

Минобрнауки России  
Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
**Федеральный исследовательский центр**  
**«Карельский научный центр**  
**Российской академии наук»**  
(КарНЦ РАН)

**УТВЕРЖДАЮ**

Врио председателя КарНЦ РАН  
член-корр. РАН

\_\_\_\_\_ О.Н. Бахмет

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей»**

Основной образовательной программы высшего образования –  
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению подготовки

**09.06.01 Информатика и вычислительная техника,**  
**профиль: Математическое моделирование,**  
**численные методы и комплексы программ**

Петрозаводск  
2018

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 г. № 875 и учебным планом по направлению подготовки аспирантуры 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, профиль «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Разработчики:

Морозов Евсей Викторович, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН, доктор физико-математических наук, профессор

---

Эксперт:

Ретгиева Анна Николаевна, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН, доктор физико-математических наук, доцент

---

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН (протокол № 5 от «24» мая 2018 г.) и рекомендована к утверждению на заседании Ученого совета КарНЦ РАН (протокол № 7 от «25» мая 2018 г.)

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной образовательной программы (ООП) аспирантуры**

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код компетенции. Этап формирования компетенции	Формулировка компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы достижения компетенции)
ОПК1	Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Анализ стационарности коммуникационных систем», основные аспекты анализа стационарности, классификации систем и сетей. основные методы принятия решений, основные методы анализа стационарности систем.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач грамотно использовать методы анализа стационарности в научных исследованиях, решать конкретные практические задачи.</p> <p><b>Владеть:</b> основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента, основными методами статистической обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа с помощью современных программных комплексов.</p>
ПК6	Способность к разработке новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей на основе экспериментальных данных	<p><b>Знать:</b> основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей», основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных сетей, основные методы принятия решений, основные принципы вероятностного анализа.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую базу для постановки и решения новых практических задач, грамотно использовать анализ стационарности в научных исследованиях.</p> <p><b>Владеть:</b> организационными, коммуникативными навыками, позволяющими осуществлять работу в российских и международных исследовательских коллективах, навыками проведения лабораторного</p>

		эксперимента, основными методами статистической обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа в стационарных системах с помощью современных программных комплексов.
ПК7	Способность к разработке новых вероятностных методов и алгоритмов интерпретации натурного эксперимента на основе математической модели	<p><b>Знать:</b> основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей», основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных сетей, основные методы принятия решений, основные принципы вероятностного анализа.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую базу для постановки и решения новых практических задач, грамотно использовать анализ стационарности в научных исследованиях.</p> <p><b>Владеть:</b> основными методами научных исследований навыками проведения лабораторного эксперимента статистической обработки экспериментальных данных и навыками анализа стационарности с помощью.</p>
УК1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p><b>Знать:</b> основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей», основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования, основные аспекты анализа стационарности, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений.</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать модели коммуникационных систем в научных исследованиях.</p> <p><b>Владеть:</b> основными методами научных исследований навыками проведения лабораторного эксперимент, статистическими навыками обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.</p>
УК3	Готовность участвовать в работе российских и	<p><b>Знать:</b> основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных</p>

	<p>международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</p>	<p>систем и сетей», основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования. основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений.  <b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать математические модели коммуникационных систем в научных исследованиях.  <b>Владеть:</b> основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента, основными методами обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа с помощью современных программных комплексов.</p>
УК6	<p>Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</p>	<p><b>Знать:</b> основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей», основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования, основные аспекты вероятностного анализа, классификации моделей коммуникационных систем, основные методы принятия решений.  <b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать методы анализа стационарности в научных исследованиях.  <b>Владеть:</b> основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента, основными методами обработки экспериментальных данных и их вероятностного анализа с помощью современных программных комплексов.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры и язык преподавания

Дисциплина «Вероятностный анализ коммуникационных систем и сетей» входит в вариативную часть учебного плана ООП аспирантуры по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и является дисциплиной по выбору. Согласно учебному плану, дисциплина проводится в 1-м и 2-м семестрах и направлена на формирование следующих компетенций: ОПК 1, ПК 6, ПК 7, УК 1, УК 3, УК 6.

