

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 № 8/1/2024

от 28.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
АНАЛИЗ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 01.03.02 Прикладная математика и информатика

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
6	3	108	30	0	15		18-27	0	Э
Итого	3	108	30	0	15	15	18-27	0	

АННОТАЦИЯ

Курс ориентирован на подготовку студентов в области разработки современных информационно-измерительных и управляющих систем, интегрирует в себе изучение основ теории случайных процессов, а также теории массового обслуживания.

В курсе проводится анализ динамики поведения дискретных и непрерывных марковских процессов, рассматривается методика оценки установившихся вероятностей состояний.

Приводится классификация систем массового обслуживания (СМО). Определяются показатели эффективности функционирования СМО. Проводится анализ динамики и оценка показателей эффективности марковских СМО с: отказами, ожиданием, ограниченным временем ожидания, взаимопомощью между каналами обслуживания, восстановлением, ошибками в обслуживании, наложением сигналов, отказывающими каналами, приоритетами, замкнутых СМО.

Анализируется поведение систем с непуассоновскими потоками событий, рассматриваются методы расчета вероятностей состояний и показателей эффективности немарковских СМО. Рассматривается технология моделирования поведения СМО с помощью метода Монте-Карло.

Данный курс включает в себя лабораторный практикум, в рамках которого отрабатываются навыки по моделированию поведения и определению показателей целевой эффективности систем массового обслуживания.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются освоение студентами научных основ теории массового обслуживания и выработка устойчивых навыков по решению практических задач.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Освоение дисциплины предшествует изучению курсов и практикумов, которые требуют знаний, умений и навыков в области организации и планирования производственной деятельности; современных методов планирования и организации исследований и разработок, определения экономической эффективности внедрения новой техники и технологии. При изучении данной дисциплины используется математический аппарат, традиционно применяемый в высшей школе: методы линейной алгебры, теория вероятностей, теория графов.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или)	З-ОПК-1 [1] – знать естественнонаучные методы познания окружающего мира, знать фундаментальный математический аппарат; У-ОПК-1 [1] – уметь применять естественнонаучные и

естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	математические методы исследования различных явлений, процессов и задач В-ОПК-1 [1] – владеть навыками исследования различных явлений и процессов с использованием естественнонаучного и математического подхода
--	---

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
научно-исследовательский			
анализ и математическое моделирование физических процессов	системы ядерно-энергетического комплекса	ПК-2 [1] - Способен понимать, применять и совершенствовать современный математический аппарат <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-2[1] - знать современный математический аппарат, используемый при описании, решении и анализе различных прикладных задач; У-ПК-2[1] - использовать современный математический аппарат для построения математических моделей и алгоритмов решения различных прикладных задач; В-ПК-2[1] - владеть навыками применения современного математического аппарата для построения математических моделей различных процессов, для обработки экспериментальных, статистических и теоретических данных, для разработки новых алгоритмов и методов исследования задач различных типов

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного

		мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение

		кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Раздел 1. Непрерывные и дискретные случайные процессы. Анализ показателей эффективности СМО	1-8	15/0/8	ЛР-8 (14)	14	КИ-8	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Моделирование поведения и анализ СМО	9-15	15/0/7	ЛР-12 (10), ЛР-14 (20), к.р-15 (10)	40	КИ-15	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/0/15		54		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				46	Э	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-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
ЛР	Лабораторная работа
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	0	15
1-8	Раздел 1. Непрерывные и дискретные случайные процессы. Анализ показателей эффективности СМО	15	0	8
1	Введение Классификация и обзор случайных процессов. Стационарные, независимые, марковские, полумарковские процессы, процессы гибели и размножения, случайные блуждания, процессы восстановления.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Анализ динамики поведения дискретных марковских процессов Пространство состояний системы. Эволюция систем. Марковские цепи. Дискретные марковские процессы. Классификация состояний. Оценка состояния системы. Матрица условных вероятностей переходов. Использование графов для представления марковских дискретных процессов. Предельный вектор. Асимптотическое поведение неэргодических систем.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 5	Анализ динамики поведения непрерывных марковских процессов Непрерывные марковские процессы. Потoki событий. Простейший поток и его свойства. Потoki Пальма. Поток Эрланга k-го порядка и его свойства. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний системы. Использование графов для представления марковских процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем. Оценка установившихся вероятностей состояний. Уравнения Ланчестера.	Всего аудиторных часов		
		6	0	4
		Онлайн		
		0	0	0

