

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

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 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

Инженерия программного обеспечения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.23 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
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; знает основную терминологию ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности.	ОПК-1.1: ЗНАТЬ понятия и утверждения дисциплины «Теория автоматов и формальных языков»: 1) основные классы формальных языков, определяемые иерархией языков Хомского; 2) способы описания формальных языков с помощью грамматик, автоматов и регулярных выражений; 3) теоретико-множественные и алгоритмические свойства классов регулярных и контекстно-свободных языков; 4) алгоритмы синтаксического анализа. ОПК-1.3: УМЕТЬ использовать базовые знания теории конечных автоматов для моделирования синтаксических свойств множеств цепочек символов. ВЛАДЕТЬ навыками применения основных концепций теории алгоритмов при оценивании сложности задач и	Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы

		алгоритмов, изучаемых в дисциплине «Теория автоматов и формальных языков».		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Введение	19	4	4	8	11
Конечные автоматы и конечно-автоматные языки	23	6	6	12	11
Регулярные выражения и регулярные языки	19	4	4	8	11
Праволинейные грамматики и языки	19	4	4	8	11
Контекстно-свободные грамматики и языки	23	6	6	12	11
Автоматы с магазинной памятью	19	4	4	8	11
Алгоритмы синтаксического анализа	20	4	4	8	12
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение: Введение в предмет. Основные понятия теории автоматов и формальных языков. Операции над словами и языками. Грамматический вывод. Связь формальных грамматик и автоматов. Иерархия Хомского формальных языков.

Конечные автоматы и конечно-автоматные языки: Понятия конечного автомата (КА) и конечно-автоматного языка. Детерминированные и недетерминированные конечные автоматы (ДКА и НКА). Алгоритм детерминизации НКА. Понятие остаточного языка. Лемма о разрастании для конечно-автоматных языков. Применение леммы о разрастании и остаточных языков для доказательства того, что язык не конечно-автоматный. Алгоритм минимизации КА. Замкнутость класса конечно-автоматных языков относительно основных теоретико-множественных операций, операций конкатенации, возведения в степень и итерации.

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. Стандарт регулярных выражений, используемый в языках программирования. Праволлинейные грамматики и языки: Свойства замкнутости праволлинейных языков относительно теоретико-множественных операций, конкатенации и итерации. Решение систем линейных уравнений с регулярными коэффициентами. Описание праволлинейного языка с помощью системы линейных уравнений с регулярными коэффициентами. Теорема о совпадении классов праволлинейных, конечно-автоматных и регулярных языков.

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. Нормальная форма Хомского (НФХ, CNF) и нормальная форма Грейбах (НФГ, GNF) КС грамматик. Приведение КС грамматик к нормальным формам. Лемма о разрастании для КС языков. Пример языка, не являющегося контекстно-свободным. Класс КС языков и основные теоретико-множественные операции. Неоднозначность в КС языках и грамматиках. Основные алгоритмические свойства КС языков. Применение КС грамматик для описания языков программирования.

Автоматы с магазинной памятью: Определение автомата с магазинной памятью (МПА). Допустимость по заключительному состоянию и по опустошению магазина. Детерминированные МПА (ДМПА). Класс детерминированных КС языков (ДКС языков) и основные теоретико-множественные операции. Совпадение классов КС языков и языков, допускаемых МПА.

Алгоритмы синтаксического анализа: Алгоритм Кока-Янгера-Касами (СΥК) построения левого вывода по НФХ. Понятие МП-преобразователя. Нисходящие и восходящие распознаватели; LL- и LR-грамматики. Построение МП-анализаторов, реализующих левый и правый разборы.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 2 ч.

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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Теория автоматов и формальных языков 4 курс (ФИИТ, ПИВИС, ПРИН)" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4567>).

