

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИПМИ КарНЦ РАН

*Мазалов*  
*20 мая*  
д.ф.-м.н.  
В.В. Мазалов  
2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**Анализ стационарности коммуникационных систем**

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

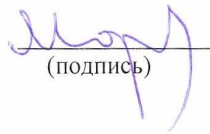
Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения  
очная

Петрозаводск 2014

Составители рабочей программы

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

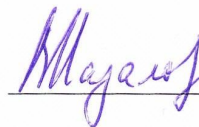
  
(подпись)

Морозов Е.В.  
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН

«22» мая 2014 г., протокол № 6

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



В.В. Мазалов

## **1. Цели освоения дисциплины**

1.1 **Целями** освоения дисциплины «Анализ стационарности коммуникационных систем» знакомство с основными понятиями современной теории массового обслуживания и случайных процессов, описывающих динамику коммуникационных систем; освоение основных технических приемов вероятностного анализа проверки стационарности систем; освоение основных методов имитационного вероятностного моделирования коммуникационных систем; получение навыков разработки программ имитационного моделирования динамики стохастических процессов, описывающих системы обслуживания.

### **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 основных методов имитационного вероятностного моделирования коммуникационных систем;
- 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 «Анализ стационарности коммуникационных систем» является вариативной согласно учебному плану ООП по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Процесс изучения дисциплины «Анализ стационарности коммуникационных систем» 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 подготовк и кадров высшей квалифик ации)	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 «Анализ стационарности коммуникационных систем»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.	
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты анализа стационарности, классификации систем и сетей.		
			Пороговый (базовый) уровень	основные методы принятия решений, основные методы анализа стационарности систем.		
		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)	грамотно использовать		

			уровень	методы анализа стационарности 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 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 объектов на основе данных натурного эксперимента	ПК 6	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Анализ стационарности коммуникационных систем»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.		
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты математического моделирования и анализа стационарности коммуникационных систем			

			Пороговый (базовый) уровень	Классификация коммуникационных моделей систем и сетей, основные методы принятия решений, основные принципы вероятностного моделирования и анализа стационарности	
	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 анализ стационарности в научных исследованиях	
		Пороговый (базовый) уровень		решение конкретных задач	
	Владеть: основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента, статистическими методами оценивания вероятностных характеристик стационарных систем с помощью современных	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	

		программных комплексов.	Пороговый (базовый) уровень	основными методами статистической обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа в стационарных системах с помощью современных программных комплексов.	
Способность к разработке новых Вероятностных методов и алгоритмов интерпретации натурального 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 «Анализ стационарности коммуникационных систем»	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 анализа стационарности	
		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

			Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать анализ стационарности в научных исследованиях	решения практических задач
			Пороговый (базовый) уровень	решения конкретных задач	
		Владеть: навыками принятия решений и способность нести ответственность за принятие решения	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	статистической обработки экспериментальных данных и навыками анализа стационарности 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
Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений, основные принципы				



				математического моделирования	
			Пороговый (базовый) уровень	основные аспекты анализа стационарности, 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	Высокий (превосходный) уровень	Владеть основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-

		экспериментов и анализа полученных данных, основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента, статистическими методами оценивания вероятностных характеристик стационарных систем с помощью современных программных комплексов	Повышенный (продвинутый) уровень Пороговый (базовый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента Владеть статистическими навыками обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.	исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
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 «Анализ стационарности коммуникационных систем»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты анализа стационарности, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования	

			Пороговый (базовый) уровень	основные аспекты анализа стационарности, 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 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 вероятностного анализа с помощью 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 «Анализ стационарности коммуникационных систем»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты анализа стационарности, 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	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

		междисциплинарных областях	Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать методы анализа стационарности в научных исследованиях	решения 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 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 часов.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	72
в том числе:	
лекции	36
семинары	18
практические занятия	-
<b>Самостоятельная работа аспиранта (всего)</b>	18
<b>Вид контроля по дисциплине</b>	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	4
2	Основные классы случайных процессов и их применение в теории массового обслуживания	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 7	собеседование	6

