

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Теория функциональных систем

Научная специальность
1.2.3 - «Теоретическая информатика, кибернетика»

Форма обучения
очная

Москва, 2022

Дисциплина: Теория функциональных систем

Научная специальность: 1.2.3 - «Теоретическая информатика, кибернетика»

Форма обучения: очная

ИСПОЛНИТЕЛЬ (разработчик программ):

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

РЕЦЕНЗЕНТ: Храпченко В.М., к.ф.-м.н., ИПМ им. М.В. Келдыша

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 функциональных систем» 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».

Учебная дисциплина 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.

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 3 зач.ед. (108 часов), из них лекций – 4 часа, семинарских занятий – 10 часов, практических занятий – 0 часов и самостоятельной работы – 94 часа. Дисциплина реализуется на 2-м курсе, в 4-м семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

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

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи дисциплины «Теория функциональных систем»

Цель: ознакомление с различными формализациями понятия вычисления; ознакомление с проблематикой полноты функциональных систем, представимости языков, вычислимости функций.

Задачи: изучить критерии полноты в конечно-значных логиках; изучить свойства о.-д. функций, конечных автоматов и регулярных языков; освоить методы доказательства алгоритмической неразрешимости проблем.

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) общепрофессиональных (ОПК): не предусмотрено

в) профессиональных (ПК): Способность использовать основные понятия теории функциональных систем и проблематики полноты (ПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Иметь представление: о месте теории функциональных систем в математических науках, ее предмете и задачах.

Знать: основные теоремы о конечнозначных, о.-д. и вычислимых функциях.

Уметь: устанавливать полноту систем функций конечнозначных логик, конструировать конечные автоматы, представляющие языки, строить частично-рекурсивные функции, эквивалентные машинам Тьюринга.

Владеть: алгоритмами преобразований между различными формами представления регулярных языков, алгоритмом минимизации конечного автомата.

Приобрести опыт: доказательства алгоритмической неразрешимости проблем.

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	3	108
<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		94
<i>Вид контроля: зачет</i>		

3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

№ раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Форма текущей аттестации
1.	Функции алгебры логики	Функции алгебры логики. Проблема полноты. Теорема о полноте систем функций двужначной логики. Теорема Поста о конечной порождённости замкнутых классов булевых функций. Описание семейства всех замкнутых классов функций алгебры логики. Классы сохранения отношений и их свойства. Теорема о представлении замкнутых классов в терминах сохранения отношений. Описание замкнутых классов булевых функций в терминах сохранения отношений. Вычисление размерностей замкнутых классов.	О, ДЗ
2.	Функции многозначной логики	Функции k-значной логики. Теорема Кузнецова. Алгоритм распознавания полноты конечных систем функций в R_k . Теоремы Слупецкого, Яблонского, Бурле, Мальцева и Саломая. Особенности множества функций k-значной логики, $k > 2$. Представление функций полиномами. Теоремы Янова и Мучника.	О, ДЗ
3.	Ограниченно-детерминированные функции	Ограниченно-детерминированные функции (о.д.-функции). Способы задания о.д.-функций. Операции суперпозиции и обратной связи. Проблема полноты для о.д.-функций. Примеры полных систем. Отсутствие конечной полной системы о.д.-функций относительно операции суперпозиции.	О, ДЗ

4.	Регулярные языки и автоматы	Регулярные языки. Представление языков диаграммами. Теорема о совпадении класса регулярных языков с классом языков, представимых диаграммами. Конечные автоматы. Представимые языки. Теорема Клини. Примеры нерегулярных языков. Характеризация языков в однобуквенном алфавите.	О, ДЗ
5.	Свойства автоматов	Эксперименты с автоматами. Теорема Мура. Сокращенный автомат. Метод построения сокращенного автомата.	О, ДЗ
6.	Алгоритмически неразрешимые проблемы	Машины Тьюринга. Вычислимые функции. Тезис Тьюринга. Проблемы самоприменимости и применимости для машин Тьюринга. Универсальная машина Тьюринга. Алгоритмически неразрешимые проблемы. Алгоритмическая неразрешимость проблемы эквивалентности слов в ассоциативных исчислениях. Алгоритмическая неразрешимость проблемы полноты для конечных автоматов. Проблема распознавания нетривиальных инвариантных свойств. Теорема Клини о неподвижной точке. Теорема Райса.	О, ДЗ
7.	Частично рекурсивные функции	Частично рекурсивные функции. Тезис Чёрча. Эквивалентность класса частично рекурсивных функций и класса функций, вычислимых на машинах Тьюринга.	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 проводится 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	Функции алгебры логики и проблема полноты	2
2.	6	Алгоритмически неразрешимые проблемы	2
ВСЕГО			4

