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Введение в теорию массового обслуживания. Основные виды пуассоновских СМО	8	8	0
1 - 4	Введение в теорию массового обслуживания. Анализ пуассоновских систем Элементы систем массового обслуживания (СМО).	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		

	Математическое описание входящего потока. Простейший поток. Поток Эрланга. Гиперэкспоненциальный поток. Свойства инвариантности пуассоновского потока. Распределение времени обслуживания. Экспоненциальное распределение. Математический аппарат для анализа СМО в классе марковских процессов. Дискретные марковские цепи. Описание установившегося режима. Теорема Маркова.	0	0	0
5 - 8	Основные виды СМО и их характеристики СМО с отказами. Цель анализа, основные характеристики СМО. Многоканальные системы. СМО с ожиданием и их характеристики. Разомкнутая многоканальная СМО. Замкнутая многоканальная СМО. Распределение времени ожидания и времени пребывания в одноканальной СМО без потерь. Нахождение закона распределения времени пребывания процесса размножения в группе состояний. Средние времена пребывания для пуассоновских систем. Теорема Литтла.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Анализ непуассоновских систем. Дополнительные разделы ТМО	8	8	0
9 - 12	Анализ непуассоновских систем Анализ систем с эрланговскими и гиперэкспоненциальными распределениями. Метод вложенных цепей Маркова (метод Кендалла). Анализ СМО с пуассоновским входящим потоком и произвольным временем обслуживания. Формулы Поллячека-Хинчина. Среднее время и среднее число требований в СМО с произвольным законом обслуживания.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 16	Дополнительные разделы ТМО Сети СМО (СеМО). Распределение входящего потока в сети. Определение среднего времени пребывания в сети. Разомкнутые показательные сети. Теорема Джексона. Управление потоком требований. Дисциплины выбора заявок из очереди. Выбор закона обслуживания. Введение приоритета обслуживания.	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

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1 - 8	Анализ пуассоновских СМО СМО с отказами, СМО с ожиданием, определение среднего времени пребывания для пуассоновских систем
9 - 12	Сети СМО Анализ параметров показательных разомкнутых СеМО
13 - 16	Решение задач по анализу различных СМО Анализ различных систем массового обслуживания

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс базируется на сочетании теоретической и практической подготовки студентов. Сначала в форме лекции даются основы теории массового обслуживания, а затем в форме практического занятия (семинара) посредством решения задач проводится закрепление пройденного материала.

6. 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)
УК-1	З-УК-1	З, КИ-8, КИ-16, Т-8, к.р-16
	У-УК-1	З, КИ-8, КИ-16, Сем-8, Сем-14
	В-УК-1	КИ-8, КИ-16, Сем-8, Сем-14

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-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал

			монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А22 Advances in Queueing Theory and Network Applications : , , New York, NY: Springer New York,, 2009
2. ЭИ Д 73 Имитационное моделирование : учебное пособие для вузов, Золотарёв В. В., Древис Ю. Г., Москва: Юрайт, 2023
3. ЭИ Т 80 Моделирование сигналов и систем. Система массового обслуживания : учебное пособие, Поршнева С. В., Трухин М. П., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ Л 64 Случайные процессы — от теории к практике : учебное пособие для вузов, Лифшиц М. А., Санкт-Петербург: Лань, 2024
5. ЭИ К 31 Случайные процессы : учебник и практикум для вузов, Энатская Н. Ю., Каштанов В. А., Москва: Юрайт, 2023
6. ЭИ Р 98 Статистические методы обработки результатов измерений (с примерами в среде Mathcad) : Учебное пособие, Рябева Е.В., Москва: Буки Веди, 2019
7. ЭИ К 79 Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для вузов, Кремер Н. Ш., Москва: Юрайт, 2023
8. ЭИ Р 93 Численные методы теории очередей : учебное пособие, Рыжиков Ю. И., Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 519 Г56 Введение в теорию массового обслуживания : , Коваленко И.Н., Гнеденко Б.В., Москва: ЛКИ, 2013
2. 519 Г56 Введение в теорию массового обслуживания : , Коваленко И.Н., Гнеденко Б.В., Москва: ЛКИ, 2007
3. 519 В29 Задачи и упражнения по теории вероятностей : Учеб. пособие для вузов, Овчаров Л.А., Вентцель Е.С., Москва: Academia, 2004
4. 004 Д 73 Имитационное моделирование : учеб. пособие для вузов, Древис Ю.Г., Золотарев В.В., Москва: Юрайт, 2019
5. 519 Ф33 Методы анализа систем массового обслуживания : Учеб. пособие, Федосеев Ю.Н., М.: МИФИ, 1982
6. 519 В29 Теория вероятностей : учебник для вузов, Вентцель Е.С., Москва: Высшая школа, 2006
7. 519.2 К 66 Теория вероятностей и случайные процессы : , Синай Я. Г., Коралов Л. Б., Москва: МЦНМО, 2013
8. 519 И25 Теория массового обслуживания : учебное пособие для вузов, Коваленко И.Н., Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Москва: Либроком, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Дисциплина «Основы теории массового обслуживания» закладывает теоретические основы для участия выпускников в инженерных разработках в области проектировании и моделирования управляющих систем реального масштаба времени. Практические занятия закрепляют теоретический материал и формируют умения в области расчета типовых систем массового обслуживания (СМО), использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и