3	Имитационное моделирование динамики коммуникационных систем	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ОПК 1	коллоквиум	6
4	Классическая регенерация и регенерация по Харрису	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	УК 1	собеседование	8
5	Жидкостной анализ стационарности	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 6	коллоквиум	6
6	Регенеративный анализ стационарности	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	УК 6	собеседование	6
<b>Итого:</b>					<b>36</b>

### 4.3 Семинарские занятия

№ темы	Тематика семинарских занятий	Технология проведения	Формируемые компетенции (код)	Форма оценочных средств	Трудоем. (час.)

1	Основные результаты и методы теории вероятностей	Семинарские занятия, обсуждения	ПК 7	дискуссия	2
2	Основные классы случайных процессов и их применение в теории массового обслуживания	Семинарские занятия, обсуждения	УК 1	доклад	3
3	Имитационное моделирование динамики коммуникационных систем	Семинарские занятия, обсуждения	ПК 6	дискуссия	3
4	Классическая регенерация и регенерация по Харрису	Семинарские занятия, обсуждения	УК 6	доклад	4
5	Жидкостной анализ стационарности	Семинарские занятия, обсуждения	УК 3	дискуссия	3
6	Регенеративный анализ стационарности	Семинарские занятия, обсуждения	ОПК 1	доклад	3
	<b>Итого:</b>				<b>18</b>

## 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 и их применение в теории массового обслуживания

Обсуждаются определения и основные свойства процессов восстановления, марковских процессов, регенерирующих процессов и связанных с ними процессов, а также их применение для описания систем массового обслуживания.

### Тема №3 Имитационное моделирование динамики коммуникационных систем

Рассматривается вопрос моделирования основных стохастических моделей, описывающих динамику коммуникационных систем.

### Тема №4 Классическая регенерация и регенерация по Харрису

Вводится понятие регенерации по Харрису, обобщающей классическую регенерацию для цепей Маркова. Обсуждаются свойства регенерации по Харрису и ее применение в анализе процессов обслуживания. Изучаются конкретные примеры процессов обслуживания, возвратных по Харрису.

### Тема №5 Жидкостной анализ стационарности

Изучается жидкостной подход к анализу стационарности коммуникационных систем. Дается метод построения детерминированной жидкостной модели на примере сети с



несколькими классами заявок. Показано как вывести стационарность процесса в исходной системе из устойчивости ее жидкостного аналога.

#### Тема №6 Регенеративный анализ стационарности

Рассматривается регенеративный метод анализа стационарности, основанный на изучении поведения незавершенного времени восстановления, порожденного регенерациями процесса обслуживания. Подробно обсуждается применение этого метода для анализа ряда конкретных одноканальных и многоканальных систем обслуживания

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Формы проведения самостоятельной работы:

№ темы	Тема дисциплины	Форма самостоятельной работы	Трудоем. (час.)
1	Основные результаты и методы теории вероятностей	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, выполнение домашней работы	2
2	Основные классы случайных процессов	Конспектирование материалов, работа со справочной литературой	3
3	Имитационное моделирование динамики коммуникационных систем	Уточнение ряда результатов, рассмотренных на лекциях, выполнение домашней работы	3
4	Классическая регенерация и регенерация по Харрису	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение	4
5	Жидкостной анализ стационарности	Конспектирование материалов, работа со справочной литературой, выполнение домашнего задания	3
6	Регенеративный анализ стационарности	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, выполнение домашней работы	3
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

