

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ ИМ. М.В. КЕЛДЫША
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»**

Утверждена
Ученым советом
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
протокол № 14-22 от «10» ноября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория кодирования

Научная специальность

1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика»

Форма обучения

очная

Москва, 2022

Дисциплина: «Теория кодирования»

Научная специальность: 1.2.3 - «Теоретическая информатика, кибернетика»

Форма обучения: очная

ИСПОЛНИТЕЛЬ (разработчик программ):

Яшунский А.Д., ИПМ им. М.В. Келдыша, в.н.с., д.ф.-м.н.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РЕКОМЕНДОВАНА

Ученым советом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,
протокол № 14/22 от «10» ноября 2022 г.

Заведующий аспирантурой _____ / Меньшов И.С. /

Оглавление

АННОТАЦИЯ	4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3.1. Структура дисциплины.....	5
3.2. Содержание разделов дисциплины	5
3.3. Семинарские занятия.....	5
4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	6
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7

АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Теория кодирования» разработана и составлена на основании ФГТ - «Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)» (Приказ Минобрнауки № 951 от 20.10.2021г.), в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН) по научной специальности: 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика».

Дисциплина «Теория кодирования» реализуется в рамках Блока «Образовательный компонент программы подготовки научных и научно - педагогических кадров в аспирантуре ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 2 зач.ед. (72 часа), из них лекций – 4 часа, семинарских занятий – 10 часов, практических занятий – 0 часов и самостоятельной работы – 22 часа. Дисциплина реализуется на 1-м курсе, в 2-м семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме экзамена.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи дисциплины «Теория кодирования»

Цель: ознакомление с основными теоремами и задачами теории кодирования; приобретение навыков построения кодов с заданными параметрами.

Задачи: изучить основные соотношения параметров кодов при алфавитном и блочном кодировании; изучить свойства конечных полей и способы их применения для построения кодов; приобрести опыт построения кодов, исправляющих ошибки, с заданными параметрами.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Теория кодирования» направлен на получение определенных знаний, умений и компетенций:

а) универсальные (УК): не предусмотрено

б) общепрофессиональные (ОПК): Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1)

в) профессиональные (ПК): Способность к исследованию методами минимизации дискретных функций и алгоритмами на графах (ПК-1);

Способность использовать основные понятия теории функциональных систем и проблематики полноты (ПК-2);

Способность владеть основными методами теории распознавания и классификации (ПК-3);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Иметь представление: о проблематике и основных понятиях теории кодирования.

Знать: основные определения и теоремы теории кодирования.

Уметь: доказывать основные теоремы теории кодирования.

Владеть: алгоритмами построения кодов, кодирования и декодирования.

Приобрести опыт: построения кодов с заданными параметрами.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	общая	
	зач.ед.	час.
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ по Учебному плану	2	72
<i>Аудиторные занятия</i>		
Лекции (Л)		4
Практические занятия (ПЗ)		-
Семинары (С)		10
<i>Самостоятельная работа (СР) без учёта промежуточного контроля:</i>		
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины		22
<i>Вид контроля: экзамен</i>		36

3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

№ раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Форма текущей аттестации
1.	Алфавитное кодирование, оптимальные коды	Алфавитное кодирование. Разделимые коды. Неравенство Крафта-Макмиллана. Критерий взаимной однозначности алфавитного кодирования. Полные коды; критерий полноты для делимых кодов. Оптимальные коды и их свойства. Методы построения оптимальных кодов.	О, ДЗ
2.	Оценки Мощности блочных кодов	Блочное кодирование. Самокорректирующиеся коды. Граница Хэмминга. Верхняя и нижняя оценки мощности максимального кода. Совершенные коды.	О, ДЗ
3.	Свойства конечных полей	Конечные поля. Порядок и характеристика поля; основные свойства конечных полей. Поле $GF(p)$. Неприводимые многочлены. Формула для числа неприводимых нормированных многочленов степени k с коэффициентами из $GF(p)$. Поле $GF(p^m)$. Построение поля $GF(p^m)$. Нормальные базисы. Решение квадратных уравнений в поле $GF(2^m)$.	О, ДЗ

