

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
30.11.2022 №13

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Теория автоматов и формальные
грамматики**

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
09.03.03 Прикладная информатика

Направленность образовательной программы
Прикладная информатика в информационной сфере

Форма обучения
очная

Нижегород

2021

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

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.02 Теория автоматов и формальные грамматики относится к части ООП направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

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	
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Демонстрирует знание принципов сбора, отбора и обобщения информации, базирующихся на системном подходе.	Знать 1) основные классы формальных языков, определяемые иерархией языков Хомского; 2) способы описания формальных языков с помощью грамматик и автоматов.	Собеседование
	УК-1.2. Демонстрирует умение соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.	Уметь решать задачи, аналогичные ранее изученным: 1) определять класс языка по заданной грамматике; 2) решать задачи анализа, синтеза и минимизации конечного автомата на примерах; 3) переходить от одного способа описания регулярного языка к другому; 4) строить по контекстно-свободной грамматике автомат с магазинной памятью, допускающий язык, и решать обратную задачу; 5) строить нормальную форму Хомского для контекстно-свободных грамматик.	Задача Контрольная работа
	УК-1.3. Демонстрирует наличие практического опыта работы с информационными источниками, опыта научного поиска и представления научных результатов.	Иметь опыт применения различных методов и алгоритмов теории автоматов и формальных языков.	Задача Лабораторная работа
ПК-9. Способен моделировать прикладные	ПК-9.1. Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и	Знать теоретико-множественные и алгоритмические свойства классов регулярных и	Собеседование

(бизнес) процессы и объекты предметной области	объектов предметной области.	контекстно-свободных языков.	
	ПК-9.2. Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС.	Уметь проводить описание прикладных процессов и информационного обеспечения решения прикладных задач.	Задача Контрольная работа
	ПК-9.3. Имеет практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области.	Владеть математическими методами постановки и решения прикладных задач.	Задача

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
контактная работа:	65
- занятия лекционного типа	32
- занятия лабораторного типа	32
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Часов					
		Всего	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов	
1.	Введение: Введение в предмет. Основные понятия теории автоматов и формальных языков. Алфавит, слово, язык. Операции над словами и языками. Грамматический вывод. Связь формальных грамматик и автоматов. Иерархия Хомского формальных языков.	10	2		2	4	6
2.	Конечные автоматы и конечно-автоматные языки: Понятия конечного автомата (КА) и конечно-	22	8		8	16	6

	автоматного языка. Детерминированные и недетерминированные конечные автоматы (ДКА и НКА). Алгоритмы детерминизации НКА и минимизации конечного автомата. Замкнутость класса конечно-автоматных языков относительно основных теоретико-множественных операций и операций конкатенации, возведения в степень и итерации. Лемма о разрастании для конечно-автоматных языков.						
3.	Регулярные выражения и регулярные языки: Правила построения регулярных выражений. Теорема Клини о совпадении классов конечно-автоматных и регулярных языков. Алгоритмы анализа и синтеза конечного автомата	14	4		4	8	6
4.	Праволинейные грамматики и языки: Свойства замкнутости праволинейных языков относительно теоретико-множественных операций, конкатенации и итерации. Решение систем линейных уравнений с регулярными коэффициентами. Описание праволинейного языка с помощью системы линейных уравнений с регулярными коэффициентами. Теорема о совпадении классов праволинейных, конечно-автоматных и регулярных языков.	14	4		4	8	6
5.	Контекстно-свободные грамматики и языки: Определение контекстно-свободных (КС) грамматик. Контекстно-свободный грамматический вывод, левый и правый выводы. Деревья вывода. Приведенная форма КС-грамматики, алгоритм преобразования КС-грамматики к приведенной форме. Проблемы пустоты и бесконечности для КС-языка, алгоритмы их решения. Лемма о разрастании для КС-языков. Пример языка, не являющегося контекстно-свободным. Класс КС-языков и основные теоретико-множественные операции. Основные алгоритмические свойства КС-языков.	19	6		6	12	7
6.	Автоматы с магазинной памятью: Определение автомата с магазинной памятью (МПА). Допустимость по заключительному состоянию и по пустому магазину. Эквивалентность двух определений допустимости МПА. Детерминированные МПА (ДМПА). Класс детерминированных КС-языков и основные теоретико-множественные операции. Соотношение между КС-языками и языками, допускаемыми МПА.	14	4		4	8	6
7.	Алгоритмы синтаксического анализа: Нормальные формы КС-грамматик. Приведение КС-грамматик к нормальной форме Хомского. Алгоритм Кока-Янгера-Касами. Грамматика в нормальной форме Грейбах и алгоритм построения МПА по грамматике в нормальной форме Грейбах. Понятие МП-преобразователя. Нисходящие и восходящие распознаватели; LL- и LR-грамматики.	14	4		4	8	6
	Текущий контроль (КСР)	1				1	

	Промежуточная аттестация: зачет						
	Итого	108	32		32	65	43

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий лабораторного типа, групповых занятиях. Итоговый контроль осуществляется на зачете.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для самоконтроля у студента имеется возможность изучения материала в дистанционном управляемом курсе (требуется авторизация): <https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=4567>

Самостоятельная работа студента включает в себя подготовку к аудиторным занятиям, самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины, подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе и к зачету.

