





Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института проблем передачи информации им.А.А.Харкевича (ИППИ РАН)

Учебный план образовательной программы аспирантуры



2015/2016 учебный год - 2018/2019 учебный год

Направление подготовки : 09.06.01-Информатика и вычислительная техника

Специальность программы: математическое моделирование, численные методы и комплексы программ - 05.13.18 (4 года)\*

Исследователь.  
Квалификация: Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная

Срок обучения: 4 года

																																																				Теоретич. обучение	Экс.	Практика и НИР	Гос.экзамен	Каникулы	ВСЕГО
																																																				38	4	Р			10
																																																				38	4	Р			10
																																																				38	4	Р			10
																																																				34	4	Р	6	10	52
																																																				148	16		6	40	156

Теор. обучение, распр. практика и НИР

Экзаменационная сессия

Государственная итоговая аттестация

Гос.экзамен

Каникулы

№ по порядку	Название дисциплины	Распределение по годам					Виды занятий в часах							
		Экзамены	Зачеты	Курсовые проекты	Курсовые работы, рефераты	ЗЕ	Всего	Аудиторные занятия				Самостоятельная работа	Часов за экзамен	
								Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, семинары			
	<b>Блок 1 "Дисциплины (модули)"</b>					30	1 080							
	<b>Базовая часть</b>					9	324	186	62		124	66	72	
1	История и философия науки	2			реф.	5	180	94	62		32	50	36	
2	Иностранный язык (аспирантура)	1				4	144	92			92	16	36	
	<b>Вариативная часть</b>					21	756						32	
3	Обязательные дисциплины программы					6	216	72	36		36	144		
4	ОД.А.03 "Оптимизация и математическое программирование"		1			3	108	36	18		18	72		
5	ОД.А.04 "Конечномерное оптимизационное моделирование"	2				3	108	36	18		18	72		
	Дисциплины по выбору (3 из 8)	3				15	540	216	108		108	324		
8	ОД.А.05 "Методы теории оптимального управления"	3				5	180	72	36		36	108		
9	ОД.А.05 "Избранные главы теории вероятностей"	3				5	180	72	36		36	108		
10	ОД.А.05. Выпуклая оптимизация	3				5	180	72	36		36	108		
11	ОД.А.05.Геоинформационный анализ пространственно-временных данных	3				5	180	72	36		36	108		
12	ОД.А.05.Методология научных исследований	3				5	180	72	36		36	108		
13	ОД.А.05."Теория экстремальных задач"	3				5	180	72	36		36	108		
14	ОД.А.05 "Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации,	3				5	180	72	36		36	108		
	<b>Практика и научно-исследовательская работа</b>					201	7236					7236		
	<b>Блок 2 "Практика"</b>					6	216					216		
	<b>Вариативная часть</b>													
	Педагогическая практика		4			3	216					216		
	Научно-исследовательская практика		4			3								
	<b>Блок 3 "Научно-исследовательская работа"</b>					195	7020							
	<b>Вариативная часть</b>													
	Научно-исследовательская работа		1, 2, 3, 4			53, 52, 45, 45	7020					7020		
	<b>Блок 4 "Государственная итоговая аттестация"</b>					9	324					324		
	<b>Базовая часть</b>													
	Оформление и представление выпускной научно-квалификационной работы					9	324					324		
	<b>Итого</b>					240	8 640							















Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Высокопроизводительные вычисления»  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

**Высокопроизводительные вычисления**

ОД.А.05 «Высокопроизводительные вычисления» (по выбору)

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации и специальность  
05.13.18 математическое моделирование, численные методы и комплексы программ  
аспирантура

Разработчик программы:  
К.т.н. О.В. Сухорослов

Одобрена на заседании УС

«03» сентября 2018г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2018 г.



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Геоинформационный анализ пространственно-временных данных»  
Специальность– 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

### **Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.05 «Геоинформационный анализ пространственно-временных данных» (по выбору)  
Специальность 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и специаль-  
ность 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

аспирантура

Разработчик программы:  
Д.т.н. Гитис В.Г.

Одобрена на заседании УС  
«01» июня 2016 г.

Председатель УС  
В.И.Венец (подпись)



Москва, 2016 г





Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Методы теории оптимального управления»  
Специальность 01.01.02;01.01.09;05.13.18  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

**ОД.А.05 «Методы теории оптимального управления»**  
Специальность 01.01.02; Специальность 01.01.02;01.01.09;05.13.18

аспирантура

Разработчик программы: д.ф.-м. н. А.М. Красносельский

Одобрена на заседании УС  
«03» сентября 2019г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2019 г.





Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Выпуклая оптимизация»  
Специальность 01.01.02; 01.01.09; 05.13.01; 05.13.18  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.05 «Выпуклая оптимизация»  
Специальность 01.01.02; 01.01.09; 05.13.01; 05.13.18

аспирантура

Разработчик программы: Ю.В.Дорн

Одобрена на заседании УС  
«03» сентября 2019г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2019 г.



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Теория экстремальных задач»  
Специальность 01.01.02; 01.01.09;05.13.01;05.13.18  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

**ОД.А.05 «Теория экстремальных задач»**  
Специальности 01.01.02 01.01.02; 01.01.09;05.13.01;05.13.18

аспирантура

Разработчик программы: д.ф.-м. н. А.М. Красносельский

Одобрена на заседании УС  
«03» сентября 2019 г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2019 г.





Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.04 (05) «Конечномерное оптимизационное моделирование»  
Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы  
программа; аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.04 (05)\* «Конечномерное оптимизационное моделирование»  
Оптимизационное моделирование в конечномерных пространствах переменных  
Оптимизационное моделирование на основе задач математического программирования  
Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы  
и комплексы программ

\*для специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (по выбору)

аспирантура

Разработчик программы  
к.ф.-м.н. В.В. Волошинов

Одобрена на заседании УС  
«03» *сентябрь* 2018г.

Председатель УС  
В.И.Венец (подпись)



Москва, 2018 г.



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.04(05) «Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.04(05)\* «Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
\*для специальности 05.13.17 –по выбору  
аспирантура

Разработчик программы: К.ф.-м.н. В. В. Волошинов

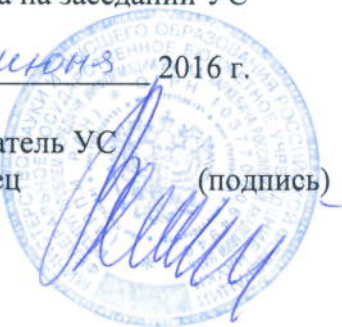
Одобрена на заседании УС

« 01 » июня 2016 г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2016





Институт проблем передачи информации им.А.А.Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.03 «Оптимизация и математическое программирование»  
Специальность 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.03 «Оптимизация и математическое программирование»

для специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика  
и специальности 05.13.18 -математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

аспирантура

Разработчик программы:  
Д.ф.-м.н., профессор Г.Г. Магарил-Ильев

Одобрена на заседании УС  
«03» сентября 2018 г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2018



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.04 «Методология научных исследований»  
Специальность 01.01.02 – дифференциальные уравнения,  
динамические системы и оптимальное управление»  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.04 «Методология научных исследований»  
Специальность 01.01.02 – дифференциальные уравнения,  
динамические системы и оптимальное управление»  
аспирантура

Разработчик программы: д.ф.-м. н. А.М. Красносельский

Одобрена на заседании УС  
«03» *сентября* 2019г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2019 г.





Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Избранные главы теории вероятностей»  
Специальность – 05.12.13 – Системы, сети и устройства  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.05 «Избранные главы теории вероятностей» (по выбору)  
Специальность 05.12.13 – Системы, сети и устройства  
аспирантура

Разработчик программы:

К.т.н. А. А. Сафонов, д.ф.-м.н. А. Н. Соболевский

Одобрена на заседании УС

«01» июня 2016 г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2016 г.



### Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.05 «Избранные главы теории вероятностей» (по выбору) предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов, обучающихся по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства»

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО по направлению подготовки 11.06.01 для специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства».
- Учебным планом института по образовательной программе для специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства».

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины - освоение студентами избранных глав теории вероятностей, в частности, теории массового обслуживания и теории случайных процессов.

Задачи: фундаментальная подготовка студентов в двух областях теории вероятностей: теории массового обслуживания (ТМО) и теории случайных процессов (ТСП); построение у студентов навыков применения ТМО и ТСП в исследовании телекоммуникационных сетей и систем; оказание консультаций студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований телекоммуникационных сетей и систем.

