

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

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Формальные языки и грамматики»**

**Научная специальность**

**1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика»**

**Форма обучения**

**очная**

Москва, 2022

**Научная специальность:** 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика»

**Дисциплина** - «Формальные языки и грамматики»

**Форма обучения:** очная

**ИСПОЛНИТЕЛЬ** (разработчик программ):

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

**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

Дисциплина «Формальные языки и грамматики» реализуется в рамках Блока «Образовательный компонент» основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального исследовательского центра Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН).

Рабочая программа дисциплины «Формальные языки и грамматики» разработана и составлена на основании Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре к условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН по научной специальности 1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика.

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 – 58 часов. Дисциплина реализуется на 1-м курсе, в 1-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 «Формальные языки и грамматики»

**Цель:** изучение теории формальных языков и грамматик, их практического применения для описания языков программирования и построения анализаторов.

**Задачи:** освоить применение методов дискретной математики при анализе формальных языков и грамматик, уметь классифицировать формальные языки и грамматики, уметь строить грамматики для заданного формального языка, освоить построение деревьев разбора, использовать разные виды грамматик для построения алгоритмов решения задач.

### 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Формальные языки и грамматики» направлен на получение определенных знаний, умений и компетенций:

**а) универсальных (УК):** не предусмотрено

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

**в) профессиональных (ПК):** Способность к исследованию при помощи использования формальных языков и грамматик (ПК-1)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Иметь представление:** об основных классах формальных языков и грамматик, использовании методов математической лингвистики при создании алгоритмов и анализе структур данных.

**Знать:** основные классы формальных языков и грамматики, алгоритмы, используемые при организации нисходящего и восходящего разбора.

**Уметь:** использовать методы математической лингвистики при построении алгоритмов решения прикладных задач.

**Владеть:** алгоритмами построения грамматик для заданного формального языка, методами проведения нисходящего и восходящего разбора

**Приобрести опыт:** построения конечных автоматов, распознающих заданный язык, использования их для выбора подходящих структур данных и алгоритмов решения задач.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	общая	
	зач.ед.	час.
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ</b> по Учебному плану	<b>2</b>	<b>72</b>
<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		58
<i>Вид контроля: зачет</i>		

#### 3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

№ раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Форма текущей аттестации
1.	Формальные языки и грамматики	Алфавит, слова, операции над словами. Определение формального языка. Способы задания языков. Операции над языками, свойства операций. Регулярные множества и регулярные выражения. Порождающие грамматики и их классификация.	О, ДЗ
2.	A – языки и конечные автоматы	A-грамматики и их диаграммы. Конечный (лингвистический) авто-мат и способы его задания. Недетерминированные автоматы и их детерминизация. Эквивалентность класса языков, порождаемых грамматики и допускаемых конечными автоматами. Автоматы с $\lambda$ -переходами, двухполюсники. Минимизация конечных автоматов.	О, ДЗ
3.	Связь регулярных множеств и A-грамматик	Алгебра регулярных выражений. Стандартные системы уравнений и их решение. Теорема об эквивалентности регулярных множеств и A-языков. Разрешимые проблемы для A-грамматик.	О, ДЗ
4.	КС-языки и	Понятие структуры цепочки, варианты ее	О, ДЗ

	грамматики	представления, связь с выводом. Синтаксические деревья, синтаксическая неоднозначность. Нотации, применяемые для задания КС грамматики. Задача синтаксического анализа в широком и узком смысле. Преобразования грамматик	
5.	Синтаксический анализ	Определение СУ-схем. Перевод, определяемый СУ-схемой. Задача синтаксического анализа в широком смысле. Классификация алгоритмов синтаксического анализа.	О, ДЗ
6.	Разрешимые и неразрешимые свойства КС-грамматик	Понятие разрешимых и неразрешимых свойств. Эквивалентные преобразования грамматик. Разрешимые свойства КС-грамматик, неразрешимость проблемы эквивалентности для КС-грамматик	О, ДЗ
7.	LL(k)-грамматики	LL(K) и строго LL(k)-грамматики. Теорема о принадлежности LL(1)-грамматик к классу строго LL(1)-грамматик. Критерий принадлежности грамматики к классу LL(1) -грамматик. Алгоритм построения First(A) и Follow(X). Реализация синтаксического анализа для LL(1)-грамматик с помощью рекурсивных процедур.	О, ДЗ
8.	Грамматики простого предшествования	Определение LR(k)-грамматик. Определение грамматик простого предшествования, как частного случая LR(k)-грамматик. Алгоритм разбора.	О, ДЗ
9.	Синтез и преобразование конечных автоматов	Определение автоматов Мили и Мура. Эквивалентность автоматов Мили и Мура с точки зрения класса реализуемых автоматных отображений. Последовательное, параллельное и соединение с обратной связью конечных автоматов. Канонический метод структурного синтеза конечных автоматов. Кодирование состояний и сигналов в автоматах.	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.	Классификация формальных языков и грамматик.	2
2.	3.	Конечные автоматы и синтаксический разбор.	2
<b>ВСЕГО</b>			<b>4</b>

