

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМИ КарНЦ РАН)**



УТВЕРЖДАЮ

Врио директора ИПМИ КарНЦ РАН

д.ф.-м.н.

В.В. Мазалов

2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей

Основной образовательной программы
профессионального образования (аспирантуры)

Направление подготовки:

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль:

05.13.18 Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения

очная

Петрозаводск 2015

Составители рабочей программы
В.н.с., проф., д.ф.-м.н.
(должность, ученое звание, ученая степень)


(подпись)

Морозов Е.В.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН

«28» августа 2015 г., протокол № 7

Председатель Ученого совета
Д.ф.-м.н., проф.


В.В. Мазалов

1 Цели освоения дисциплины

1.1 Целями освоения дисциплины «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей» являются знакомство с основными понятиями современной теории случайных процессов, освоение основных технических приемов вероятностного анализа решения задач, освоение методов вероятностного моделирования прикладных задач, в первую очередь, в области теории коммуникационных систем.

1.2 Виды профессиональной деятельности:

- научно-исследовательская деятельность;
- проектная деятельность.

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, в соответствии с данными видами профессиональной деятельности, готов решать следующие профессиональные задачи:

- подготовка научных и научно-технических публикаций;
- изучение и разработка алгоритмов программных комплексов с использованием методов вероятностного моделирования;
- планирование процессов и ресурсов для решения задач в области прикладной математики и информатики;
- формирование навыков использования вероятностных методов моделирования в самостоятельной научно-исследовательской, педагогической и производственно-технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования (в первую очередь, в области теории коммуникационных систем).

2. Место дисциплины в структуре ООП аспиранта

Дисциплина «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей» является вариативной согласно учебному плану ООП по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Процесс изучения дисциплины «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей» направлен на формирование следующих компетенций: ОПК 1, ПК 6, ПК 7, УК 1, УК 3, УК 6.

3. Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение данной дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант приобретает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации)	Структура компетенции	Дескрипторы (уровни) - основные признаки освоения (показатели достижения результата)		Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	ОПК 1	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты вероятностного моделирования, классификации систем и сетей.	
			Пороговый (базовый) уровень	основные методы принятия решений, основные принципы математического вероятностного моделирования.	
		Уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения
			Повышенный	грамотно использовать	

		междисциплинарных областях	(продвинутый) уровень	вероятностный анализ в научных исследованиях	практических задач.
			Пороговый (базовый) уровень	решение конкретных практических задач	
		Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Владеть основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами статистической обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа с помощью современных программных комплексов.	
Способность к разработке новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей на основе экспериментальных данных	ПК 6	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты математического моделирования и вероятностного анализа	
			Пороговый (базовый) уровень	Классификация коммуникационных моделей систем и сетей,	

				основные методы принятия решений, основные принципы вероятностного моделирования и анализа	
	Уметь: вести научно-исследовательскую деятельность совместно с российскими и международными исследовательскими коллективами	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для постановки и решения новых практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.	
		Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать модели систем и сетей в научных исследованиях		
		Пороговый (базовый) уровень	решение конкретных задач		
	Владеть: основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента, статистическими методами оценивания вероятностных характеристик с помощью современных программных комплексов.	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: организационными, коммуникативными навыками позволяющими осуществлять работу в российских и международных исследовательских коллективах	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.	
		Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента		
		Пороговый (базовый) уровень	основными методами статистической обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа с помо-		

				щью современных программных комплексов.	
Способность к разработке программного обеспечения и алгоритмов интерпретации эксперимента на основе его математической модели	ПК 7	Знать: текущее положение современных научных достижений.	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно- исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных сетей	
			Пороговый (базовый) уровень	основные методы принятия решений, основные принципы вероятностного анализа	
		Уметь: принимать мотивированное решение в стандартных и нестандартных ситуациях	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для постановки и решения новых практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно- исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать вероятностный анализ в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решения конкретных задач	
		Владеть: навыками	Высокий	Владеть основными	Посещение лекций,

		принятия решений и способность нести ответственность за принятие решения	(превосходный) уровень	методами научных исследований	семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	статистической обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа с помощью современных программных комплексов	
Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	УК 1	Знать: текущее положение современных научных достижений, методику проведения вычислительных экспериментов и составления математических моделей, реализацию численных методов и комплексов программ.	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования	
			Пороговый (базовый) уровень	основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия	

