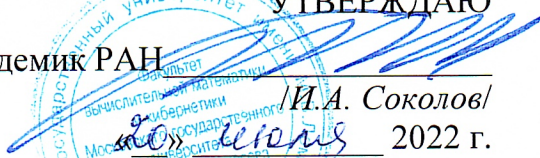


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Вычислительной математики и кибернетики факультет

Академик РАН

УТВЕРЖДАЮ

  
/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, а также на подготовку к сдаче экзамена.

Особенностью данной программы является сочетание классических, фундаментальных методов дискретной математики и математической кибернетики с их практическим применением при решении широкого круга математических проблем дискретной природы.

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 |                           |                        |                             |                                                                                                      |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |                           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              | из них                                                              |                           |                        |                             |                                                                                                      |       | 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><br>1. Теоремы о достижении нижней грани функции (функционала) на множестве (в $E^N$ , в метрических пространствах, в гильбертовых пространствах).<br>2. Выпуклые множества, выпуклые функции, сильно выпуклые функции, их свойства.<br>3. Критерии оптимальности в гладких выпуклых задачах минимизации (в форме вариационного неравенства $\langle f'(x^*), x - x^* \rangle \geq 0 \quad \forall x \in X$ ).<br>4. Правило множителей Лагранжа.<br>5. Теорема Куна–Таккера, двойственная задача, ее свойства. | 20           |                                                                     |                           |                        |                             |                                                                                                      |       | 20                                        |                           | 20    |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |  |  |  |  |   |   |    |  |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|--|--|---|---|----|--|----|
| 9. Потоки в сетях (теорема Форда–Фалкерсона, задача и алгоритмы поиска кратчайшего пути в графе, задача составления расписаний, транспортная задача).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |  |  |  |  |   |   |    |  |    |
| <b>3. Оптимальное управление</b><br>1. Постановка задач оптимального управления, их классификация.<br>2. Принцип максимума Понтрягина. Краевая задача принципа максимума.<br>3. Линейная задача быстрогодействия, ее свойства (существование решения, число переключений).<br>4. Управляемость и наблюдаемость в линейных системах, их взаимосвязь (взаимодвойственность). Теоремы Калмана, Красовского.<br><br><b>4. Дискретная оптимизация</b><br>1. Целочисленное линейное программирование (метод Гомори, свойства унимодулярности матрицы ограничений).<br>2. Метод ветвей и границ (на примере задач целочисленного или булева линейного программирования).<br>3. Временная сложность решения задач дискретной оптимизации. Основные классы сложности ( <b>P</b> , <b>NP</b> , <b>NPC</b> ).<br>4. <b>NP</b> –трудные задачи (задача о рюкзаке, задача коммивояжера).<br><br><b>5. Теория функциональных систем</b> | 24 |  |  |  |  | 2 | 2 | 22 |  | 22 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |  |  |   |  |  |   |    |  |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|---|--|--|---|----|--|----|
| 1. Проблема полноты. Теорема о полноте систем функций двузначной логики $P_2$ .<br>2. Алгоритм распознавания полноты систем функций $k$ -значной логики $P_k$ .<br>3. Теорема Слупецкого.<br>4. Особенности $k$ -значных логик.<br>5. Автоматы. Регулярные события и их представление в автоматах.<br>6. Эксперименты с автоматами.<br>7. Алгоритмическая неразрешимость проблемы полноты для автоматов.<br>8. Вычислимые функции. Эквивалентность класса рекурсивных функций и класса функций, вычислимых на машинах Тьюринга.<br>9. Алгоритмическая неразрешимость проблемы эквивалентности слов в ассоциативных исчислениях. |    |  |  |   |  |  |   |    |  |    |
| <b>6. Комбинаторный анализ и теория графов</b><br>1. Основные комбинаторные числа.<br>2. Оценки и асимптотики для комбинаторных чисел.<br>3. Графы и сети. Оценки числа графов и сетей различных типов.<br>4. Плоские и планарные графы. Формула Эйлера для плоских графов. Необходимые условия планарности в теореме Понтрягина-Куратовского (без доказательства достаточности).<br>5. Экстремальная теория графов. Теорема Турана.<br>6. Теорема Рамсея.                                                                                                                                                                      | 21 |  |  | 1 |  |  | 1 | 20 |  | 20 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |  |  |  |  |  |  |    |  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|--|--|--|--|----|--|----|
| <p><b>7. Теория кодирования</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Алфавитное кодирование. Критерии однозначности декодирования. Неравенство Крафта–Макмиллана.</li> <li>2. Оптимальное кодирование. Построение кодов с минимальной избыточностью.</li> <li>3. Самокорректирующиеся коды. Граница упаковки. Коды Хемминга, исправляющие единичную ошибку.</li> <li>4. Конечные поля и их основные свойства.</li> <li>5. Коды Боуза–Чоудхури–Хоквингема.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                          |    |  |  |  |  |  |  |    |  |    |
| <p><b>8. Управляющие системы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ol> <p><b>9. Дизъюнктивные нормальные формы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проблема минимизации булевых функций. Дизъюнктивные нормальные формы (ДНФ). Постановка задачи в геометрической форме.</li> <li>2. Локальные алгоритмы построения ДНФ. Построение ДНФ «сумма тупиковых» с помощью локального алгоритма.</li> </ol> | 20 |  |  |  |  |  |  | 20 |  | 20 |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |  |  |  |  |  |  |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|--|--|--|--|----|----|
| <b>12. Надежность и контроль функционирования управляющих систем</b><br>1. Построение самокорректирующихся контактных схем из ненадежных контактов.<br>2. Логический подход к контролю исправности и диагностике неисправностей управляющих систем. Тесты для таблиц.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |  |  |  |  |  |  |    |    |
| <b>13. Математическая экономика</b><br>1. Модель межотраслевого баланса В.В. Леонтьева. Продуктивные матрицы. Критерии продуктивности. Теорема Фробениуса–Перрона. Свойства числа Фробениуса–Перрона. Теорема об устойчивости примитивных матриц.<br>2. Динамическая модель В.В. Леонтьева. Теорема о магистрали Моришимы. Экономическая интерпретация вектора Фробениуса–Перрона.<br>3. Линейные задачи оптимального распределения ресурсов. Экономическая интерпретация двойственности в задачах линейного программирования.<br>4. Модель Кокса–Росса–Рубинштейна. Оценка стоимости опциона.<br>5. Модель олигополистической конкуренции Курно. Теорема Нэша.<br>6. Модель Эрроу–Дебре. Конкурентное равновесие. Сведение вопроса о | 10 |  |  |  |  |  |  | 10 | 10 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |  |  |  |  |          |          |            |  |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--|--|--|--|----------|----------|------------|--|------------|
| <p>существовании конкурентного равновесия к решению задачи дополнителности. Замкнутость отображений спроса и предложения. Теорема Эрроу–Дебре.</p> <p>7. Неподвижные точки. Теоремы Брауэра и Какутани. Лемма Гейла–Никайдо–Дебре. Теорема Фань-Цзы.</p> <p>8. Оптимальность по Парето конкурентного равновесия (первая теорема теории благосостояния). Теорема Дебре (вторая теорема теории благосостояния). Сравнительная статика в моделях конкурентного равновесия.</p> <p>9. Проблемы коллективного выбора. Парадокс Эрроу.</p> <p>10. Индексы неравенства и кривая Лоренца. Теорема мажоризации.</p> |            |  |  |  |  |          |          |            |  |            |
| Промежуточная аттестация: допуск к кандидатскому экзамену                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3          |  |  |  |  | 3        | 3        |            |  |            |
| <b>Итого</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>108</b> |  |  |  |  | <b>6</b> | <b>6</b> | <b>102</b> |  | <b>102</b> |