### 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 час.).

#### 2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР		
1.	Избранные главы теории вероятностей	180	90	90				90	Кандидатский экзамен

#### 2.2. Содержание дисциплины

1. Элементарные и составные события. Дискретные случайные величины, их распределения и совместные распределения, моменты. Маргинальные и условные распределения. Независимые случайные величины. Производящие функции распределения вероятности и моментов. Поведение производящих функций, мат. ожидания и дисперсии при сложении независимых



случайных величин. Вывод биномиального распределения методом производящих функций. Вывод распределения Пуассона из биномиального распределения методом производящих функций.

2. Непрерывные случайные величины. Кумулятивная функция распределения вероятности (к.ф.р.), функция плотности вероятности (ф.п.в.) и характеристическая функция распределения вероятности (х.ф.). Абсолютно непрерывные и сингулярные распределения. Совместное распределение, маргинальные и условные распределения в непрерывном случае, формула полной вероятности, независимость. Поведение х.ф., мат. ожидания и дисперсии при сложении случайных величин. Логарифм х.ф. (характеристический показатель) и кумулянты случайной величины. Экспоненциальное распределение, его характеристическое свойство («сколько ни ждешь, осталось ждать еще столько же»). Гамма-распределение как сумма экспоненциальных распределений.
3. Классификация потоков событий. Пуассоновский поток. Поток Пальма. Прореживание пуассоновских потоков. Помеченный пуассоновский поток. Суперпозиция пуассоновских потоков.
4. Основные понятия теории массового обслуживания. Формула Литтла. Система M/M/1. Передача в канале без шума и длиной пакетов с экспоненциальным распределением как система M/M/1. Оценка среднего времени ожидания пакета в очереди.
5. Передача пакетов равной длины по беспроводному каналу с белым шумом как система В/В/1. Входной поток малой интенсивности как оп- off-процесс, передача по каналу как бернуллиевский процесс с вероятностью  $p$ , отражающей уровень шума в канале. Оценка среднего и дисперсии времени передачи пакета и пропускной способности канала в зависимости от уровня шума.
6. Система M/G/1. Оценка среднего времени ожидания пакета в очереди методом производящих функций.
7. Предельные теоремы. Среднее выборки и дисперсия выборки. Неравенства Маркова, Чебышева, закон больших чисел. Слабая сходимость случайных величин. Непрерывность х.ф. относительно слабой сходимости (без доказательства, но с обсуждением основных идей). Центральная предельная теорема (вывод с помощью х.ф.). Закон больших чисел в форме Хинчина (через х.ф.),
8. Нормальное распределение и распределение хи-квадрат. Нормальное распределение, гауссовы векторы. Распределение хи-квадрат, число его степеней свободы. Критерий хи-квадрат. Пример проверки статистической гипотезы: бомбардировки Лондона (по В. Фелднеру)
9. Цепь Маркова с конечным числом состояний. Граф цепи Маркова и матрица вероятностей перехода. Стационарное распределение цепи Маркова. Принцип детального равновесия, обратимые цепи Маркова.
10. Моделирование процесса переключения сигнально-кодовых конструкций при передаче в беспроводном канале цепью Маркова. Оценка стационарных вероятностей передачи на каждой СКК.
11. Обнаружение сетей (network discovery) с помощью биконов. Передача биконов без прослушивания (метод ALOHA) и с прослушиванием беспроводной среды (метод CSMA/CA). Оценка вероятности успешной передачи бикона и среднего числа биконов, переданных за окно





передачи.

12. Эргодическая теорема для цепей Маркова. Существование и единственность стационарного распределения в общей неприводимой непериодической цепи Маркова.
13. Вероятностное пространство, алгебра событий, процессы и потоки алгебр.
14. Случайное блуждание и процесс Винера как его предел.
15. Описание статистики случайного процесса в терминах корреляционных функций. Теорема Колмогорова (без доказательства).
16. Марковские процессы. Уравнение Смолуховского. Диффузионные процессы и уравнение Фоккера-Планка (с выводом).
17. Краевые условия для уравнения Фоккера-Планка. Распределение времени выхода. Равновесное распределение вероятности, обратимость, распределение Гиббса.
18. Марковские процессы со скачками. Уравнение Колмогорова-Феллера.
19. Уравнение Ланжевена. Процесс Орнштейна-Уленбека.
20. Стохастические дифференциальные уравнения. Стохастическое дифференциальное исчисление по Ито и по Стратоновичу.
21. Спектральное разложение случайной функции. Стационарные случайные функции, спектральное условие стационарности.
22. Теорема Винера-Хинчина. Формула Найквиста, "белый" и "цветной" шум.
23. Стационарные случайные процессы и эргодическая теория динамических систем.