				решений	
		Уметь: проводить вычислительные эксперименты, разрабатывать математические модели, алгоритмы численных методов и использовать программные среды для математического моделирования и вероятностного анализа, применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать математические модели в научных исследованиях	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать модели коммуникационных систем в научных исследованиях.	
			Пороговый (базовый) уровень	решение конкретных практических задач	
		Владеть: навыками обработки информации проведенных экспериментов и анализа полученных данных, основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента,	Высокий (превосходный) уровень	Владеть основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	Владеть статистическими навыками обработки экспериментальных данных с помощью современных	

		статистическими методами оценивания вероятностных характеристик с помощью современных программных комплексов		программных комплексов.	
Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	УК 3	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования	
			Пороговый (базовый) уровень	основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений	
		Уметь: генерировать новые идеи при реше-	Высокий (превосходный)	Уметь: применять полученную	Посещение лекций, семинаров, участие в

		нии исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	уровень	теоретическую базу для решения конкретных практических задач	научно- исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать математические модели коммуникацион- ных систем в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решение конкретных практических задач	
		Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Владеть основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно- исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами обработки экспериментальных данных и их вероят- ностного анализа с помо- щью современных программных комплексов.	
Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	УК 6	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных	Посещение лекций, семинаров, участие в научно- исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения

				систем и сетей»	практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования	
			Пороговый (базовый) уровень	основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений	
		Уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать математические модели коммуникационных систем в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решение конкретных практических задач	
		Владеть: способностью к критическому анализу	Высокий (превосходный)	Владеть основными методами научных	Посещение лекций, семинаров, участие в

		и оценке современных научных достижений	уровень	исследований	научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа с помощью современных программных комплексов.	

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

4.1 Объем дисциплины:

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	72
в том числе:	
лекции	36
семинары	-
практические занятия	27
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	9
Вид контроля по дисциплине	зачет

4.2 Лекционные занятия

№ те мы	Название раздела/темы дисциплины	Технология проведения	Формир уемые компете нции (код)	Форма оценочных средств	Трудоем (час.)
1	Основные результаты и методы теории вероятностей	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	УК 3	коллоквиум	2
2	Основные классы случайных процессов	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 7	собеседова ние	6

3	Марковская теория очередей	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ОПК 1	коллоквиум	4
4	Функциональные теоремы	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	УК 1	собеседование	2
5	Регенерирующие процессы	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 6	коллоквиум	4
6	Полумарковские системы	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 7	собеседование	1
7	Системы общего вида	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	УК 3	коллоквиум	2

8	Сеть Джексона	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ОПК 1	собеседование	2
9	Гауссовские системы	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	УК 6	коллоквиум	2
10	Регенеративное моделирование	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	УК 1	собеседование	1
11	Долгая память и самоподобие	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 6	коллоквиум	6
12	Эффективная пропускная способность	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 7	собеседование	4
Итого:					36

4.3 Практические занятия

№ те мы	Тематика практических занятий	Технология проведения	Формир уемые компетенции (код)	Форма оценочных средств	Трудоем (час.)
1	Основные результаты и методы теории вероятностей	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	УК 3	Лабораторная работа	2
2	Основные классы случайных процессов	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	ПК 7	Лабораторная работа	2
3	Марковская теория очередей	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	ОПК 1	Лабораторная работа	3
4	Функциональные теоремы	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	УК 1	Лабораторная работа	3
5	Регенерирующие процессы	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	ПК 6	Лабораторная работа	3
6	Полумарковские системы	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	ПК 7	Лабораторная работа	2
7	Системы общего вида	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	УК 3	Лабораторная работа	2
8	Сеть Джексона	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	ОПК 1	Лабораторная работа	2
9	Гауссовские системы	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	УК 6	Лабораторная работа	2
10	Регенеративное моделирование	Лабораторный практикум,	УК 1	Лабораторная работа	3

		консультация по решению задач			
11	Долгая память и самоподобие	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	ПК 6	Лабораторная работа	2
12	Эффективная пропускная способность	Лабораторный практикум, консультация по решению задач	ПК 7	Лабораторная работа	2
	Итого:				27

5. Содержание дисциплины:

Тема №1 Основные результаты и методы теории вероятностей

Напоминаются основные факты основного курса теории вероятностей и математической статистики

Темы №2 Основные классы случайных процессов

Обсуждаются определения и основные свойства марковских процессов, процессов восстановления, гауссовских процессов, процессов накопления

Тема №3 Марковская теория очередей

Рассматриваются основные марковские модели коммуникационных систем, включая процесс загрузки, процесс очереди, приоритетные и ненадежные системы, стационарное распределение.