## 8. Образовательные технологии.

Проводятся лекции-консультации с использованием мультимедийной техники.

## 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. [http://mk.cs.msu.ru/index.php/Дискретные модели управляющих систем](http://mk.cs.msu.ru/index.php/Дискретные_модели_управляющих_систем)
10. Ложкин С.А. Лекции по основам кибернетики. М.: МАКС Пресс, 2004.
11. Яблонский С.В. Элементы математической кибернетики. М.: Высшая Школа, 2007.
12. Кострикин А.Н. Введение в алгебру. Основы алгебры. М.: МЦНМО, 2018.
13. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1976.
14. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. М.: Юрайт, 2014.
15. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал, 2002.
16. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
17. Понтрягин Л.С. Избранные научные труды. Том 2. М.: Наука, 1988.
18. Тихомиров В.М., Фомин С.В., Алексеев В.М. Оптимальное управление. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018.
19. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Фазис, 2002.
20. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
21. Морозов В.В. Основы теории игр. М.: Издательство МГУ, 2002.

22. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. М.: Мир, 1985.
23. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. М.: Мир, 1972.
24. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. М.: Наука, 1984.
25. Экланд И. Элементы математической экономики. М.: Мир, 1983.
26. Обен Ж.-П. Нелинейный анализ и его экономические приложения. М.: Мир, 1988.
27. Маршалл А., Олкин И. Неравенства, теория мажоризации и ее приложения. М.: Мир, 1983.
28. 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

Авторский коллектив под руководством профессора д.ф.-м.н. Ложкина С. А.

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

Допуск к сдаче кандидатского экзамена получают аспиранты, сдавшие свыше 65% тестовых контрольных работ.

Тестовые контрольные работы, основываются на вопросах кандидатского минимума по соответствующей специальности.