Виды самостоятельной работы студентов

- Выполнение домашних практических заданий.
- Чтение справочной, методической и научной литературы [1-4].
- Подготовка к выполнению письменных контрольных работ.
- Подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.

	оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки.	негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Операции над словами и языками. Понятия грамматики и грамматического вывода. Иерархия Хомского формальных языков.	УК-1
2) Понятия конечного автомата (КА) и конечно-автоматного языка. Примеры конечно-автоматных языков.	УК-1
3) Детерминированные и недетерминированные конечные автоматы Алгоритм детерминизации недетерминированного конечного автомата.	УК-1
4) Алгоритм минимизации конечного автомата.	УК-1

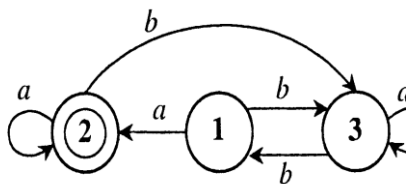
5) Замкнутость класса конечно-автоматных языков относительно основных теоретико-множественных операций.	УК-1
6) Замкнутость относительно операций конкатенации, возведения в степень и итерации.	УК-1
7) Лемма о разрастании для конечно-автоматных языков. Применение леммы о разрастании для доказательства неконечно-автоматности языков.	УК-1
8) Правила построения регулярных выражений. Теорема Клини о совпадении классов конечно-автоматных и регулярных языков.	УК-1
9) Алгоритмы анализа и синтеза конечного автомата	УК-1
10) Свойства замкнутости праволинейных языков относительно теоретико-множественных операций, конкатенации и итерации.	УК-1
11) Решение систем линейных уравнений с регулярными коэффициентами. Описание праволинейного языка с помощью системы линейных уравнений с регулярными коэффициентами.	ПК-9
12) Теорема о совпадении классов праволинейных, конечно-автоматных и регулярных языков.	УК-1
13) Определение контекстно-свободной (КС) грамматики. Контекстно-свободный грамматический вывод, левый и правый выводы. Примеры КС-языков. Деревья вывода.	УК-1
14) Приведенная форма КС-грамматики, алгоритм преобразования КС-грамматики к приведенной форме.	ПК-9
15) Проблемы пустоты и бесконечности для КС-языка, алгоритмы их решения.	УК-1
16) Лемма о разрастании для КС-языков. Пример языка, не являющегося контекстно-свободным.	УК-1
17) Класс КС-языков и основные теоретико-множественные операции. Неоднозначность в КС-языках и грамматиках. Основные алгоритмические свойства КС-языков.	УК-1
18) Применение КС-грамматик для описания языков программирования.	ПК-9
19) Определение автомата с магазинной памятью (МПА). Допустимость по заключительному состоянию и по пустому магазину. Эквивалентность двух определений допустимости МПА.	УК-1
20) Детерминированные МПА (ДМПА). Класс детерминированных КС-языков (ДКС-языков) и основные теоретико-множественные операции.	УК-1
21) Соотношение между КС-языками и языками, допускаемыми МПА.	ПК-9
22) Нормальные формы КС-грамматик. Приведение КС-грамматики к нормальной форме Хомского. Алгоритм Кока-Янгера-Касами.	ПК-9
23) Грамматика в нормальной форме Грейбах и алгоритм построения МПА по грамматике в нормальной форме Грейбах.	ПК-9
24) Понятие МП-преобразователя. Нисходящие и восходящие распознаватели.	ПК-9

5.2.2. Типовые контрольные задания для оценки сформированности компетенции УК-1

Контрольные задания оцениваются как «выполнено» или «не выполнено». В случае неправильного выполнения контрольного задания студент должен его переделать и заново сдать преподавателю.

Вариант № 1

1. Построить минимальный конечный автомат, распознающий числа, кратные 15, над алфавитом $\{1,3,5\}$.
2. Доказать, что язык $L = \{a^m b^n \mid m > 2n\}$ не является конечно-автоматным.
3. Решить задачу анализа для конечного автомата (начальное состояние - 1).



4. По конечному автомату из задачи 3 построить праволинейную грамматику, порождающую язык, по грамматике построить систему уравнений с регулярными коэффициентами и найти регулярное выражение для языка.