моделирования, теоретического и экспериментального исследования. Основные разделы курса посвящены изучению потоков событий и процессов, протекающих в СМО, видов и типов систем, анализу видов пуассоновских СМО. Также рассматриваются вопросы анализа непуассоновских систем и сетей СМО.

Темы лекционных занятий

Введение в теорию массового обслуживания. Анализ пуассоновских систем

Элементы систем массового обслуживания (СМО). Математическое описание входящего потока. Простейший поток. Поток Эрланга. Гиперэкспоненциальный поток. Свойства инвариантности пуассоновского потока. Распределение времени обслуживания. Экспоненциальное распределение.

Математический аппарат для анализа СМО в классе марковских процессов. Дискретные марковские цепи. Описание установившегося режима. Теорема Маркова.

Основные виды СМО и их характеристики

СМО с отказами. Цель анализа, основные характеристики СМО. Многоканальные системы. СМО с ожиданием и их характеристики. Разомкнутая многоканальная СМО. Замкнутая многоканальная СМО. Распределение времени ожидания и времени пребывания в одноканальной СМО без потерь. Нахождение закона распределения времени пребывания процесса размножения в группе состояний. Средние времена пребывания для пуассоновских систем. Теорема Литтла.

Анализ непуассоновских систем

Анализ систем с эрланговскими и гиперэкспоненциальными распределениями. Метод вложенных цепей Маркова (метод Кендалла). Анализ СМО с пуассоновским входящим потоком и произвольным временем обслуживания. Формулы Поллячека-Хинчина. Среднее время и среднее число требований в СМО с произвольным законом обслуживания.

Дополнительные разделы ТМО

Сети СМО (СеМО). Распределение входящего потока в сети. Определение среднего времени пребывания в сети. Разомкнутые показательные сети. Теорема Джексона. Управление потоком требований. Дисциплины выбора заявок из очереди. Выбор закона обслуживания. Введение приоритета обслуживания.

Темы практических занятий

Анализ пуассоновских СМО

СМО с отказами, СМО с ожиданием, определение среднего времени пребывания для пуассоновских систем

Сети СМО

Анализ параметров показательных разомкнутых СеМО.

Решение задач по анализу различных СМО

Анализ различных систем массового обслуживания.

Виды контроля

В первом разделе «Введение в теорию массового обслуживания. Основные виды пуассоновских СМО» на 8 неделе проводится тестирование студентов. Каждый вопрос теста содержит от 3 до 5 вариантов ответов. Оценка проставляется в зависимости от числа правильных ответов, их сложности и умения обосновать свой выбор.

В конце семестра на 16 неделе проводится контрольная работа, охватывающая весь материал курса. Подготовка к ней требует повторения всего теоретического материала курса. Оценка за контрольную работу выставляется преподавателем, исходя из сложности вопросов,

на которые был получен правильный ответ, количества правильных ответов и умения их обосновать.

Практические (семинарские) занятия проводятся в течение всего семестра, по три в каждом разделе.

На практические занятия выносятся задачи, которые носят установочный, наводящий характер для освоения методики решения задач по курсу в целом.

Структура практического занятия с оцениванием работы студента:

1. Изложение основных теоретических положений, используемых при решении задач текущего занятия.

2. Разбор примера решения задачи преподавателем.

Далее по каждой из задач занятия.

