

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 № 10 от 02.12.2024 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

2025 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, | Уровень знаний в объеме, | Уровень знаний в объеме, | 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 28.11.2024, протокол № 06/24.