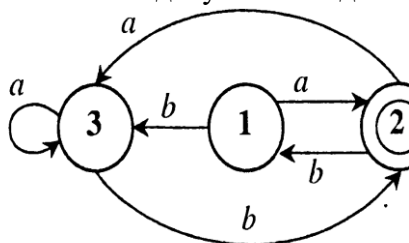
5. Решить задачу синтеза конечного автомата по заданному регулярному выражению:
 $(bc \cup a^*b)(b^* \cup ca)^*(a \cup b^*c)$.

Вариант № 2

1. Построить минимальный конечный автомат, распознающий числа, кратные 15, над алфавитом $\{0,5,6\}$.

2. Доказать, что язык $L = \{a^m b^n c^n \mid m \leq n\}$ не является конечно-автоматным.

3. Решить задачу анализа для конечного автомата (начальное состояние - 1).



4. По конечному автомату из задачи 3 построить праволинейную грамматику, порождающую язык, по грамматике построить систему уравнений с регулярными коэффициентами и найти регулярное выражение для языка.

5. Решить задачу синтеза конечного автомата по заданному регулярному выражению:
 $(ca \cup b^*)(ab \cup bc)^*(b \cup ac^*)$.

5.2.3. Задачи для оценки формирования компетенций ПК-9

Вариант 1.

Построить контекстно-свободную грамматику для языка $L = \{0^i 1^j \mid i = j\}$.

Вариант 2.

Построить праволинейную грамматику для языка $L \subseteq \{a,b,c\}^*$, если каждое слово из L заканчивается на букву c .

5.2.4. Тематика лабораторных работ

Лабораторная работа №1 Построение конечного автомата по регулярной грамматике

1) проверка заданной формальной грамматики на принадлежность к классу регулярных грамматик;

2) построение по заданной регулярной грамматике конечного автомата;

3) преобразование недетерминированного конечного автомата к детерминированному конечному автомату;

4) задание полученного автомата таблично.

Лабораторная работа №2 Минимизация конечного автомата

1) устранение недостижимых состояний конечного автомата;

2) исключение эквивалентных состояний конечного автомата;

3) построение минимального конечного автомата;

4) задание полученного автомата таблично.

Лабораторная работа №3 Синтез конечного автомата

Цель:

1) осмысление регулярного выражения;

2) построение по заданному регулярному выражению пяти наикратчайших слов;

3) построение конечного автомата, порождающего все слова регулярного выражения.

Подготовить отчет по лабораторной работе с формулировкой постановки задачи и подробным описанием ее решения.

Лабораторная работа №4 Анализ конечного автомата

1) изучение алгоритма Мак-Ноттона-Ямады;

2) построение по конечному автомату регулярного выражения методом Мак-Ноттона-Ямады;

3) изучение алгоритма Глушкова;

4) построение по конечному автомату регулярного выражения методом Глушкова;

5) сравнение трудоемкостей изученных алгоритмов для решения задачи анализа.

Подготовить отчет по лабораторной работе с формулировкой постановки задачи и подробным описанием ее решения.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Пентус А. Е., Пентус М. Р. - Теория формальных языков: Учебное пособие. М.: Изд-во ЦПИ при механико-математическом факультете МГУ, 2004. - 80с.

<http://www.mccme.ru/free-books/pentus/pentus.pdf>

б) дополнительная литература:

1. Афраймович Л.Г. Тестовые задачи для самостоятельной подготовки по курсу «Теория автоматов и формальные грамматики». Учебно-методическое пособие. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 390.11.08.

http://www.unn.ru/books/met_files/TAFG.pdf

1. Коган Д.И., Бабкина Т.С. Теория алгоритмов и математическая логика. Концепции конечного автомата и регулярного языка. Операции над регулярными языками. Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу «Теория алгоритмов и математическая логика». // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 27.00.08. http://www.unn.ru/books/met_files/metodich.doc

2. Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Теория автоматов и формальных языков в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. — 64 с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 1436.17.06. http://www.unn.ru/books/met_files/Avtomat1.pdf

3. Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Основы теории контекстно-свободных языков в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. — 60 с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 1435.17.06. http://www.unn.ru/books/met_files/Avtomat2.pdf

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и семинарского типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной и лабораторной работы 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 09.03.03 «Прикладная информатика».

Автор: доцент кафедры алгебры, геометрии и дискретной математики,

к.ф.-м.н., доцент _____ Смирнова Т.Г.

Рецензент: профессор _____ Федосенко Ю.С.

Заведующий кафедрой алгебры, геометрии и дискретной математики

д.ф.-м.н., профессор _____ Кузнецов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

07.12.2022 протокол №4