Тема №4 Функциональные теоремы

Рассматриваются функциональные предельные теоремы для независимых одинаково распределенных величин: функциональная ЦПТ и функциональный закон больших чисел

Тема №5 Регенерирующие процессы

Подробно рассматриваются свойства регенерирующих процессов в дискретном и непрерывном времени, их применения для вывода различных средних характеристик в стационарном режиме системы обслуживания, условия стационарности систем, регенеративная структура процессов обслуживания.

Тема №6 Полумарковские системы

Рассматриваются системы, в которых процесс очереди не является марковским но существует вложенная марковская цепь, дается анализ стационарной вложенной цепи.

Тема №7 Системы общего вида

Выводится уравнение Линдли для процесса ожидания в односерверной системе общего вида, обсуждается условие стационарности.

Тема № 8 Сеть Джексона

Рассматривается сеть Джексона и доказывается теорема Джексона.

Тема №9 Гауссовские системы

Даются основные понятия гауссовских систем обслуживания, рассматривается асимптотика вероятности переполнения такой системы.

Тема №10 Регенеративное моделирование

Изучается эффективный метод имитационного моделирования и оценивания характеристик процессов с зависимыми значениями на циклах регенерации, являющийся развитием классического метода Монте-Карло.

Тема № 11 Долгая память и самоподобие

Изучаются свойства долгой памяти и самоподобия (фрактальности) сетевых процессов, порожденных суммарным потоком от многих пользователей.

Тема №12 Эффективная пропускная способность

Изучаются основные понятия теории эффективной пропускной способности (ЭПС) систем обслуживания, рассматриваются конкретные примеры расчета ЭПС.

6 Контроль знаний аспирантов

6.1 Формы текущего контроля работы аспирантов:

- 1) Коллоквиум
- 2) Собеседование
- 3) Дискуссия
- 4) Доклад
- 5) Лабораторная работа

6.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

6.3 Вопросы для зачета по дисциплине «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей»:

1. Теорема Колмогорова и существование процесса, примеры.
2. Определение случайного процесса, пространство непрерывных траекторий и без разрывов 2-го рода.
3. Слабая сходимость распределений (непрерывность, контрпример).
4. Дискретные марковские цепи, основные определения и факты.
5. Марковский процесс в непрерывном времени, времена пребывания, Пуассоновский процесс, уравнения Колмогорова.
6. Процесс восстановления, элементарная теорема восстановления, усиленный ЗБЧ, ЦПТ, ФЦПТ, стационарный процесс восстановления, парадокс времени восстановления.
7. Марковские сети (Джексона), определение, уравнение баланса, определение потенциальных интенсивностей как пределов, стационарность/нестационарность. Теорема Джексона (фрагмент док-ва), модифицированное уравнение баланса и модификация теоремы Джексона для случая наличия перегруженных узлов, контрпример к пуассоновскому характеру потоков.
8. Замкнутая экспоненциальная сеть, стационарное решение, проблема нормализующей константы.
9. Регенерирующие процессы, основные свойства, примеры (формула Литтла, формула Поллачека-Хинчина), распределение стационарного времени восстановления, свойство PASTA.
10. Регенеративное доверительное оценивание.