6	Анализ показателей эффективности СМО Предмет теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания (СМО). Показатели эффективности функционирования систем.	Всего аудиторных часов		
		3	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Моделирование поведения и анализ СМО	15	0	7
7 - 11	Анализ сложных систем с помощью теории массового обслуживания Анализ систем массового обслуживания с отказами. Анализ систем массового обслуживания с ожиданием. Системы с ограниченным временем ожидания. Системы массового обслуживания со взаимопомощью между каналами обслуживания. Замкнутые системы массового обслуживания. Системы с восстановлением. Системы массового обслуживания с ошибками в обслуживании. Системы с наложением сигналов. Системы с отказывающимися каналами. Системы с приоритетами.	Всего аудиторных часов		
		7	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Анализ систем с непуассоновскими потоками событий Приближенное сведение немарковских процессов к марковским. Метод “псевдосостояний”. Расчет вероятностей состояний систем с непуассоновскими потоками.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Моделирование поведения СМО Метод статистических испытаний. Моделирование поведения и анализ показателей эффективности систем массового обслуживания с ограниченной очередью, с ограниченным временем ожидания, с отказывающимися каналами, замкнутых СМО с помощью метода Монте-Карло.	Всего аудиторных часов		
		4	0	3
		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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
8	Лабораторная работа №1 Расчёт показателей эффективности систем массового обслуживания
11	Лабораторная работа №2 Моделирование систем массового обслуживания на основании заданных критериев
14	Лабораторная работа №3

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дидактической основой выполнения лабораторного практикума по дисциплине является метод учебного проектирования, предусматривающий:

- получение студентами теоретических знаний в ходе лекций и при самостоятельной работе с материалами учебных пособий, размещенных в библиотеке университета;
- формирование навыков применения сведений теоретического и аналитического характера при решении конкретных задач в ходе проведения контрольно-измерительных мероприятий по разделам курса.

При проведении лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов используется компьютерная обучающая система, интегрированная в информационно-обучающую web-среду. Компьютерная обучающая система выполняет следующие функции: обеспечение доступа студентов к учебно-методическим материалам, предъявление лабораторных и домашних заданий и их проверку, проведение контрольно-тестовых мероприятий.

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-1	З-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, ЛР-12, ЛР-14, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, ЛР-12, ЛР-14, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, ЛР-12, ЛР-14, к.р-15
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, ЛР-12, ЛР-14, к.р-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, ЛР-12, ЛР-14, к.р-15
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15, ЛР-8, ЛР-12, ЛР-14, к.р-15

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»	B	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		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ С 60 Исследование операций в задачах программной инженерии : учебное пособие, Тишина Н. А. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2019
2. ЭИ Г 69 Исследование операций. Практикум для студентов технических и экономических специальностей вузов : учебное пособие, Додонова Н. Л., Горлач Б. А., Санкт-Петербург: Лань, 2021
3. ЭИ Р 93 Численные методы теории очередей : учебное пособие, Рыжиков Ю. И., Санкт-Петербург: Лань, 2019

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 519 Г56 Введение в теорию массового обслуживания : , Коваленко И.Н., Гнеденко Б.В., Москва: ЛКИ, 2013
2. 519 В29 Исследование операций : , Вентцель Е.С., М.: Сов. радио, 1972
3. 519 В29 Исследование операций: задачи, принципы, методология : учебное пособие, Вентцель Е.С., Москва: Кнорус, 2010
4. 681.5 К61 Лабораторный практикум по курсу "Методы анализа сложных систем" : Учеб. пособие, Модяев А.Д., Колобашкина Л.В., М.: МИФИ, 1992
5. 519 О-35 Прикладные задачи теории массового обслуживания : , Овчаров Л.А., М.: Машиностроение, 1969

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Программный комплекс по курсу "Анализ систем массового обслуживания" (В-416)

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<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 помимо лекционных и практических занятий выполнение 3-х лабораторных работ, а также контрольную работу на 15 неделе. Текущий контроль успеваемости проводится после каждой рассмотренной темы в виде контрольно-измерительных мероприятий, заключающихся в решении на компьютерах индивидуальных задач методами, рассмотренными на лекциях, и пошаговом контроле решения. Зачет по теме ставится в случае, если решение доведено до конца, а количество допущенных в процессе него ошибок не превышает заранее оговоренного.

