

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины (модуля)

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

Квалификация (степень)
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория автоматов и формальных языков» относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП по направлению подготовки 02.03.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии". Дисциплина обязательна для освоения в 4 семестре.

Студенты к моменту освоения дисциплины «Теория автоматов и формальных языков», согласно ФГОС ВО, ознакомлены с основными теоретическими понятиями и прикладными знаниями, полученными в рамках изучения дисциплин «Дискретная математика», «Математическая логика и теория алгоритмов».

К моменту изучения дисциплины у студентов присутствуют устойчивые представления, касающиеся понятийного аппарата в области теории множеств и математической логики, студенты владеют основами теории алгоритмов.

Целями освоения дисциплины являются:

- знать классификацию грамматик в соответствии с иерархией Хомского;
- уметь задавать язык с помощью грамматики и регулярного выражения, а также строить конечные автоматы требуемого вида (детерминированные, полные, минимальные) для распознавания различных языков;
- научиться определять, являются ли автоматными данные словарные функции и языки;
- освоить алгоритмы построения конечного автомата по праволинейной грамматике и наоборот, автомата с магазинной памятью по контекстно-свободной грамматике и наоборот;
- знать основные алгоритмически разрешимые и неразрешимые проблемы теории автоматов и формальных языков.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (Код компетенции, этап формирования)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знать: (1) методы системного и критического анализа; (2) методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации УК-1.2. Уметь: (1) применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; (2) разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации. УК-1.3. Владеть: (1) методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; (2) методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.
ОПК-1. Способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	З1 (ОПК-1): Знать основные факты, базовые концепции, принципы теории в области естественных наук, математики и информатики. У1 (ОПК-1): Уметь использовать в профессиональной деятельности базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой. В1 (ОПК-1): Владеть навыками применения базовых

Этап формирования базовый.	знаний естественных наук, математики и информатики, основных фактов, концепций, принципов теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.
----------------------------	--

Окончательное завершение формирования компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины, происходит после сдачи экзамена по этой дисциплине.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 49 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа – занятия лекционного типа, 16 часов – занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), в том числе 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 1 час - мероприятия промежуточной аттестации), 59 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (из них 5 часов – подготовка к зачету).

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины. Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)		В том числе									
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы								Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			типовичного Занятия		типовичного Занятия		типовичного Занятия		Всего			
	Очное	Заочное	Очное	заочное	Очное	Заочное	Очное	Заочное	Очное	Заочное	Очное	Заочное
Тема 1. Введение (Понятие грамматики. Классы грамматик. Иерархия Хомского).	14		4		4				8		6	
Тема 2. Конечные автоматы-преобразователи.	12		4		2				6		6	
Тема 3. Конечные автоматы-распознаватели.	12		4		2				6		6	
Тема 4. Регулярные выражения.	10		3		1				4		6	
Тема 5. Минимизация детерминированных конечных автоматов.	11		3		2				5		6	
Тема 6. Свойства автоматных языков.	12		2		2				4		8	
Тема 7. Контекстно-свободные грамматики и языки.	14		5		1				6		8	
Тема 8. Автоматы с магазинной памятью и их связь с контекстно-свободными грамматиками.	15		5		2				7		8	
Тема 9. Алгоритмически разрешимые и неразрешимые проблемы теории автоматов и формальных языков.	7		2						2		5	
В т.ч.текущий	1		1			2			1		0	

контроль												
Промежуточная аттестация - Зачет												

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского и практического типа. Итоговый контроль осуществляется на зачете.

4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме практических занятий.

Образовательные технологии, способствующие формированию компетенций

используемые на занятиях лекционного типа:

- лекции с проблемным изложением учебного материала;
- лекции с детальным объяснением нового материала и его связи с уже пройденным материалом;

используемые на занятиях практического типа:

- регламентированная самостоятельная деятельность студентов;
- частично-поисковая деятельность при решении задач повышенной сложности,
- текущий контроль знаний студентов с помощью контрольной работы.