#### **Контрольные вопросы**

1. Распределение вероятности на множестве натуральных чисел: каким условиям удовлетворяет, как задается (перечислите все известные вам способы), какими параметрами может быть охарактеризовано.
2. Распределение вероятности на числовой прямой: каким условиям удовлетворяет, как задается (перечислите все известные вам способы), какими параметрами может быть охарактеризовано.
3. Совместное распределение вероятности нескольких случайных величин. Маргинальные и условные распределения, независимость.
4. Моменты и кумулянты случайных величин: определения и формулы для выражения одних через другие.
5. Потоки событий, марковское свойство и рекуррентность.
6. Основные понятия теории массового обслуживания.
7. Передача в канале без шума и длиной пакетов с экспоненциальным распределением как система  $M/M/1$ .
8. Передача пакетов равной длины по беспроводному каналу с белым шумом как система  $V/V/1$ .
9. Система  $M/G/1$ . Оценка среднего времени ожидания пакета в очереди методом производящих функций.
10. Закон больших чисел (формулировка и доказательство при помощи неравенства Чебышева).
11. Центральная предельная теорема (формулировка и доказательство сходимости к характеристической функции нормального распределения).
12. Серия однотипных вопросов о каждом из основных распределений, встречающихся при



решении задач: биномиальное, распределение Пуассона, геометрическое, отрицательное биномиальное, экспоненциальное, гамма-распределение, нормальное распределение, распределение хи-квадрат, распределение Коши. Для каждого распределения надо дать определение или описание вероятностного эксперимента, приводящего к появлению случайной величины, распределенной по данному закону, вид функции плотности вероятности и характеристической функции, формулы для основных статистических характеристик (мат. ожидание, дисперсия, кумулянты первых четырех порядков).

13. Цепь Маркова с конечным числом состояний: определение при помощи помеченного графа и матрицы, вероятности перехода и маргинальные вероятности, стационарные распределения.
14. Моделирование процесса переключения сигнально-кодовых конструкций при передаче в беспроводном канале цепью Маркова.
15. Передача биконов без прослушивания беспроводной среды (метод ALOHA)
16. Передача биконов с прослушиванием беспроводной среды (метод CSMA/CA)
17. Эргодическая теорема для цепей Маркова: классификация состояний и доказательство для неприводимой нециклической цепи.

### 3. Образовательные технологии

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя.

### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебнометодические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

### 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Основная литература

1. Ширяев А.Н, Вероятность. Любое издание.
2. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Любое издание.

#### Дополнительная литература

1. Ван Кампен Н.Г. Стохастические процессы в физике и химии. М.: Высшая школа. 1990.
2. Гардинер К.В. Стохастические методы в естественных науках. М.: Мир, 1986.
3. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. М.: Наука, 1986.

#### Интернет-ресурсы



1. Markov process. Encyclopedia of Mathematics. URL:  
[http://www.encyclopediaofmath.org/index.php?title=Markov\\_process&oldid=37905](http://www.encyclopediaofmath.org/index.php?title=Markov_process&oldid=37905) (версия от 14 марта 2016 г.)
2. Kempthorne P. Mathematical Statistics. MIT OpenCourseWare course. URL:  
<https://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-655-mathematical-statistics-spring-2016/> (весна 2016 г.)
3. Polyanskiy Y. Information Theory. MIT OpenCourseWare course. URL:  
<https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-441-information-theory-spring-2016/> (весна 2016 г.)

### ***Пособия и методические указания***

Рекомендуются следующие сборники задач:

1. Ширяев А. Н. Задачи по теории вероятностей. М.: МЦНМО, 2011.
2. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Любое издание (разделы задач в конце каждой главы).
3. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О, Конкретная математика: Основание информатики. М.: Мир, 1998. Гл. 7, 8 и задачи к ним.
4. Ван Кампен Н. Г. Стохастические процессы в физике и химии. М.: Высшая школа, 1990 (разделы задач в конце каждой главы).

### **Авторы**

К.т.н. А. А. Сафонов, д.ф.-м.н. А. Н. Соболевский