На восьмой неделе полусеместровый контроль проставляется на основании результатов контрольно-измерительных мероприятий, проведенных к данному времени.

В конце семестра студент сдает экзамен по курсу.

Контрольные задания к лаб. раб. №1

1. Определить по размеченному графу состояний тип СМО в соответствии с вариантом задания.

2. Разметить граф состояний СМО на основании указанного типа системы, интенсивности потока заявок и производительности каналов обслуживания.

3. Определить в соответствии с вариантом задания показатели эффективности СМО: относительную и абсолютную пропускные способности; среднее число заявок в очереди и системе, среднее число занятых каналов; среднее время пребывания заявки в очереди и в системе.

4. Ответить на вопросы на физический смысл показателей эффективности СМО.

Контрольные задания к лаб. раб. №2

1. В соответствии с вариантом задания провести моделирование двух СМО (определить тип СМО, число каналов, число мест в очереди и т.д.), удовлетворяющих заданным критериям.

2. Определить показатели эффективности СМО с непуассоновскими потоками заявок.

Контрольные задания к лаб. раб. №3

1. Методом Монте-Карло провести моделирование немарковских СМО четырех типов и определить показатели их эффективности:

- СМО с очередью;
- СМО с отказывающими каналами;
- СМО с ограниченным временем ожидания в очереди;
- замкнутой СМО.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В начале изложения данного курса рекомендуется дать классификацию случайных процессов и характеристику каждого из основных типов процессов, затем перейти к подробному рассмотрению наиболее часто встречающихся процессов – марковских. Далее целесообразно определить характерные отличия марковских процессов с дискретным и непрерывным временем.

При изложении материала, касающегося дискретных марковских случайных процессов рекомендуется обратить внимание студентов на расчет предельного вектора вероятностей состояний. Лучше всего рассмотреть по этой теме несколько задач.

Перед тем как перейти к изложению материала, касающегося непрерывных марковских процессов, целесообразно остановиться на характеристиках и свойствах простейших потоков событий, потоков Пальма и потоков Эрланга, поскольку они являются основополагающими при изучении теории массового обслуживания.

После рассмотрения марковских процессов с непрерывным временем рекомендуется перейти к изложению теории массового обслуживания, при этом вначале остановиться на предмете теории массового обслуживания, классификации систем массового обслуживания (СМО), показателях эффективности функционирования систем. Далее подробно рассматриваются основные виды СМО: одноканальная и многоканальная системы с отказами; одноканальная и многоканальная системы с ограниченной и неограниченной очередью; системы с ограниченным временем ожидания; замкнутые СМО; системы массового обслуживания с взаимопомощью между каналами; СМО с непуассоновскими потоками событий; системы с ошибками в обслуживании; системы с наложением сигналов; системы с восстановлением; системы с приоритетами в обслуживании.

Рекомендации

1. При изложении теории массового обслуживания необходимо обращать внимание на физический смысл величин, зная его, у студентов не возникнет трудностей при решении задач по данной теме.

2. При изложении теории массового обслуживания следует обратить внимание на отличие в расчете показателей эффективности систем массового обслуживания с ошибками и систем с наложением сигналов, когда возникает ошибка в результате этого наложения.

3. При изложении материала, связанного с анализом систем массового обслуживания с помощью метода Монте-Карло, рекомендуется обратить внимание на специфику экспериментальных методов расчета показателей эффективности для систем с очередью, систем с отказывающими каналами, СМО с ограниченным временем ожидания и замкнутых СМО.

Автор(ы):

Колобашкина Любовь Викторовна