3.4. Семинарские занятия

№ занятия	№ Раздела (темы)	Краткое содержание Раздела (темы)	Кол-во часов
3.	2	Задачи распознавания полноты в многозначных логиках	2
4.	3	Выражение о.-д. функций с помощью суперпозиции и операции обратной связи	2
5.	4	Представление регулярных языков автоматами	2
6.	5	Задачи построения сокращенного автомата	2
7.	7	Задачи построения частично-рекурсивных функций, эквивалентных заданной машине Тьюринга	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
зачет	итоговая	

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

1. Теорема о полноте систем функций двузначной логики.
2. Теорема о представлении замкнутых классов в терминах сохранения отношений.
3. Теорема Кузнецова.
4. Теоремы Слупецкого, Яблонского, Бурле, Мальцева и Саломаа.
5. Теоремы Янова и Мучника.
6. Отсутствие конечной полной системы о.д.-функций относительно операции суперпозиции.
7. Теорема о совпадении класса регулярных языков с классом языков, представимых диаграммами.
8. Теорема Клини.
9. Теорема Мура.
10. Алгоритмическая неразрешимость проблемы эквивалентности слов в ассоциативных исчислениях.
11. Алгоритмическая неразрешимость проблемы полноты для конечных автоматов.
12. Теорема Клини о неподвижной точке.
13. Теорема Райса.
14. Эквивалентность класса частично рекурсивных функций и класса функций, вычисляемых на машинах Тьюринга.

Рекомендуемые **контрольные задачи** для оценки текущего уровня успеваемости студента содержатся в соответствующих разделах 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 ФИЦ 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.

Итоговая аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителю директора по научной работе). Обучающийся допускается к зачету 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 зачете – зачет, незачет.

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
Незачет	основное содержание учебного материала не раскрыто; допущены грубые ошибки в определении понятий и при использовании терминологии; не даны ответы на дополнительные вопросы.
Зачет	раскрыто содержание материала, даны корректные определения понятий; допускаются незначительные нарушения последовательности изложения; допускаются небольшие неточности при использовании терминов или в логических выводах; при неточностях задаются дополнительные вопросы.

Список вопросов к зачету

1. Функции алгебры логики.
2. Проблема полноты. Теорема о полноте систем функций двузначной логики
3. Теорема Поста о конечной порожденности замкнутых классов булевых функций.
4. Описание семейства всех замкнутых классов функций алгебры логики.
5. Классы сохранения отношений и их свойства.
6. Теорема о представлении замкнутых классов в терминах сохранения отношений.
7. Описание замкнутых классов булевых функций в терминах сохранения отношений. Вычисление размерностей замкнутых классов.
8. Функции k -значной логики. Теорема Кузнецова.
9. Алгоритм распознавания полноты конечных систем функций в P_k .
10. Теоремы Слупецкого, Яблонского, Бурле, Мальцева и Саломаа.
11. Особенности множества функций k -значной логики, $k > 2$.
12. Представление функций полиномами. Теоремы Янова и Мучника.
13. Ограниченно-детерминированные функции (о.д.-функции).
14. Способы задания о.д.-функций. Операции суперпозиции и обратной связи. Проблема полноты для о.д.-функций.
15. Примеры полных систем. Отсутствие конечной полной системы о.д.-функций относительно операции суперпозиции.
16. Машины Тьюринга. Вычислимые функции. Тезис Тьюринга.
17. Проблемы самоприменимости и применимости для машин Тьюринга.
18. Универсальная машина Тьюринга. Алгоритмически неразрешимые проблемы.
19. Алгоритмическая неразрешимость проблемы эквивалентности слов в ассоциативных исчислениях. Алгоритмическая неразрешимость проблемы полноты для конечных автоматов.
20. Проблема распознавания нетривиальных инвариантных свойств.

21. Теорема Клини о неподвижной точке. Теорема Райса.
22. Частично рекурсивные функции.
23. Тезис Чёрча.

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. Яблонский С. В., Гаврилов Г. П., Кудрявцев В. Б. Функции алгебры логики и классы Поста. М.: Наука, 1966.
2. Марченков С. С., Угольников А. Б. Замкнутые классы булевых функций. М.: ИПМ АН СССР, 1990.
3. Угольников А. Б. Классы Поста. М.: Изд.-во ЦПИ при механико-математическом факультете МГУ им. М. В. Ломоносова, 2008.
4. Яблонский С. В. Функциональные построения в k -значной логике // Труды матем. ин-та АН СССР им. Стеклова. 1958. Т. 51. С. 5-142.
5. Кудрявцев В.Б., Алешин С. В., Подколзин А. С. Введение в теорию автоматов. М.: Наука, 1985.
6. Пентус А. Е., Пентус М. Р. Теория формальных языков. М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.

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., д.ф.-м.н., ИПМ им. М.В. Келдыша РАН