На лекциях раскрываются следующие основные темы изучаемого курса, которые входят в рабочую программу: основные понятия теории формальных языков; классы грамматик, иерархия Хомского; 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; определение конечного автомата-распознавателя, детерминированные и полные автоматы-распознаватели; критерий автоматности формального языка; понятие регулярного выражения, свойства регулярных выражений; критерий регулярности языка; критерий автоматности языка в терминах правых контекстов; построение минимальных детерминированных конечных автоматов; необходимое и достаточные условия автоматности языков; деревья вывода в контекстно-свободных (КС) грамматиках; однозначные КС-грамматики; устранение бесполезных символов и эpsilon-правил в КС-грамматиках; нормальная форма Хомского в КС-грамматиках; определение автомата с магазинной памятью (МП-автомата); связь КС-языков с МП-автоматами; необходимое и достаточные условия КС-языков; применение МП-автоматов; 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 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.

Формой **итогового контроля** знаний студентов по дисциплине является **зачет**, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов направлена на выполнение домашних заданий по темам практических занятий, подготовку к контрольной работе по теме “Виды грамматик, конечные автоматы и МП-автоматы”, а также подготовку к зачету по указанной дисциплине. При подготовке к практическому занятию необходимо помнить, что данная дисциплина тесно связана с ранее изучаемыми дисциплинами “Дискретная математика” и “Математическая логика и теория алгоритмов”.

Цель самостоятельной работы - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

На семинарских занятиях студент должен уметь последовательно излагать свои мысли и аргументировано их отстаивать.

Для достижения этой цели необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- 3) изучить рекомендованную учебно-методическим комплексом литературу по данной теме;
- 4) тщательно изучить лекционный материал.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине включающий:

- 6.1.** Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ОПК-1: способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой (базовый уровень).

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	Не зачтено	Зачтено
<u>Знания</u> Знать основные факты, базовые концепции, принципы теории в области естественных наук, математики и информатики.	Знание основного материала теории автоматов и формальных языков с рядом грубых ошибок, отсутствие понимания этого материала.	Знание и понимание основного материала теории автоматов и формальных языков в целом, без грубых ошибок.
<u>Умения</u> Уметь использовать в профессиональной деятельности базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Отсутствие умения использовать базовые математические знания, основные факты, концепции, принципы теории автоматов и формальных языков.	Умение использовать отдельные математические знания, основные факты, концепции, принципы теории автоматов и формальных языков в целом, без грубых ошибок.
<u>Навыки</u> Владеть навыками применения базовых знаний естественных наук, математики и информатики, основных фактов, концепций, принципов теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	Отсутствие навыков применения базовых математических знаний, основных фактов, концепций, принципов теории автоматов и формальных языков.	Удовлетворительное владение навыками применения базовых математических знаний, основных фактов, концепций, принципов теории автоматов и формальных языков.
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 50 %	50 – 100 %

6.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде зачета, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Зачет проводится в устной форме и заключается в ответе студентом после предварительной подготовки на теоретический вопрос курса и решением практических задач по теме контрольной работы с последующим их обоснованием. Допускается выставление студенту зачета по результатам его работы на практических занятиях при условии успешного выполнения им контрольной работы.

Оценка	Уровень подготовки
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

	<p>практические занятия и активно на них работал.</p> <p>Выполнение контрольных зачетных заданий от 50 до 100%.</p>
Не зачтено	<p>Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы на теоретические вопросы, допускает грубые ошибки при решении практических задач.</p> <p>Выполнение контрольных зачетных заданий до 50%.</p>

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих сформированность компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- устные и письменные опросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания, включающих одну или несколько задач (вопросов).

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются:

- письменные и устные ответы на теоретические вопросы,
- решение практических задач.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Список вопросов по теории к зачету (для оценки сформированности знаний компетенции УК-1 и ОПК-1)

