

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 8 от 24.09.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория автоматов и формальных языков

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.09 Теория автоматов и формальных языков относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации УК-1.2: Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности УК-1.3: Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов	УК-1.1: Знает принципиальные различия между автоматами-преобразователями и автоматами-распознавателями, автоматами с магазинной памятью и конечными автоматами, УК-1.2: Умеет определять виды грамматик. УК-1.3: Имеет практический опыт работы с грамматиками, автоматами и регулярными выражениями.	Аудиторная контрольная работа	Зачёт: Контрольные вопросы
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знает основные положения и концепции в области математических и естественных наук, базовые теории и истории основного, теории коммуникации; знает основную терминологию ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты ОПК-1.3: Имеет	ОПК-1.1: Знает основные понятия теории автоматов и формальных языков. ОПК-1.2: Умеет составлять конечный автомат по праволинейной грамматике и наоборот, умеет строить минимальный детерминированный конечный автомат. ОПК-1.3:	Аудиторная контрольная работа	Зачёт: Контрольные вопросы

	<i>практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности</i>	<i>Имеет практический опыт построения автомата-распознавателя по ограниченно-детерминированной функции.</i>		
--	---	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	59
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Тема 1. Введение: начальные понятия теории автоматов и формальных языков.	16	4	4	8	8
Тема 2. Конечные автоматы-преобразователи.	13	4	2	6	7
Тема 3. Конечные автоматы-распознаватели.	13	4	2	6	7
Тема 4. Регулярные выражения.	9	3	1	4	5
Тема 5. Минимизация детерминированных конечных автоматов..	9	2	1	3	6
Тема 6. Свойства конечно-автоматных языков.	14	4	2	6	8
Тема 7. Автоматы с магазинной памятью (МП-автоматы).	14	4	2	6	8
Тема 8. Контекстно-свободные (КС) грамматики и языки и их связь с МП-автоматами.	16	6	2	8	8
Тема 9. Алгоритмические проблемы теории автоматов и формальных	3	1	0	1	2

языков.					
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	16	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение: Понятие грамматики. Классы грамматик. Иерархия Хомского.

Тема 2. Конечные автоматы-преобразователи: определение и способы задания конечного автомата-преобразователя; словарные функции, критерий автоматности словарной функции; построение диаграммы Мура для ограниченно-детерминированных функций; реализуемость сложения двух натуральных чисел и нереализуемость умножения с помощью конечного автомата.

Тема 3. Конечные автоматы-распознаватели: Определение конечного автомата-распознавателя, детерминированные и полные автоматы-распознаватели; критерий автоматности формального языка.

Тема 4. Регулярные выражения: Понятие регулярного выражения, свойства регулярных выражений; критерий регулярности языка.

Тема 5. Минимизация детерминированных конечных автоматов: Критерий автоматности языка в терминах правых контекстов; построение минимальных детерминированных конечных автоматов.

Тема 6. Свойства конечно-автоматных языков: Свойства замкнутости класса автоматных языков. Лемма о разрастании для автоматных языков. Гомоморфизмы и автоматные языки.

Тема 7. Автоматы с магазинной памятью (МП-автоматы): Определение автомата с магазинной памятью. Характеризация КС-языков с помощью МП-автоматов.

Тема 8. Контекстно-свободные (КС) грамматики и языки и их связь с МП-автоматами: Деревья вывода. Однозначные контекстно-свободные грамматики. Устранение бесполезных символов в КС-грамматиках. Устранение эpsilon-правил в КС-грамматиках. Нормальная форма Хомского в КС-грамматиках. Необходимое условие КС-языка (лемма о разрастании для КС-языков). Свойства замкнутости класса контекстно-свободных языков. Детерминированные автоматы с магазинной памятью. Применение автоматов с магазинной памятью.

Тема 9. Алгоритмически разрешимые и неразрешимые проблемы теории автоматов и формальных языков.

На практических занятиях более подробно изучается программный материал в плоскости отработки практических умений и навыков и усвоения следующих тем:

1. Начальные понятия теории формальных языков.
2. Эквивалентность и виды грамматик.
3. Конечные автоматы-преобразователи.
4. Автоматы и автоматные языки. Детерминированные автоматы-распознаватели.
5. Регулярные выражения. Минимизация детерминированных конечных автоматов.
6. Свойства конечно-автоматных языков. Автоматы с магазинной памятью (МП-автоматы).

7. Контрольная работа по теме “Виды грамматик, конечные автоматы и МП-автоматы”.
8. Контекстно-свободные грамматики и языки. Свойства КС-языков.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД, Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Вариант 1.

1. Описать язык $L \subseteq \{a, b\}^*$, порождаемый грамматикой $\{S \rightarrow Sc \mid D, D \rightarrow aDb \mid \varepsilon\}$.

Какому классу принадлежит данная грамматика?

2. Является ли словарная функция $f: X^* \rightarrow Y^*$, где $X=Y=\{0; 1\}$, автоматной? Если да, то постройте автомат-преобразователь, реализующий ее.

$$f: \begin{cases} y(1) = 1, \\ y(t) = x(t-1) \rightarrow x(t), \quad t \geq 2. \end{cases}$$

3. Найти детерминированный конечный автомат, распознающий язык

$$\{(a^2b)^m (ba)^n \mid m \geq 0, n \geq 0\}.$$

Вариант 2.

1. Описать язык $L \subseteq \{a, b\}^*$, порождаемый грамматикой $P = \{S \rightarrow FFF, F \rightarrow aFbb \mid \varepsilon\}$.

Какому классу принадлежит данная грамматика?