Иные учебно-методические материалы: Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Теория автоматов и формальных языков в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. — 64 с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 1436.17.06. http://www.unn.ru/books/met_files/Avtomat1.pdf

Жильцова Л.П., Смирнова Т.Г. Основы теории контекстно-свободных языков в примерах и задачах: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. — 60 с. // Фонд образовательных электронных ресурсов. Рег. № 1435.17.06. http://www.unn.ru/books/met_files/Avtomat2.pdf

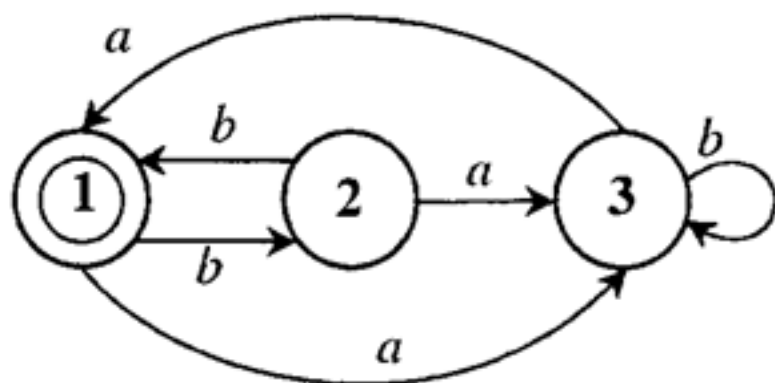
5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Вариант № 2

1. Построить минимальный конечный автомат, распознающий числа, n (ОПК-1).
2. Доказать, что язык $L = \{a^{2m}b^{3m} \mid m - \text{неотрицательные целые числа}\}$ не является регулярным (ОПК-1).
3. Решить задачу анализа для конечного автомата (начальное состояние 1, конечное состояние 3).



4. По конечному автомату из задачи 3 построить праволинейную грамматику (ОПК-1-1).
5. Решить задачу синтеза конечного автомата по заданному регулярному выражению для языка (ПК-1-1).
6. Для грамматики $G = \langle \{0,1\}, \{S, A, B, C, D, E\}, P, S \rangle$, где P — множество правил грамматики, заданное следующими правилами:

$$\begin{cases} S \rightarrow D1 \mid CB \\ A \rightarrow A1B \mid 0AD \\ B \rightarrow DB1 \mid DE \\ C \rightarrow 0A \mid 0C \mid 0D \\ D \rightarrow AB \mid \lambda \\ E \rightarrow 1C \end{cases}$$

- а) Построить приведенную грамматику, эквивалентную G .
- б) Построить МП-автомат, допускающий тот язык $L(G)$ описываемый G .
- в) Построить грамматику в нормальной форме Хомского, эквивалентную G .
- г) Используя алгоритм Кока-Янгера-Касами, выяснить, принадлежит ли слово 01010101 языку $L(G)$. Если принадлежит, построить левый разбор слова.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме без недочётов.
отлично	Решены все основные задачи, с отдельными существенными недочётами. Выполнены все задания в полном объеме.
очень хорошо	Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые - с недочётами.
хорошо	Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые - с недочётами.
удовлетворительно	Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.
неудовлетворительно	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имеют место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие минимальных умений решения задач. Невозможность оценить наличия умений, вследствие отказа обучающегося от ответа.

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 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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем 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 и несущественными 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 ОПК-1