## 7. Контроль знаний аспирантов

### 7.1 Формы текущего контроля работы аспирантов:

- 1) Коллоквиум
- 2) Собеседование
- 3) Дискуссия
- 4) Доклад

## 7.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

## 7.3 Вопросы для зачета по дисциплине «Анализ стационарности коммуникационных систем»:

1. Теорема Колмогорова и существование процесса, примеры.
2. Определение случайного процесса, пространство непрерывных траекторий и без разрывов 2-го рода.
3. Слабая сходимости распределений (непрерывность, контрпример).
4. Дискретные марковские цепи, основные определения и факты.
5. Марковский процесс в непрерывном времени, времена пребывания, Пуассоновский процесс, уравнения Колмогорова.
6. Замкнутая экспоненциальная сеть, стационарное решение, проблема нормализующей константы.
7. Регенерирующие процессы, основные свойства, примеры (формула Литтла, формула Поллачека-Хинчина), распределение стационарного времени восстановления, свойство PASTA.
8. Моделирование процесса, описывающего динамику систем обслуживания.
9. Понятие момента регенерации в классической форме.
10. Понятие момента регенерации по Харрису.
11. Построение предельной жидкостной модели при жидкостном анализе стандартной многоканальной системы с прямой дисциплиной обслуживания.
12. Связь между поведением незавершенного времени восстановления, порожденного регенерациями процесса обслуживания системы, и существованием стационарного режима.
13. Задачи из учебника No 8.

## 7.4 Критерии оценки промежуточной аттестации аспирантов:

<b>Критерии оценки зачета</b>	
«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.

## 7.5 Фонд оценочных средств

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Основная литература**

1. Морозов Е.В. Теория вероятностей Часть 1. Изд-во ПетрГУ, 2005.
2. Морозов Е.В. Теория вероятностей Часть 2. Изд-во ПетрГУ, 2009.
3. E. Morozov. «Elements of Queueing Theory», Petrozavodsk University Press, 1998..

### **8.2. Дополнительная литература**

- 4 Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1986.
- 5 Боровков А.А. Эргодичность и устойчивость случайных процессов. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 440 с.
- 6 E. Morozov. «Elements of Queueing Theory», Petrozavodsk University Press, 1998.
- 7 Morozov E., Delgado R. Stability analysis of regenerative queueing systems. Automation and Remote control, 2009. Vol.70. No.12.
- 8 Thorisson H. Coupling, Stationarity, and Regeneration. Springer-Verlag New York, 2000.
- 9 E. Morozov (2002). Elements of Queueing Theory with Applications to Communication Networks , Lecture Notes, The Graduate School of University of Helsinki, 2002.
- 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 Dai J. G. On Positive Harris Recurrence of Multiclass Queueing Network: A Unified Approach via Fluid Limit Models. The Annals of Applied Probability. 1995. Vol.5. No.1. P.49--77.

### **8.3 Интернет-ресурсы**

сообщаются студентам в начале курса

## **9. Перечень программного обеспечения**

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

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

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

## **11. 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 оснащенности 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. Марковский процесс в непрерывном времени
4. Пуассоновский процесс, уравнения Колмогорова.
5. Стационарный процесс восстановления, парадокс времени восстановления.
6. Рассмотреть какую-либо стохастическую модель коммуникационной системы с точки зрения имитационного моделирования.
7. Основные идеи жидкостного подхода к анализу стационарности.
8. Метод построения детерминированной жидкостной модели на примере сети с несколькими классами заявок.

#### 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. Свойства процессов восстановления.
  3. Определение и свойства регенерации по Харрису.
  4. Применение регенерации по Харрису в анализе процессов обслуживания.
  5. Регенеративный метод анализа стационарности, основанный на изучении поведения незавершенного времени восстановления, порожденного регенерациями процесса обслуживания.

#### 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. Процессы восстановления: определения, свойства, применение.

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

Тема №3. Процессы обслуживания, возвратных по Харрису.

Тема №4. Анализ стационарной вложенной цепи Маркова.

Тема №5. Применение регенеративного метода для анализа одноканальной системы обслуживания.

### 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. Методы имитационного моделирования стохастических систем.

Тема №2. Связь стационарности процесса в исходной системе и устойчивости ее жидкостного аналога.

Тема №3. Жидкостный анализ конкретной системы (по выбору студента).

Тема №4. Свойства марковского процесса и его применение.

### 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.
--------------	---

## 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)