

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»  
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ВМК МГУ  
академик РАН



/И.А. Соколов/  
2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Теоретическая информатика, кибернетика»**  
**«Theoretical informatics, cybernetics»**

**Программа (программы) подготовки**  
**научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**  
**Теоретическая информатика, кибернетика**  
**(102-01-00-123-фмн)**

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Приказом Ректора МГУ №1216 от 24 ноября 2021 года «Об утверждении Требований к основным программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, самостоятельно устанавливаемых Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова».

1. Краткая аннотация:

Программа направлена на подготовку аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности «Теоретическая информатика, кибернетика», в том числе на изучение области теоретической информатики и кибернетики, а также для решения с применением аппарата дискретной математики и математической кибернетики теоретических и прикладных задач, связанных с графами, кодами, формальными языками, комбинаторными объектами, функциональными системами, дискретными управляющими системами.

2. Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации.

3. Научная специальность: 1.2.3. «Теоретическая информатика, кибернетика».

4. Место дисциплины (модуля) в структуре Программы аспирантуры: Дисциплины (модули), направленные на подготовку к кандидатским экзаменам.

5. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах составляет 108 часов, из которых 6 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем, 102 часа составляет самостоятельная работа.

6. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: в специалитете на предыдущих уровнях высшего образования должны быть освоены общие курсы, соответствующие предыдущему уровню образования по специальностям программы.

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к коллоквиумам	Всего
<b>1. Математическое программирование</b> 1. Теоремы о достижении нижней грани функции (функционала) на множестве (в $E^N$ , в метрических пространствах, в гильбертовых пространствах). 2. Выпуклые множества, выпуклые функции, сильно выпуклые функции, их свойства. 3. Критерии оптимальности в гладких выпуклых задачах минимизации (в форме вариационного неравенства $\langle f'(x^*), x - x^* \rangle \geq 0 \forall x \text{ из } X$ ). 4. Правило множителей Лагранжа. 5. Теорема Куна–Таккера, двойственная задача, ее свойства.	20	-	-	-	-	-	-	20	-	20

<p>6. Метод проекции градиента (в <math>E^N</math>, в гильбертовом пространстве).</p> <p>7. Метод Ньютона.</p> <p>8. Метод покоординатного спуска.</p> <p>9. Метод штрафных функций.</p> <p>10. Метод барьерных функций.</p> <p>11. Метод динамического программирования.</p> <p>12. Устойчивость задач оптимизации. Метод стабилизации (регуляризация по Тихонову).</p> <p>13. Линейное программирование. Симплекс-метод. Двойственные задачи линейного программирования.</p> <p><b>2. Исследование операций, теория игр</b></p> <p>1. Антагонистические игры. Матричные игры, теорема о минимаксе.</p> <p>2. Выпукло-вогнутые антагонистические игры. Теорема существования седловой точки.</p> <p>3. Бескоалиционные игры <math>n</math> лиц. Равновесие по Нэшу.</p> <p>4. Принцип гарантированного результата. Минимаксные задачи.</p> <p>5. Многокритериальная оптимизация. Оптимальность по Парето. Лексикографический подход.</p> <p>6. Кооперативные игры (<math>s</math>-ядро, вектор Шепли).</p> <p>7. Задача распределения ресурсов (модель Гросса, принцип уравнивания Гермейера).</p> <p>8. Иерархические игры.</p>										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<p>9. Потоки в сетях (теорема Форда–Фалкерсона, задача и алгоритмы поиска кратчайшего пути в графе, задача составления расписаний, транспортная задача).</p>										
<p><b>3. Оптимальное управление</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постановка задач оптимального управления, их классификация.</li> <li>2. Принцип максимума Понтрягина. Краевая задача принципа максимума.</li> <li>3. Линейная задача быстрогодействия, ее свойства (существование решения, число переключений).</li> <li>4. Управляемость и наблюдаемость в линейных системах, их взаимосвязь (взаимодвойственность). Теоремы Калмана, Красовского.</li> </ol> <p><b>4. Дискретная оптимизация</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Целочисленное линейное программирование (метод Гомори, свойства унимодулярности матрицы ограничений).</li> <li>2. Метод ветвей и границ (на примере задач целочисленного или булева линейного программирования).</li> <li>3. Временная сложность решения задач дискретной оптимизации. Основные классы сложности (<b>P</b>, <b>NP</b>, <b>NPC</b>).</li> <li>4. <b>NP</b>–трудные задачи (задача о рюкзаке, задача коммивояжера).</li> </ol>	24	-	-	2	-	-	2	22	-	22