Язык преподавания – русский.

## 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц или 72 академических часа.

### 3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Объем в академических часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	72
В том числе:	
<b>Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем). Всего</b>	63
В том числе:	
Лекции (Л)	36
Практические занятия (Пр)	
Лабораторные занятия (Лаб)	0
Практические занятия	27
Вид промежуточной аттестации	зачет
<b>Самостоятельная работа обучающихся (СР) (всего)</b>	9
В том числе:	
Самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовка к занятиям	6
Подготовка к промежуточной аттестации	3

### 3.2. Краткое содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы

п/п	Раздел дисциплины (тематический модуль)	Трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)	Оценочное средств во
-----	--	---	----------------------------

		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа обучающихся	
<b>Семестры № 1,2</b>							
1	Основные результаты и методы теории вероятностей.		2	2		0,5	собеседование
2	Основные классы случайных процессов.		6	4		1,5	собеседование
3	Марковская теория очередей.		4	3		1	собеседование
4	Функциональные теоремы.		2	2		0,5	собеседование
5	Регенерирующие процессы.		4	3		1	собеседование
6	Полумарковские системы.		2	2		0,5	собеседование
7	Системы общего вида.		2	1		0,5	собеседование
8	Сеть Джексона.		2	2		0,5	собеседование
9	Гауссовские системы.		2	1		0,5	собеседование
10	Регенеративное моделирование.		2	2		0,5	собеседование
11	Долгая память и самоподобие.		4	3		1	собеседование
12	Эффективная пропускная способность.		4	2		1	собеседование
Вид промежуточной аттестации в семестре: зачет							
<b>Итого:</b>		72	36	27		9	

### 3.3. Содержание аудиторных занятий

#### Содержание лекционных занятий

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
<b>Семестры № 1, 2</b>				
1	1	Основные результаты теории вероятностей	2	0
2	2	Основные классы случайных процессов: марковские процессы, гауссовские процессы.	2	0
2	3	Основные классы случайных процессов: процессы восстановления.	2	0
2	4	Основные классы случайных процессов: процессы накопления.	2	0
3	5	Марковские модели коммуникационных систем: процесс загрузки, процесс очереди.	2	0
3	6	Марковские модели коммуникационных систем:	2	0

		приоритетные и ненадежные системы, стационарное распределение.		
4	7	Функциональные теоремы.	2	0
5	8	Свойства регенерирующих процессов в дискретном и непрерывном времени.	2	0
5	9	Регенеративная структура процессов обслуживания.	2	0
6	10	Полумарковские системы.	2	0
7	11	Системы общего вида.	2	0
8	12	Сеть Джексона.	2	0
9	13	Гауссовские системы.	2	0
10	14	Регенеративное моделирование.	2	0
11	15-16	Долгая память и самоподобие/	4	0
12	17	Основные понятия теории эффективной пропускной способности (ЭПС).	2	
12	18	Примеры расчета ЭПС.	2	
<b>Итого:</b>			36	0

### Содержание практических занятий.

№ раздела	№ занятия	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 1, 2				
1	1	Основные результаты и методы теории вероятностей	2	0
2	2-3	Основные классы случайных процессов.	4	0
3	4	Марковские модели коммуникационных систем.	2	
3	5	Марковские модели коммуникационных систем: стационарное распределение.	1	
4	5-6	Функциональные теоремы.	2	0
5	6-7	Регенерирующие процессы.	3	0
6	8	Полумарковские системы.	2	0
7	9	Системы общего вида.	1	0
8	9-10	Сеть Джексона.	2	0
9	10	Гауссовские системы.	1	0
10	11	Регенеративное моделирование.	2	0
11	12-13	Долгая память и самоподобие.	3	0
12	13-14	Эффективная пропускная способность.	2	0
<b>Итого:</b>			27	0