### 3.4. Семинарские занятия

№ занятия	№ Раздела (темы)	Краткое содержание Раздела (темы)	Кол-во часов
3.	2	Построение грамматик по заданным языкам. Определение языков, порождаемых грамматиками.	2
4.	4	Построение и эквивалентные преобразования конечных лингвистических автоматов.	2
5.	5	Построение синтаксических деревьев, осуществление восходящего	2

		и нисходящего разбора.	
6.	6	Определение свойств грамматик.	2
7.	7	Преобразование и синтез автоматов Мили и Мура.	2
<b>ВСЕГО</b>			<b>10</b>

#### 4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ 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:

1. Определение формального языка, свойства операций над языками. Способы задания языков.
2. Определение и классификация грамматик.
3. Представление автомата с  $\lambda$ - переходами двухполюсником, свойство замкнутости A-языков.
4. Теорема о совпадении класса языков и регулярных множеств, способы задания A-языков.
5. Детерминированный и недетерминированный автоматы. Язык, допускаемый автоматом и его связь с графом перехода автомата.
6. Детерминизация недетерминированного лингвистического автомата. Оптимизация и детерминизация автоматов с  $\lambda$ - переходами.
7. Минимизация детерминированного лингвистического автомата.
8. Представление автомата с  $\lambda$ - переходами двухполюсником, свойство замкнутости A-языков.
9. Определение регулярного множества и его свойства. Эквивалентные преобразования регулярных множеств.
10. Теорема о совпадении класса языков и регулярных множеств, способы задания A-языков.
11. Диаграмма A-грамматики, ее построение и связь с языком, порождаемым грамматикой.

12. Решение стандартной системы уравнений в классе регулярных множеств.
13. Нотации, применяемые для задания КС-грамматик.
14. Эквивалентные преобразования грамматик.
15. СУ-схемы. Перевод, определяемый СУ-схемой.
16. Структурный уровень описания языка, типовые формы представления структуры цепочки (скобочная запись, ОПЗ, синтаксическое дерево). Синтаксическая неоднозначность. Область применения однозначных и неоднозначных грамматик.
17. Варианты постановки задачи синтаксического анализа: задача о допусчении, задача о переводе, о построении вывода. Классификация алгоритмов построения разбора.
18. Главная проблема для выполнения детерминированного нисходящего разбора. Неформальное и формальное определение LL(k) грамматик. Теорема об однозначности LL(k) грамматик.
19. Определение процедуры, реализующей детерминированный нисходящий разбор для LL(k) грамматики.
20. Разрешимые свойства A-грамматик.
21. Разрешимые свойства КС – грамматик.
22. Неразрешимые свойства КС – грамматик.
23. Определение грамматики простого предшествования, построение отношений, алгоритм разбора.
24. Определение автоматов Мили и Мура. Отображение, задаваемое автоматом Мили.
25. Переход от автомата Мили к автомату Мура и наоборот.
26. Последовательное, параллельное и соединение с обратной связью конечных автоматов.

Примерный перечень рекомендуемых контрольных задач для оценки текущего уровня успеваемости:

1. Определить язык, порождаемый заданной грамматикой
2. Построить объединение, пересечение и конкатенацию заданных языков.
3. Определить (с обоснованием) класс языка, заданного в виде множества.
4. Построить грамматику, порождающую заданный язык.
5. Проверить, является ли грамматика однозначной.
6. Применить СУ-схему к цепочке.
7. Построить грамматику для разбора арифметических выражений, построенных с использованием знаков +, × и скобок ( , ) [Или: логических выражений, построенных с использованием знаков отрицания, &, ∨ и скобок ( , ) ].
8. Минимизировать число состояний заданного автомата.
9. Определить язык, распознаваемый заданным автоматом.
10. Сравнить регулярные выражения.
11. Проверить свойство грамматики (однозначность, ГПП, LL(1)).
12. Упростить грамматику.
13. Провести грамматический разбор заданной цепочки в заданной грамматике (ГПП, LL(1)).
14. Устранить λ-правила в заданной грамматике.
15. Решить систему уравнений в классе регулярных выражений.
16. Решить систему уравнений итерационным методом.
17. Построить синтаксическое дерево для цепочки в заданной грамматике.
18. Построить последовательное (параллельное) соединение заданных автоматов.
19. Определить автоматное отображение, задаваемое автоматом Мили.

**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 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**

<b>Оценка</b>	<b>Требования к знаниям и критерии выставления оценок</b>
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.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### *Основная литература*

1. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа перевода и компиляции, т. 1,2; Пер. с англ. М.: Мир, 1978.
2. Кудрявцев В.Б., Алешин С.В., Подколзин А.С. Введение в теорию конечных автоматов М.: Наука, 1985.
3. Короткова М.А., Трифонова Е.Е. Задачник по курсу «Математическая лингвистика и теория автоматов». Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012.
4. Короткова М.А. Математическая теория автоматов. М.: МИФИ, 2008.

### *Дополнительная литература и Интернет-ресурсы*

5. Горбатов В.А. Основы дискретной математики М.: Высшая школа, 1986.
6. Сергиевский Г.М., Короткова М.А. Введение в математическую лингвистику и теорию автоматов. Конспект лекций М.: МИФИ, 2004
7. С.В. Яблонский Введение в дискретную математику М.: Высшая школа, 2001
8. Горбатов В.А., Горбатов А.В., Горбатова М.В Теория автоматов: учебник для ВТУЗов, М.: АСТ: Астрель, 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.