2. Является ли словарная функция $f: X^* \rightarrow Y^*$, где $X=Y=\{0; 1\}$, автоматной? Если да, то постройте автомат-преобразователь, реализующий ее.

$$f: \begin{cases} y(1) = x(1), \\ y(t) = x(t-1) \vee x(t), \quad t \geq 2. \end{cases}$$

3. Найти детерминированный конечный автомат, распознающий язык $L \subseteq \{a, b, c\}^*$,

каждое слово которого содержит подслово cbc .

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Вариант 1.

1. Найти минимальный полный детерминированный конечный автомат для языка

$$\{ab^{2n} \mid n \geq 0\} \cup \{cb^{2n+1} \mid n \geq 0\}.$$

2. Найти МП-автомат, распознающий язык, порождаемый грамматикой

$$\{S \rightarrow aDD \mid \varepsilon, D \rightarrow bDK \mid c, K \rightarrow aD\}.$$

Вариант 2.

1. Найти минимальный полный детерминированный конечный автомат для языка

$$\{abc^n \mid n \geq 0\} \cup \{bc^{3n} \mid n \geq 0\}.$$

2. Найти МП-автомат, распознающий язык

$$\{a^m b^{2n+1} a^{2m} b \mid m \geq 0, n \geq 0\}.$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Аудиторная контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	В целом удовлетворительная подготовка. Студент дает полный ответ на теоретический вопрос (допускаются небольшие неточности при формулировке теорем и их доказательстве), а также решает практические задачи без грубых ошибок. Студент посещал практические занятия и активно на них работал. Выполнение контрольных зачетных заданий от 50 до 100%.
не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы на теоретические вопросы, допускает грубые ошибки при решении практических задач. Выполнение контрольных зачетных заданий до 50%.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
		не зачтено			зачтено		
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического	Уровень знаний ниже минимальных	Минимально допустимы	Уровень знаний в объеме,			

	материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	требований. Имели место грубые ошибки	й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	соответствующем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	соответствующем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	соответствующем программе подготовки и. Ошибок нет.	превышающей программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Начальные понятия теории формальных языков: алфавит, слово, язык, префикс и суффикс слова.
2. Понятие грамматики
3. Классы грамматик. Иерархия Хомского.
4. Определение конечного автомата-преобразователя.
5. Словарные функции и их связь с конечными автоматами-преобразователями.
6. Построение диаграммы Мура для ограниченно-детерминированных функций.
7. Автоматы с несколькими входами и выходами.
8. Недетерминированные автоматы-распознаватели.
9. Связь автоматов с машинами Тьюринга.
10. Автоматы и автоматные языки.
11. Детерминированные автоматы-распознаватели.
12. Определение регулярного выражения.
13. Свойства регулярных выражений.
14. Критерий регулярности языка.
15. Критерий автоматности языка в терминах правых контекстов.
16. Построение минимальных детерминированных конечных автоматов.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Свойства замкнутости класса конечно-автоматных языков.

2. Лемма о разрастании для конечно-автоматных языков.
3. Гомоморфизмы и конечно-автоматные языки.
4. Определение автомата с магазинной памятью (МП-автомата).
5. Характеризация КС-языков с помощью МП-автоматов.
6. Деревья вывода.
7. Однозначные контекстно-свободные грамматики.
8. Устранение бесполезных символов в КС-грамматиках.
9. Устранение эpsilon-правил в КС-грамматиках.
10. Нормальная форма Хомского в КС-грамматиках.
11. Необходимое условие КС-языка (лемма о разрастании для КС-языков).
12. Свойства замкнутости класса контекстно-свободных языков.
13. Детерминированные автоматы с магазинной памятью.
14. Применение автоматов с магазинной памятью.
15. Алгоритмические проблемы теории автоматов и формальных языков.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	В целом удовлетворительная подготовка. Студент дает полный ответ на теоретический вопрос (допускаются небольшие неточности при формулировке теорем и их доказательстве), а также решает практические задачи без грубых ошибок. Студент посещал практические занятия и активно на них работал. Выполнение контрольных зачетных заданий от 50 до 100%.
не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы на теоретические вопросы, допускает грубые ошибки при решении практических задач. Выполнение контрольных зачетных заданий до 50%.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ахо Альфред В. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции : [в 2 т.]. Т. 1. Синтаксический анализ / пер. с англ. В. Н. Агафонова ; под ред. В. М. Курочкина. - М. : Мир, 1978.

- 612 с. : схем. - 2.90., 4 экз.

2. Карлов Б. Н. Теория автоматов и формальных языков : учебник / Карлов Б. Н. - Тверь : ТвГУ, 2021. - 404 с. - Книга из коллекции ТвГУ - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=864185&idb=0>.

3. Миронов С. В. Формальные языки и грамматики : учебное пособие для студентов факультета компьютерных наук и информационных технологий / Миронов С. В. - Саратов : СГУ, 2019. - 80 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СГУ - Информатика. - ISBN 978-5-292-04612-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=728644&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Гладкий Алексей Всеволодович. Формальные грамматики и языки. - М. : Наука, 1973. - 368 с. : черт. - 1.51., 3 экз.

2. Рейуорд-Смит В. Дж. Теория формальных языков : вводный курс / пер. с англ. Б. А. Кузьмина ; под ред. И. Г. Шестакова. - М. : Радио и связь, 1988. - 127, [2] с. : ил. - ISBN 5-256-00159-0 : 0.55., 3 экз.

3. Голубенко Д. А. Языки, автоматы и грамматики / Голубенко Д. А., Саватеев Ю. В. - Москва : МЦНМО, 2023. - 301 с. - Книга из коллекции МЦНМО - Математика. - ISBN 978-5-4439-3775-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=884298&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://www.intuit.ru/studies/courses/13859/1256/info>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Павлов Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Павлов Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023г., протокол № 09/23.