<p><b>5. Теория функциональных систем</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проблема полноты. Теорема о полноте систем функций двужначной логики <math>P_2</math>.</li> <li>2. Алгоритм распознавания полноты систем функций <math>k</math>-значной логики <math>P_k</math>.</li> <li>3. Теорема Слупецкого.</li> <li>4. Особенности <math>k</math>-значных логик.</li> <li>5. Автоматы. Регулярные события и их представление в автоматах.</li> <li>6. Эксперименты с автоматами.</li> <li>7. Алгоритмическая неразрешимость проблемы полноты для автоматов.</li> <li>8. Вычислимые функции. Эквивалентность класса рекурсивных функций и класса функций, вычислимых на машинах Тьюринга.</li> <li>9. Алгоритмическая неразрешимость проблемы эквивалентности слов в ассоциативных исчислениях.</li> </ol>										
<p><b>6. Комбинаторный анализ и теория графов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные комбинаторные числа.</li> <li>2. Оценки и асимптотики для комбинаторных чисел.</li> <li>3. Графы и сети. Оценки числа графов и сетей различных типов.</li> <li>4. Плоские и планарные графы. Формула Эйлера для плоских графов. Необходимые условия планарности в теореме Понтрягина-Куратовского (без доказательства достаточности).</li> </ol>	21	-	-	1	-		1	20	-	20

<p>5. Экстремальная теория графов. Теорема Турана. 6. Теорема Рамсея.</p> <p><b>7. Теория кодирования</b></p> <p>1. Алфавитное кодирование. Критерии однозначности декодирования. Неравенство Крафта–Макмиллана. 2. Оптимальное кодирование. Построение кодов с минимальной избыточностью. 3. Самокорректирующиеся коды. Граница упаковки. Коды Хемминга, исправляющие единичную ошибку. 4. Конечные поля и их основные свойства. 5. Коды Боуза–Чоудхури–Хоквингема.</p>										
<p><b>8. Управляющие системы</b></p> <p>1. Понятие управляющей системы. Основные модельные классы управляющих систем: дизъюнктивные нормальные формы, формулы, контактные схемы, схемы из функциональных элементов, автоматы, машины Тьюринга. Основные проблемы теории управляющих систем.</p> <p><b>9. Дизъюнктивные нормальные формы</b></p> <p>1. Проблема минимизации булевых функций. Дизъюнктивные нормальные формы (ДНФ). Постановка задачи в геометрической форме.</p>	20	-	-	-	-	-	-	20	-	20

<p>2. Локальные алгоритмы построения ДНФ. Построение ДНФ «сумма тупиковых» с помощью локального алгоритма.</p> <p>3. Невозможность построения ДНФ «сумма минимальных» в классе локальных алгоритмов.</p>										
<p><b>10. Синтез и сложность управляющих систем</b></p> <p>1. Асимптотически оптимальный метод синтеза схем из функциональных элементов.</p> <p>2. Асимптотически оптимальный метод синтеза контактных схем.</p> <p>3. Инвариантные классы и их свойства.</p> <p>4. Синтез схем для функций из некоторых инвариантных классов.</p> <p>5. Нижние оценки сложности реализации булевых функций контактными и параллельно-последовательными контактными схемами.</p> <p>6. Нижние оценки сложности реализации булевых функций формулами в произвольном базисе.</p> <p><b>11. Эквивалентные преобразования управляющих систем</b></p> <p>1. Эквивалентные преобразования формул двузначной логики.</p> <p>2. Эквивалентные преобразования контактных схем.</p>	10	-	-	-	-	-	-	10	-	10

<p>3. Эквивалентные преобразования автоматов.</p> <p>4. Пример Линдона.</p> <p><b>12. Надежность и контроль функционирования управляющих систем</b></p> <p>1. Построение самокорректирующихся контактных схем из ненадежных контактов.</p> <p>2. Логический подход к контролю исправности и диагностике неисправностей управляющих систем. Тесты для таблиц.</p>										
<p><b>13. Математическая экономика</b></p> <p>1. Модель межотраслевого баланса В.В. Леонтьева. Продуктивные матрицы. Критерии продуктивности. Теорема Фробениуса–Перрона. Свойства числа Фробениуса–Перрона. Теорема об устойчивости примитивных матриц.</p> <p>2. Динамическая модель В.В. Леонтьева. Теорема о магистрали Моришимы. Экономическая интерпретация вектора Фробениуса–Перрона.</p> <p>3. Линейные задачи оптимального распределения ресурсов. Экономическая интерпретация двойственности в задачах линейного программирования.</p>	10	-	-	-	-	-	-	10	-	10