10. Регенеративное доверительное оценивание.
 11. Проблема оценивания редких событий, определение IS, асимптотически эффективный IS, отношение правдоподобия, примеры.
 12. Применения IS к анализу времени ожидания в системе G/G/1 и к системе M/M/1.
 13. Большие отклонения (БУ), постановка задачи, rate function, теорема Чернова (док-во), теорема Крамера, следствие, контрпример (к условиям т. Крамера).
 14. Применения теории БУ к анализу процессов обслуживания, соотношение Линдли, связь со случайным блужданием, основная теорема, приложения к системе M/M/1 (к разным стационарным процессам).
 15. Самоподобие (фрактальность): определения, параметр Херста, свойства ковариационной функции, ее асимптотика, фрактальное броуновское движение и фрактальный броуновский шум, вычисление ковариационной функции.
 16. Долговременная зависимость: связь с самоподобием, параметр Херста, Renewal rate process, пример долговременной зависимости, ФЦПТ для ON/OFF процессов, фрактальный броуновский трафик.
- Применения теории БУ к процессам с долгой памятью.

6.4 Критерии оценки промежуточной аттестации аспирантов:

Критерии оценки зачета	
«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику, свободно ориентируется в материале курса. Аспирант успешно справляется с практическим заданием.
«не зачтено»	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий, плохо ориентируется в материале курса. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не способен выполнить практическое задание.

6.5 Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение №1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

Морозов Е.В. Теория вероятностей Часть 2. Изд-во ПетрГУ, 2009.

7.2 Дополнительная литература

1. Морозов Е.В. Теория вероятностей Часть 1. Изд-во ПетрГУ, 2005.
2. Е. Morozov Учебник "Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004.
3. Ширяев А.Н. Вероятность. А.Н. Ширяев. М.: Наука, 1989.
4. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1986.

5. E. Morozov. «Elements of Queueing Theory», Petrozavodsk University Press, 1998.
6. E. Morozov (2002). Elements of Queueing Theory with Applications to Communication Networks, Lecture Notes, The Graduate School of University of Helsinki, 2002.
8. А.Боровков. Вероятностные процессы в теории массового обслуживания, М. Наука, 1972.
9. А.Боровков. Асимптотические методы в теории массового обслуживания, М., Наука, 1980.
10. S. Asmussen Applied Probability and Queues, Springer. 2003.
11. K. Sigman, Queues as Harris recurrent Markov chains, Queueing Systems 3 (1988) 179-198.
12. K. Sigman and R. W. Wolff, A review of regenerative processes, SIAM Review 35 (1993) 269-288.
13. H. Thorisson, Coupling, Stationarity, and Regeneration, Springer, NY, 2000 1
14. S.Ross, Simulation 4th edition, 2006, Elsevier.

7.3 Интернет-ресурсы

сообщаются студентам в начале курса

8 Перечень программного обеспечения

- 1) R Project (для статистических вычислений)
- 2) Пакеты обработки и анализа данных
- 3) Средства подготовки и просмотра публикаций (LaTeX, Word)

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, доска, доступ к Интернет-ресурсам.

10 Особенности организации образовательного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями осуществляется в соответствии с:

1. ст.79, 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»
2. Раздел IV, п.п. 46-51 приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»
3. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А.Климовым от 08.04.2014 г. № АК-44/05 вн)

Содержание фонда оценочных средств

Коллоквиум

Вопросы к коллоквиуму:

1. Теорема Колмогорова.
2. Слабая сходимость распределений.
3. Дискретные марковские цепи
4. Марковский процесс в непрерывном времени
5. Пуассоновский процесс, уравнения Колмогорова.
6. Стационарный процесс восстановления, парадокс времени восстановления.
7. Замкнутая экспоненциальная сеть, стационарное решение.
8. Регенерирующие процессы, основные свойства, примеры
9. Формула Литтла, формула Поллачека- Хинчина
10. Свойство PASTA.
11. Большие уклонения (БУ), постановка задачи, rate function.
12. Теорема Чернова (док-во), теорема Крамера, следствие, контрпример (к условиям т. Крамера).
13. Применения теории БУ к анализу процессов обслуживания, соотношение Линдли.
14. Самоподобие (фрактальность).
15. Долговременная зависимость: связь с самоподобием, параметр Херста, Renewal rate process, пример долговременной зависимости.
16. ФЦПТ для ON/OFF процессов, фрактальный броуновский трафик.

Критерии оценки коллоквиума:

«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику.
«не зачтено»	Ставится, если аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не отвечает на дополнительные вопросы.