1. Понятия формального языка и грамматики.
2. Классы грамматик. Иерархия Хомского.
3. Определение конечного автомата-преобразователя.
4. Способы задания автомата-преобразователя.
5. Словарные функции. Критерий автоматности словарной функции.
6. Построение диаграммы Мура для ограниченно-детерминированных функций.
7. Автоматы с несколькими входами и выходами. Реализуемость сложения двух натуральных чисел с помощью такого автомата.
8. Нереализуемость умножения с помощью конечного автомата.
9. Определение недетерминированного автомата-распознавателя.
10. Автоматы и автоматные языки. Критерий автоматности формального языка.
11. Детерминированные конечные автоматы-распознаватели (ДКАР). Полные ДКАР.
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.
17. Свойства замкнутости класса автоматных языков.
18. Лемма о разрастании для автоматных языков.
19. Гомоморфизмы и автоматные языки.
20. Деревья вывода в контекстно-свободных (КС) грамматиках.
21. Однозначные КС-грамматики.
22. Устранение бесполезных символов в КС-грамматиках.
23. Устранение эпсилон-правил в КС-грамматиках.
24. Нормальная форма Хомского в КС-грамматиках.
25. Определение автомата с магазинной памятью.

26. Характеризация КС-языков с помощью МП-автоматов.
27. Лемма о разрастании для КС-языков.
28. Свойства замкнутости класса контекстно-свободных языков.
29. Применение автоматов с магазинной памятью.
30. Алгоритмические проблемы теории автоматов и формальных языков.

Примеры практических заданий для зачета (для оценки сформированности умений и навыков компетенции ОПК-1)

1. Описать язык, порождаемый грамматикой $\{S \rightarrow aD|aR, D \rightarrow bD|\varepsilon, R \rightarrow aR|\varepsilon\}$. Какому классу принадлежит данная грамматика?
2. Описать язык, порождаемый грамматикой $\{S \rightarrow FaadF|FbbbF, F \rightarrow aF|bF|\varepsilon\}$. Какому классу принадлежит данная грамматика?
3. Является ли словарная функция $f: X^* \rightarrow Y^*$, где $X=Y=\{0; 1\}$, автоматной? Если да, то постройте автомат-преобразователь, реализующий ее.

$$f: \begin{cases} y(1) = 0, \\ y(t) = x(t-1) \rightarrow x(t), \quad t \geq 2. \end{cases}$$

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

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

5. Найти детерминированный конечный автомат, распознающий язык $\{(ab^4)^m(ab^2)^n \mid m \geq 0, n \geq 0\}$.
6. Найти детерминированный конечный автомат, распознающий язык $L \subseteq \{a,b,c\}^*$, каждое слово которого содержит подслово bac .
7. Найти минимальный полный детерминированный конечный автомат для языка $\{ab^{2n} \mid n \geq 0\} \cup \{cb^{2n+1} \mid n \geq 0\}$.
8. Найти минимальный полный детерминированный конечный автомат для языка $\{ab^{4n} \mid n \geq 0\} \cup \{b^{2n+1} \mid n \geq 0\}$.
9. Найти МП-автомат, распознающий язык, порождаемый грамматикой $\{S \rightarrow aDD|\varepsilon, D \rightarrow bDK|c, K \rightarrow aD\}$.
10. Найти МП-автомат, распознающий язык $\{a^m b^{2n} a^m \mid m \geq 0, n \geq 0\}$.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное 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.

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

а) основная литература:

1. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.1: Синтаксический анализ. М.: Мир, 1978. – 612 с.(2)
2. Хопкрофт Дж.Э., Мотвани Р., Ульман Дж.Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, 2-е изд. М.: Вильямс, 2002. – 528 с.
3. Пентус А.Е., Пентус М.Р. Математическая теория формальных языков: Учебное пособие. М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 247 с.
4. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженеров. М.: Энергоатомиздат, 1988. 2-е изд., переработанное и дополненное. – 480 с.(9)

б) дополнительная литература:

5. Рейуорд-Смит В.Дж. Теория формальных языков. Вводный курс. - М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.(1)
6. Гладкий А.В. Формальные грамматики и языки. – М.: Наука, 1973. – 368 с. (1).

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

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

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения студентов названной дисциплины имеются в наличии: специальные кабинеты, оборудованные мультимедийными средствами обучения; компьютерные классы, где имеется возможность выхода в Интернет; присутствует полный комплект лицензионного обеспечения, необходимый для работы компьютерных программ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ с учетом рекомендаций ОПОП ВО по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор - _____ Павлов И.С.

Рецензент _____ И.С. Жукова

Заведующий кафедрой _____ Дубков А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Радиофизического факультета от 25 мая 2023, протокол № 04/23.