

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

Матросов В.В.

« 29 » июня 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория автоматов и формальных
языков

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных
систем»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Системы подвижной цифровой защищенной связи

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

Специалист

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2018

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 специальности 10.05.02 "Информационная безопасность телекоммуникационных систем". 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, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ПК-2:</i> Способность формулировать задачи, планировать и проводить исследования, в том числе эксперименты и математическое моделирование, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем, включая обработку и оценку достоверности их результатов. Уровень освоения – начальный.	<i>З1 (ПК-2): Знать</i> и понимать современный математический аппарат, методы его совершенствования. <i>У1 (ПК-2): Уметь</i> формулировать задачи, планировать и проводить исследования, в том числе математическое моделирование. <i>В1 (ПК-2): Владеть</i> опытом применения соответствующего математического аппарата для решения задач математического моделирования.

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

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 49 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа, в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости, 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 23 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	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	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1. Введение. (Понятие грамматики. Классы грамматик. Иерархия Хомского).	10	4	4		8	2
Тема 2. Конечные автоматы-преобразователи.	9	4	2		6	3
Тема 3. Конечные автоматы-распознаватели.	9	4	2		6	3
Тема 4. Регулярные выражения.	6	3	1		4	2
Тема 5. Минимизация детерминированных конечных автоматов.	8	3	2		5	3
Тема 6. Свойства автоматных языков.	7	2	2		4	3
Тема 7. Контекстно-свободные грамматики и языки.	9	5	1		6	3
Тема 8. Автоматы с магазинной памятью и их связь с контекстно-свободными грамматиками.	9	5	2		7	2

Тема 9. Алгоритмически разрешимые и неразрешимые проблемы теории автоматов и формальных языков.	4	2			2	2
В т.ч. текущий контроль	2		2		2	
Промежуточная аттестация: зачет						

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского 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

ПК-2: способность формулировать задачи, планировать и проводить исследования, в том числе эксперименты и математическое моделирование, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем, включая обработку и оценку достоверности их результатов.

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	Не зачтено	Зачтено
<u>Знания</u> Знать и понимать	Знание аппарата теории	Знание и понимание

современный математический аппарат, методы его совершенствования.	автоматов и формальных языков с рядом грубых ошибок, отсутствие понимания этого аппарата.	аппарата теории автоматов и формальных языков в целом, без грубых ошибок.
<u>Умения</u> <i>Уметь</i> применять соответствующий математический аппарат для решения профессиональных задач.	Отсутствие умения применять аппарат теории автоматов и формальных языков.	Умение применять отдельные элементы аппарата теории автоматов и формальных языков в целом, без грубых ошибок.
<u>Навыки</u> <i>Владеть</i> опытом применения соответствующего математического аппарата для решения профессиональных задач.	Отсутствие навыков применения аппарата теории автоматов и формальных языков.	Удовлетворительное владение навыками применения аппарата 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 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%.
------------	---

6.3. 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 ПК-2)

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 ПК-2)

1. Описать язык, порождаемый грамматикой $\{S \rightarrow aD \mid aR, D \rightarrow bD \mid \varepsilon, R \rightarrow aR \mid \varepsilon\}$.
Какому классу принадлежит данная грамматика?
2. Описать язык, порождаемый грамматикой $\{S \rightarrow Fa aaF \mid F b b b F, F \rightarrow aF \mid bF \mid \varepsilon\}$.
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

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

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

а) основная литература:

1. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.1: Синтаксический анализ. М.: Мир, 1978. – 612 с.
4. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженеров. М.: Энергоатомиздат, 1988. 2-е изд., переработанное и дополненное. – 480 с.

б) дополнительная литература:

1. Рейнорд-Смит В.Дж. Теория формальных языков. Вводный курс. - М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

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

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения студентов названной дисциплине 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 ФГОС ВО с учетом рекомендаций ОПОП ВО по специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Автор _____ Павлов И.С.

Рецензент (ы) _____ Демин И.Ю.

Заведующий кафедрой _____ Дубков А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» июня 2020 года, протокол № 03/20.