3. Изложение условия задачи, ответы на вопросы по условию (если есть), уточнения.

4. Решение студентом задачи.

5. Если студент получил правильный ответ - демонстрация основных моментов решения, ответы на доп. вопросы преподавателя, обсуждение решения с аудиторией.

6. Рассмотрение альтернативных вариантов решения (если есть).

7. Оценивание работы студента преподавателем в баллах.

8. Подведение итогов занятия.

Оценка знаний студента на каждом практическом занятии определяется преподавателем по следующим основным критериям:

1. Знание учебного материала в соответствии с учебной программой дисциплины – 1 балл.

2. Степень проявления творчества и самостоятельности при решении предлагаемого фрагмента задачи – 1 балл.

3. Доказательность и убедительность правильности своей позиции – 1 балл.

Итоговая оценка работы студента на практических занятиях определяется как сумма баллов за три занятия каждого раздела и подводится в конце разделов.

Формой промежуточного контроля по дисциплине является зачет.

На зачете студент получает один билет, на вопросы которого отвечает письменно. Каждый билет включает два теоретических вопроса.

Методика оценки результатов сдачи зачета

«ОТЛИЧНО» (45-50 баллов) - студент владеет знаниями предмета в соответствии с рабочей программой, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопрос билета, четко формулирует ответ и решает задачу билета в полном объеме.

«ХОРОШО» (35-44 баллов) - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценный ответ на вопрос билета; не допускает серьезных ошибок при решении задачи билета.

«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» (30-34 баллов) - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов; способен решать задачу билета не в полном объеме.

«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» (ниже 30 баллов) - студент не освоил обязательного мини-мума знаний предмета; не способен ответить на вопрос билета даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора; не может решить задачу билета.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Дисциплина «Основы теории массового обслуживания» закладывает теоретические основы для участия выпускников в инженерных разработках в области проектировании и моделирования управляющих систем реального масштаба времени. Практические занятия закрепляют теоретический материал и формируют умения в области расчета типовых систем массового обслуживания (СМО), использования основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. Основные разделы курса посвящены изучению потоков событий и процессов, протекающих в СМО, видов и типов систем, анализу видов пуассоновских СМО. Также рассматриваются вопросы анализа непуассоновских систем и сетей СМО.

Следует иметь в виду, что приобретение предусмотренных программой компетенций обеспечивается через знания, умения и навыки, получаемые в результате успешного освоения дисциплины, такие как:

- знание базовых понятий основ теории массового обслуживания;
- умение описать практическую задачу с использованием математического аппарата, обосновать выбор алгоритмов и оценить затраты вычислительных средств, используемых для решения инженерной задачи, публично представлять полученные результаты и вести дискуссию;
- владение навыками анализа и применения изученных алгоритмов в реализации прикладных задач, расчета основных систем массового обслуживания.

В первом разделе «Введение в теорию массового обслуживания. Основные виды пуассоновских СМО» на 8 неделе проводится тестирование студентов. Каждый вопрос теста содержит от 3 до 5 вариантов ответов. Оценка за тест выставляется преподавателем с учетом сложности вопросов.

В конце семестра на 16 неделе проводится контрольная работа, охватывающая весь материал курса. Оценка за контрольную работу выставляется преподавателем, исходя из сложности вопросов, на которые был получен правильный ответ, количества правильных ответов и умения их обосновать.

Практические (семинарские) занятия проводятся в течение всего семестра, по три в каждом разделе.

На практические занятия выносятся задачи, которые носят установочный, наводящий характер для освоения методики решения задач по курсу в целом.

Оценка знаний студента на каждом практическом занятии определяется преподавателем по следующим основным критериям:

1. Знание учебного материала в соответствии с учебной программой дисциплины – 1 балл.
2. Степень проявления творчества и самостоятельности при решении предлагаемого фрагмента задачи – 1 балл.
3. Доказательность и убедительность правильности своей позиции – 1 балл.

Итоговая оценка работы студента на практических занятиях определяется как сумма баллов за три занятия каждого раздела и подводится в конце разделов.

Формой промежуточного контроля по дисциплине является зачет.

На зачете студент получает один билет, на вопросы которого отвечает письменно. Каждый билет включает два теоретических вопроса.

Автор(ы):

Заева Маргарита Анатольевна

Рецензент(ы):

Древс Ю.Г., д.т.н., профессор