4. Модель Кокса–Росса–Рубинштейна. Оценка стоимости опциона.										
5. Модель олигополистической конкуренции Курно. Теорема Нэша.										
6. Модель Эрроу–Дебре. Конкурентное равновесие. Сведение вопроса о существовании конкурентного равновесия к решению задачи дополнителности. Замкнутость отображений спроса и предложения. Теорема Эрроу–Дебре.										
7. Неподвижные точки. Теоремы Брауэра и Какутани. Лемма Гейла–Никайдо–Дебре. Теорема Фань-Цзы.										
8. Оптимальность по Парето конкурентного равновесия (первая теорема теории благосостояния). Теорема Дебре (вторая теорема теории благосостояния). Сравнительная статика в моделях конкурентного равновесия.										
9. Проблемы коллективного выбора. Парадокс Эрроу.										
10. Индексы неравенства и кривая Лоренца. Теорема мажоризации.										
Промежуточная аттестация: допуск к кандидатскому экзамену	3	-	-	-	-	3	3	-	-	-
<b>Итого</b>	<b>108</b>	-	-	<b>3</b>	-	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>102</b>	-	<b>102</b>

## 8. Образовательные технологии.

Освоение дисциплины осуществляется посредством образовательных технологий самостоятельной работы - асинхронное обучение в индивидуальном темпе. Самостоятельная работа является основным этапом формирования компетенций аспирантов. При этом аспиранты получают доступ к структурированному ресурсному обеспечению, включающему литературу, подборки научных статей, базы данных (Scopus, Web of Science и др.), методические указания и пр. Контактная работа аспирантов с преподавателем в виде лекций-консультаций с использованием мультимедийной техники рассматривается как способ верификации знаний и коррекции образовательной траектории аспирантов. Темы рефератов и докладов аспирантов соотносятся с темами их диссертационных исследований, что позволяет использовать теоретический материал дисциплины в целях осуществления активного научного поиска и решения реальных исследовательских задач. Технологии промежуточного контроля в рамках дисциплины необходимы для подтверждения сформированных компетенций аспирантов.

## 9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Аспирантам предоставляется программа курса, задания для самостоятельной работы, презентации.

## 10. Ресурсное обеспечение:

### Основная литература

1. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Высшая школа, 2001.
2. Алексеев В.Б. Лекции по дискретной математике. М.: Инфра, 2012.
3. Марченков С.С. Избранные главы дискретной математики. М.: МАКС Пресс, 2016.
4. Кудрявцев В.Б., Алешин С.В., Подколзин А.С. Введение в теорию автоматов. М.: Наука, 1985.
5. Мальцев А.И. Алгоритмы и вычислимые функции. М.: Наука, 1986.
6. Bondy J.A., Murty U.S.R. Graph theory. Springer, 2008.
7. Чашкин А.В. Лекции по дискретной математике. М.: Изд-во механико-математического факультета МГУ, 2007.
8. Лидл Р., Нидеррайтер Г. Конечные поля. Том 1. М.: Мир, 1988.
9. Ложкин С.А. Лекции по основам кибернетики. М.: МАКС Пресс, 2004.
10. Яблонский С.В. Элементы математической кибернетики. М.: Высшая Школа, 2007.
11. Кострикин А.Н. Введение в алгебру. Основы алгебры. М.: МЦНМО, 2018.
12. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1976.
13. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. М.: Юрайт, 2014.

14. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал, 2002.
15. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
16. Понтрягин Л.С. Избранные научные труды. Том 2. М.: Наука, 1988.
17. Тихомиров В.М., Фомин С.В., Алексеев В.М. Оптимальное управление. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018.
18. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Фазис, 2002.
19. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
20. Морозов В.В. Основы теории игр. М.: Издательство МГУ, 2002.
21. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. М.: Мир, 1985.
22. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. М.: Мир, 1972.
23. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. М.: Наука, 1984.
24. Экланд И. Элементы математической экономики. М.: Мир, 1983.
25. Обен Ж.-П. Нелинейный анализ и его экономические приложения. М.: Мир, 1988.
26. Маршалл А., Олкин И. Неравенства, теория мажоризации и ее приложения. М.: Мир, 1983.
27. Мельников А.В. Стохастический анализ и расчет производных ценных бумаг. М.: ТВП, 1997.

Дополнительная литература:

1. Мак-Вильмс Ф., Слоэн Н. Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Связь, 1979.
2. Лупанов О.Б. Асимптотические оценки сложности управляющих систем. М.: Издательство МГУ, 1984.
3. Сэведж Дж.Э. Сложность вычислений. М.: Факториал, 1998.
4. Марков А.А. Введение в теорию кодирования. М.: Наука, 1982.
5. Редькин Н.П. Надежность и диагностика схем. М.: Издательство МГУ, 1992.
6. Соловьев Н.А. Тесты (теория, построение, применения). М.: Наука, 1978.
7. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. М.: Ленанд, 2019

11. Язык преподавания – русский

12. Автор программы

д.ф.-м.н. Ложкин С.А.

**Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

Условием допуска к кандидатскому экзамену является успешное прохождение промежуточной аттестации аспирантом в форме защиты реферата или в форме доклада на научном семинаре. Тема реферата или доклада, согласовывается аспирантом с его научным руководителем. Форму промежуточной аттестации, определяет преподаватель, ведущий дисциплину.