### 3.4. Организация самостоятельной работы обучающегося

№ раздела	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОГ (*)
Семестры № 1, 2			
1	Основные результаты и методы теории вероятностей. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,25	0
2	Основные классы случайных процессов. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	1,25	0
3	Марковская теория очередей. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,75	0
4	Функциональные теоремы. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,25	0
5	Регенерирующие процессы. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,75	0
6	Полумарковские системы. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,25	0
7	Системы общего вида. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,25	0
8	Сеть Джексона. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,25	0
9	Гауссовские системы. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,25	0
10	Регенеративное моделирование. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,5	0
11	Долгая память и самоподобие. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе,	0,75	0

	подготовка к практическим занятиям.		
12	Эффективная пропускная способность. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение по основной и дополнительной литературе, подготовка к практическим занятиям.	0,75	0
1-12	Подготовка к зачёту по курсу.	3	0
<b>Итого:</b>		9	0

#### 4. Образовательные технологии по дисциплине

Лекции, практические занятия, зачет. В течение семестра на практических занятиях проводятся собеседования по темам соответствующих лекций. Внеаудиторная работа обучающихся сопровождается рекомендацией литературы для самостоятельного изучения.

#### 5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

5.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в форме: собеседования на практических занятиях.

Оценочные средства для текущего контроля.

Темы собеседований.

##### **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.

5.2. Промежуточная аттестация проводится в виде: зачет.

Подробно средства оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Вопросы к зачету.

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. 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.

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. Методические рекомендации обучающимся по дисциплине, в том числе для самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- чтение статей, рекомендованных преподавателем, по темам для самостоятельного изучения;
- подготовка к зачету.

Рекомендации обучающимся при освоении лекционного материала:

- конспектирование основного содержания лекций;
- для лучшего усвоения материала после лекции рекомендуется прочесть конспект и соответствующий параграф или главу учебника.

## **7. Методические рекомендации преподавателям по дисциплине**

Участие в беседах на практических занятиях оцениваются по системе: зачтено, незачтено. Зачет оценивается по системе: зачтено, незачтено.

Самостоятельная работа обучающихся должна быть направлена на решение следующих задач:

- развитие навыков работы с разноплановыми источниками;
- осуществление эффективного поиска информации;
- развитие навыков самостоятельной работы с периодическими источниками, в том числе, на иностранном языке.

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

Дисциплина полностью обеспечена учебной литературой, представленной в печатном или электронном виде. Для осуществления образовательной деятельности по дисциплине рекомендуется следующая основная и дополнительная литература.

8.1. Основная литература:

1. Морозов Е.В. Coupling and stochastic monotonicity of queueing process : монография / Е.В. Морозов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Петрозав. гос. ун-т. - Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2013. - 71 с. - текст на англ. яз.  
<http://elibrary.karelia.ru/book.shtml?id=18142#t20c>
2. Морозов, Е. В. Теория вероятностей : учеб. пособие / Е. В. Морозов ; Петрозав. гос. ун-т, Ч. 1. - Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2005. - 66 с.
3. Морозов, Е. В. Теория вероятностей : учебное пособие / Е. В. Морозов ; Петрозаводский государственный университет. - Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2009. - Ч. II. - 54 с.
4. Лукашенко О.В. Введение в гауссовские системы обслуживания : монография / О.В. Лукашенко, Е.В. Морозов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Петрозав. гос. ун-т. - Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2013. - 79 с.  
<http://elibrary.karelia.ru/book.shtml?id=18026#t20c>
5. Некрасова Р.С. Моделирование случайных величин : учебно-методическое пособие для студентов математического факультета / Р.С. Некрасова, О.В. Лукашенко, И.В. Пешкова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Петрозав. гос. ун-т. - Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2013. - 13 с.  
<http://elibrary.karelia.ru/book.shtml?id=17560#t20c>
6. Пешкова И. В. Теория вероятностей, математическая статистика. Стохастическое моделирование : практические примеры : учебное пособие для обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата «Менеджмент», «Экономика» / И. В. Пешкова, Е. В. Морозов, А. С. Румянцев. ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования Петрозав. гос. ун-т. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2017. – 56 с.  
<http://elibrary.karelia.ru/book.shtml?id=29319#t20c>
7. Румянцев А.С. Распределения с тяжелыми хвостами и их приложения : монография / А.С. Румянцев, Е.В. Морозов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Петрозав. гос. ун-т. - Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2013. - 67 с.  
<http://elibrary.karelia.ru/book.shtml?id=18160#t20c>