Собеседование

Вопросы к собеседованию:

1. Свойства марковских процессов. Процессы восстановления и накопления.
2. Функциональная ЦПТ и функциональный ЗБЧ.
3. Стационарная вложенная цепь Маркова.

4. Сети Джексона. Теорема Джексона.
5. Проблема оценивания редких событий. Регенеративный метод имитационного моделирования как модификация классического метода Монте-Карло.
6. Эффективная пропускная способность: постановка задачи, примеры для М/М/1.

Критерии оценки собеседования:

«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику, способен привести примеры, демонстрирующие теорию.
«не зачтено»	Ставится, если аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий. Излагает материал неуверенно, ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не отвечает на дополнительные вопросы и не ориентируется свободно в излагаемом вопросе.

Доклад

Темы докладов:

Тема №1. Логарифмическая функция моментов. Преобразование Лежандра, основные свойства. Пример для ММ1.

Тема №2. Принцип больших уклонений и его применение в теории эффективной пропускной способности.

Тема №3. Проблема расчета ЭПС (общая постановка, примеры).

Тема №4. Регенеративное оценивание ЭПС.

Тема №5. Регенерирующие процессы (определение, свойства, примеры).

Критерии оценки доклада:

«зачтено»	Ставится, если аспирант раскрывает тему доклада логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание темы. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику и свободно ориентируется в материале.
«не зачтено»	Ставится, если аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий по теме доклада. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не раскрывает тему доклада и не отвечает на дополнительные вопросы.

Дискуссия

Темы для дискуссии:

Тема №1. Процессы восстановления: определение, основные свойства, применение.

Тема №2. Процессы накопления: определение, основные свойства, применение.

Тема №3. Дискретные марковские цепи: определения, примеры использования.

Тема №4. Анализ стационарной вложенной цепи Маркова.

Тема №5. Уравнение Линдли для процесса ожидания в односерверной системе.

Тема №6. Формула Поллачека- Хинчина. Пример применения.

Тема №7. Применение теории БУ к процессам с долгой памятью.

Критерии оценки дискуссии:

«зачтено»	Ставится, если аспирант раскрывает тему дискуссии логично, обнаруживает глубокое знание темы. Уверенно отвечает на вопросы, грамотно обосновывает свою позицию. При ответе свободно и уверенно ориентируется в материале.
«не зачтено»	Ставится, если аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий по теме дискуссии. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не раскрывает тему дискуссии, не отвечает на вопросы, не обосновывает свою позицию по теме дискуссии.

Лабораторные работы

Задания к лабораторным работам:

1. Выполнить упражнения № 1- №4 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 16)
2. Выполнить упражнения № 5- №8 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 17)
3. Выполнить упражнения №1- №4 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 27)
4. Выполнить упражнения №5- №8 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 28)
5. Выполнить упражнения №9- №12 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 29)
6. Выполнить упражнения №1- №3 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 37)
7. Выполнить упражнения №4- №6 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 37)
8. Выполнить упражнения №1- №3 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 49)
9. Выполнить упражнения №2- №4 из учебника Е. Morozov Учебник “Communications systems: rare event simulation and effective bandwidths», Universidad Publica de Navarra, 2004. (стр. 49)

10. Рассчитать ЭПС узла в системе М/М/1, привести пример вычислительного эксперимента для разных значений параметров (размер буфера, вероятность переполнения).

11. Реализовать вычислительный эксперимент построения регенеративной оценки ЭПС в системе М/М/1.

Критерии оценки лабораторной работы:

«зачтено»	Ставится, если аспирант предоставляет выполненную лабораторную работу (оформленное полное решение задач с правильным ответом и/или оформленные результаты моделирования). Аспирант способен прокомментировать этапы решения заданий. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы по теме лабораторной.
«не зачтено»	Ставится, если аспирант не справляется с выполнением лабораторной работы (нет полного решения всех заданий, часть задач решена неверно, не выполнено моделирование). Аспирант не способен прокомментировать решение заданий, не отвечает на сопутствующие теме лабораторной работы вопросы.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

за _____ / _____ учебный год

В рабочую программу _____
(наименование дисциплины)

Для специальности (тей) _____
(номер специальности)

Вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, ФИО, подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ
РАН

«___» _____ 20___ г.

Председатель Ученого совета

(подпись)

(ФИО)