4.	Коды, исправляющие ошибки	Линейные коды над полем $GF(p)$. Дуальные коды. Параметры линейных кодов. Граница Варшавова-Гилберта. Соотношение МакВильямса. Декодирование линейных кодов. Алгоритм декодирования по максимуму правдоподобия. Коды Хемминга, исправляющие единичную ошибку. Алгоритм декодирования кодов Хэмминга. Обобщенные коды Хэмминга их свойства. Метод исправления ошибок.	О, ДЗ
5.	Коды БЧХ	Коды БЧХ над полем $GF(2)$ (двоичные коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема). Построение кодов БЧХ, исправляющих t ошибок. Декодирование кодов БЧХ. Теорема Питерсона. Алгоритм Питерсона декодирования двоичных кодов БЧХ, исправляющих t ошибок. Коды БЧХ над полем $GF(p)$. Построение кодов БЧХ, исправляющих t ошибок. Метод исправления ошибок.	О, ДЗ
6.	Коды Рида-Маллера	Двоичные коды Рида-Маллера порядка r (коды $R(r,m)$). Алгоритм декодирования кода $R(r,m)$, Расширенный код Хэмминга и его свойства.	О, ДЗ
7.	Циклические коды	Циклические коды и их свойства. Примеры циклических кодов.	О, ДЗ

Примечание: О – опрос, Д – дискуссия (диспут, круглый стол, мозговой штурм, ролевая игра), ДЗ – домашнее задание (эссе и пр.). Формы контроля не являются жесткими и могут быть заменены преподавателем на другую форму контроля в зависимости от контингента обучающихся. Кроме того, на занятиях семинарских может проводиться работа с нормативными документами, изданиями средств информации и прочее, что также оценивается преподавателем.

3.3. Лекционные занятия

№ занятия	№ Раздела (темы)	Краткое содержание Раздела (темы)	Кол-во часов
1.	1	Алфавитное кодирование	2
2.	4	Коды, исправляющие ошибки	2
ВСЕГО			4

3.4. Семинарские занятия

№ занятия	№ Раздела (темы)	Краткое содержание Раздела (темы)	Кол-во часов
3.	2	Задачи оценки соотношения параметров блочных кодов	2
4.	3	Задачи на вычисления в конечных полях	2
5.	5	Задачи построения и декодирования кодов БЧХ	2
6.	6	Задачи декодирования кодов Рида-Маллера	2
7.	7	Задачи построения циклических кодов	2
ВСЕГО			10

4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНДОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов. Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины см. ниже.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2-не удовлетворительно).

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Форма контроля знаний	Вид аттестации	Примечание
проверочные работы в течение всего курса	текущая	Ниже приведены перечни рекомендуемых задач и контрольных вопросов
экзамен	итоговая	Примеры билетов приведены

Примерный перечень рекомендуемых **контрольных вопросов** для оценки текущего уровня успеваемости студента:

1. Неравенство Крафта-Макмиллана.
2. Критерий взаимной однозначности алфавитного кодирования.
3. Критерий полноты для разделимых кодов.
4. Граница Хэмминга.
5. Верхняя и нижняя оценки мощности максимального кода.
6. Формула для числа неприводимых нормированных многочленов степени k с коэффициентами из $GF(p)$.
7. Граница Варшавова-Гилберта.
8. Соотношение МакВильямс.
9. Алгоритм декодирования кодов Хэмминга.
10. Построение кодов БЧХ, исправляющих t ошибок.
11. Теорема Питерсона.
12. Алгоритм декодирования кода $R(r,m)$.
13. Примеры циклических кодов.

Рекомендуемые контрольные задачи для оценки текущего уровня успеваемости студента содержатся в соответствующем разделе задачника: Гаврилов Г. П., Сапоженко А. А. Задачи и упражнения по дискретной математике.

Промежуточная аттестация аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в соответствии с локальным актом ИПМ им. М.В. Келдыша РАН – Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по программам высшего образования – программам подготовки

научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме экзамена в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителю директора по научной работе). Обучающийся допускается к экзамену в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на экзамене – по 4-х бальной системы (5 – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – неудовлетворительно).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена

Оценка	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
2, неудовлетворительно	Фрагментарные знания учебного материала, фрагментарные навыки решения задач.
3, удовлетворительно	В целом успешное, но не систематическое усвоение материала,
Оценка	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
	некоторые навыки решения задач.
4, хорошо	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы усвоение материала и навыки решения задач.
5, отлично	Сформированное представление о всем материале курса, уверенные навыки решения задач.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Наука, 2001.
2. Дискретная математика и математические вопросы кибернетики. Том I. Под общ.ред. С. В. Яблонского и О. Б. Лупанова. М.: Наука, 1974.
3. Гаврилов Г. П., Сапоженко А. А. Задачи и упражнения по дискретной математике. М.: Физматлит, 2004.

Дополнительная литература и Интернет-ресурсы

1. МакВильмс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Связь, 1979.
2. Сидельников В. М. Теория кодирования. М.: Физматлит, 2008.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения интерактивных методов обучения для чтения лекций требуется аудитория с мультимедиа (возможен вариант с интерактивной доской).

Для проведения дискуссий и круглых столов, возможно, использование аудиторий со специальным расположением столов и стульев.

ИСПОЛНИТЕЛИ (разработчики программы):

Яшунский А.Д., ИПМ им. М.В. Келдыша, д.ф.-м.н.