## 8.2 Дополнительная литература:

1. Боровков, А. А. Математическая статистика : учебник / А. А. Боровков. - 3-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2007. - 703 с.
2. Боровков, А. А. (Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН). Вероятности больших отклонений для сумм независимых случайных векторов на границе и вне крамеровской зоны / А. А. Боровков, А. А. Могульский, Часть II // Теория вероятностей и ее применения. - 2008. - Т. 53, вып. 4. - С. 641-664.
3. Боровков, А. А. (Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН). Интегрально-локальные и локальные теоремы о нормальных и больших отклонениях сумм разнораспределенных случайных величин в схеме серий / А. А. Боровков // Теория вероятностей и ее применения. - 2009. - Т. 54, вып. 4. - С. 625-644.
4. Боровков, А. А. (Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск). Принципы больших отклонений для траекторий случайных блужданий [Текст] / А. А. Боровков, А. А. Могульский, I // Теория вероятностей и ее применения. - 2011. - Т. 56, вып. 4. - С. 627-655.

5. Боровков, А. А. Принципы больших уклонений для траекторий случайных блужданий [Текст] / А. А. Боровков, А. А. Могульский, II // Теория вероятностей и ее применения. - 2012. - Т. 57, вып. 1. - С. 3-34
6. Боровков, А. А. Принципы умеренно больших уклонений для траектории случайных блужданий и процессов с независимыми приращениями / А. А. Боровков, А. А. Могульский [Текст] // Теория вероятностей и ее применения. - 2013. - Т. 58, вып. 4. - С. 648-671.
7. Боровков, А. А. (Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия). Принципы больших уклонений для траекторий случайных блужданий, III / А. А. Боровков, А. А. Могульский [Текст] // Теория вероятностей и ее применения. - 2013. - Т. 58, вып. 1. - С. 37-52.

### 8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Обучающиеся и преподаватели КарНЦ РАН имеют доступ к ряду электронных библиотечных систем, к которым подключена Научная библиотека КарНЦ РАН. Для электронных ресурсов используется лицензионное программное обеспечение.

Для поиска учебной и научной литературы аспиранты используют следующие ЭБС:

- Электронная библиотека Республики Карелия <http://elibrary.karelia.ru/>
- Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>
- другие базы данных размещены на сайте Научной библиотеки КарНЦ РАН в разделах «Электронные научные ресурсы» и «Электронные библиотеки» <http://library.krc.karelia.ru/section.php?plang=r&id=894>, <http://library.krc.karelia.ru/section.php?plang=r&id=499>.

<b>Интернет-ресурсы</b>	
<a href="http://www.garant.ru">www.garant.ru</a>	Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>	Университетская библиотека Online
<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Электронная библиотека
<a href="http://ndce.edu.ru">http://ndce.edu.ru</a>	Каталог учебников, электронных ресурсов для высшего образования
<a href="http://edu.ru">http://edu.ru</a>	Федеральный портал «Российское образование»
<a href="http://windows.edu.ru">http://windows.edu.ru</a>	Портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
<a href="http://school.edu.ru">http://school.edu.ru</a>	Российский общеобразовательный портал
<a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a>	Библиографическая и реферативная база данных Scopus
<a href="http://webofknowledge.com">http://webofknowledge.com</a>	Библиографическая и реферативная база данных Web of Science

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база КарНЦ РАН обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом и

соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально-необходимый перечень для информационно-технического и материально-технического обеспечения дисциплины:

- аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная рабочими местами для обучающихся и преподавателя, доской, мультимедийным оборудованием;
- библиотека с читальным залом и залом для самостоятельной работы обучающегося, оснащенное компьютером с выходом в Интернет, книжный фонд которой составляет специализированная научная, учебная и методическая литература, журналы (в печатном или электронном виде).