1. Операции над словами и языками.
2. Понятия конечного автомата (КА) и конечно-автоматного языка. Примеры конечно-автоматных языков.
3. Детерминированные и недетерминированные конечные автоматы Алгоритм детерминизации недетерминированного конечного автомата.
4. Замкнутость класса конечно-автоматных языков относительно основных теоретико-множественных операций.
5. Замкнутость класса конечно-автоматных языков относительно операций конкатенации, возведения в степень и итерации.
6. Лемма о разрастании для конечно-автоматных языков. Пример языка, не являющегося конечно-автоматным.
7. Остаточные языки. Критерий конечно-автоматных языков.
8. Минимизация конечного автомата.
9. Правила построения регулярных выражений. Совпадение классов конечно-автоматных и регулярных языков.
10. Алгоритм синтеза конечного автомата.
11. Алгоритмы анализа конечного автомата.
12. Стандарт регулярных выражений, используемый в языках программирования.
13. Понятия грамматики и грамматического вывода. Иерархия Хомского формальных языков.
14. Свойства замкнутости праволинейных языков относительно теоретико-множественных операций, конкатенации и итерации.
15. Построение праволинейной грамматики по конечному автомату.
16. Решение систем линейных уравнений с регулярными коэффициентами. Описание праволинейного языка с помощью системы линейных уравнений с регулярными коэффициентами.
17. Совпадение классов праволинейных, конечно-автоматных и регулярных языков.
18. Определение контекстно-свободной (КС) грамматики. Контекстно-свободный грамматический вывод, левый и правый выводы. Примеры КС-языков. Деревья вывода.
19. Приведенная форма КС-грамматики, алгоритм преобразования КС-грамматики к приведенной форме.
20. Грамматики в нормальной форме Хомского (НФХ, CNF). Приведение КС-грамматики к НФХ.
21. Грамматики в нормальной форме Грейбах (НФГ, GNF) и в слабой нормальной форме Грейбах. Приведение КС-грамматики к слабой НФГ.
22. Лемма о разрастании для КС-языков. Пример языка, не являющегося контекстно-свободным.
23. Класс КС-языков и основные теоретико-множественные операции.
24. Определение автомата с магазинной памятью (МПА). Допустимость по заключительному состоянию и по пустому магазину. Эквивалентность двух определений допустимости МПА.
25. Соотношение между КС-языками и языками, допускаемыми МПА.
26. Детерминированные МПА (ДМПА) и детерминированные КС-языки.
27. Построение левого вывода слова по КС-грамматике в НФХ. Алгоритм Кока-Янгера-Касами (СΥΚ).
28. Понятие МП-преобразователя. Нисходящие и восходящие распознаватели. Построение МП-анализаторов, реализующих левый и правый разборы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Свободное владение основным и дополнительным материалом без ошибок и погрешностей.
отлично	Свободное владение основным материалом с незначительными ошибками и погрешностями.
очень хорошо	Достаточное владение основным материалом с незначительными погрешностями.
хорошо	Владение основным материалом с рядом заметных погрешностей.
удовлетворительно	Владение минимальным материалом, необходимым по данному предмету с рядом ошибок.
неудовлетворительно	Владение материалом, недостаточно. Необходима дополнительная подготовка. Работу за время семестра можно оценить как неудовлетворительную.
плохо	Отсутствие владения материалом. Работа за время семестра была оценена на "плохо".

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

Основная литература:

1. Жильцова Л. П. Основы теории автоматов и формальных языков в примерах и задачах : учебно-методическое пособие / Жильцова Л. П., Смирнова Т. Г. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. - 64 с. - Рекомендовано методической комиссией института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 020302 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», 090303 «Прикладная информатика (в информационной сфере)», 090304 «Программная инженерия». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729726&idb=0>.
2. Жильцова Л. П. Основы теории контекстно-свободных языков в примерах и задачах : учебно-методическое пособие / Жильцова Л. П., Смирнова Т. Г. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. - 60 с. - Рекомендовано методической комиссией института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 020302 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», 090303 «Прикладная информатика (в информационной сфере)», 090304 «Программная инженерия». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729727&idb=0>.
3. 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.

Дополнительная литература:

1. Афраимович Л. Г. Тестовые задачи для самостоятельной подготовки по курсу «Теория автоматов и формальные грамматики» : учебно-методическое пособие / Афраимович Л. Г. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2011. - 32 с. - Рекомендовано методической комиссией факультета ВМК для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 230700 «Прикладная информатика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730317&idb=0>.
2. Коган Дмитрий Израилевич. Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу «Теория алгоритмов и математическая логика» при изучении темы «Концепции конечного автомата и регулярного языка. Операции над регулярными языками» / Д. И. Коган, Т. С. Бабкина ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Факультет вычислительной математики и кибернетики. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2000. - 44 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=824501&idb=0>.

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

<http://www.unn.ru/books/resources.html>

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 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Мокеев Дмитрий Борисович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.