

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 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
09.03.04 - Программная инженерия

Направленность образовательной программы
Разработка программно-информационных систем

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.08 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: Знать основные понятия и утверждения теории автоматов и формальных языков. УК-1.2: Уметь решать задачи анализа, синтеза и минимизации конечного автомата, переходить от одного способа описания регулярного языка к другому, строить по контекстно-свободной грамматике автомат с магазинной памятью, допускающий язык. УК-1.3: Владеть опытом работы с информационными источниками.	Контрольная работа	Зачёт: Контрольные вопросы
ОПК-7: Способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой;	ОПК-7.1: Знает область применения в практической деятельности основных концепций, принципов, теорий и фактов, связанных с информатикой ОПК-7.2: Умеет применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой	ОПК-7.1: Знать области применения теории автоматов и формальных грамматик в таких разделах информатики, как разработка компиляторов (лексический и синтаксический анализ). ОПК-7.2: Уметь применять основные понятия и методы теории	Тест	Зачёт: Задачи

	ОПК-7.3: Имеет навыки применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой	автоматов и формальных языков в различных областях информатики, от разработки программного обеспечения до автоматизации процессов и обработки данных. ОПК-7.3: Владеть практическими навыками применения теории автоматов и формальных грамматик для решения реальных задач, связанных с обработкой и анализом данных, созданием программного обеспечения и автоматизацией процессов.		
--	--	---	--	--

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)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
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	
		о ф о	о ф о	о ф о	о ф о

Языки и грамматики	12	4	4	8	4
Конечные автоматы и конечно-автоматные языки	22	6	6	12	10
Регулярные выражения и регулярные языки	14	4	4	8	6
Праволинейные грамматики и языки	12	4	4	8	4
Контекстно-свободные грамматики и языки	20	6	6	12	8
Автоматы с магазинной памятью и контекстно-свободные языки	15	4	4	8	7
Алгоритмы синтаксического анализа	12	4	4	8	4
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

Содержание разделов и тем дисциплины

Языки и грамматики

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. Лемма о разрастании для конечно-автоматных языков. Применение леммы о разрастании 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.

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.

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.

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 (СҮК) построения левого вывода по НФХ. Понятие МП-преобразователя. Нисходящие и восходящие распознаватели; LL- и LR-грамматики. Построение МП-анализаторов, реализующих левый и правый разборы.

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:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

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

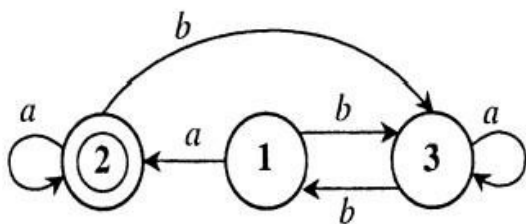
5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

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 УК-1:

Вариант 1

1. Построить минимальный конечный автомат, распознающий числа, кратные 15, над алфавитом $\{1,3,5\}$.
2. Доказать, что язык $L = \{a^m b^n | m > 2n\}$ 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: $(bc \cup a^*b)(b^* \cup ca)^*(a \cup b^*c)$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Приведено полное решение задач. Представлены необходимые теоретические обоснования, приводящие к правильному решению. Контрольная работа выполнена в срок и представлена преподавателю.
не зачтено	Решены не все задачи или хотя бы в одной из задач допущены ошибки, и (или) контрольная работа не выполнена в срок, и (или) не представлена преподавателю.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

Верные ответы отмечены знаком (+).

Вопрос 1**Тип:** единственный выбор**Формулировка вопроса:**Для конечных языков $L_1 = \{a, ac\}$ и $L_2 = \{a, bc, ca, \lambda\}$ число слов в языке $L = L_1 \cup L_2$ равно:**Варианты ответа:**

- 4
- 5 (+)
- 6
- 7
- 8

Вопрос 2**Тип:** единственный выбор**Формулировка вопроса:**Для заданных конечных языков $L_1 = \{a, ac\}$ и $L_2 = \{a, bc, ca, \lambda\}$ число слов в языке $L = L_1 \cdot L_2$ равно:**Варианты ответа:**

- 5
- 6
- 7
- 8 (+)

Вопрос 3**Тип:** единственный выбор**Формулировка вопроса:**

Число способов представить слово длины 4 как конкатенацию двух слов, среди которых может быть пустое, равно:

Варианты ответа:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 (+)

Вопрос 4**Тип:** множественный выбор**Формулировка вопроса:**Указать, какие из равенств верны для любого языка X :**Варианты ответов:**

- $X^* \cup X = X^*$ (+)
- $X^* \cdot X = X^*$
- $X \cdot X^* = X^*$
- $X^* \cdot X = X \cdot X^*$ (+)
- $X^* \cdot X^* = X^*$ (+)

Вопрос 5**Тип :** множественный выбор**Формулировка вопроса:**

Указать, какие из следующих утверждений верны:

Варианты ответов:

- Конкатенация любых двух конечных языков – конечный язык (+)
- Всякий регулярный язык конечен
- Итерация любого множества слов – бесконечное множество
- Если в регулярном выражении отсутствует операция итерации, то это выражение представляет конечный язык (+)
- Любой конечный язык регулярен (+)
- Любой конечный язык можно представить регулярным выражением, не содержащим итерации (+)

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	За каждый полностью правильный ответ на вопрос теста начисляется один балл. Набранные баллы суммируются. Зачет за тест выставляется при наборе такого количества баллов, которое составляет не менее 50 % от общего числа вопросов в тесте.
не зачтено	Набранное количество баллов составляет менее 50% от общего числа вопросов в тесте.

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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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. 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 (СҮК).

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

<p>№ 1.</p> <p>Построить контекстно-свободную грамматику для языка $L = \{0^i 1^j \mid i = j\}$.</p>	<p>№ 2.</p> <p>Построить контекстно-свободную грамматику для языка $L = \{0^i 1^j 2^{2(i+j)} \mid i \geq 0, j \geq 0\}$.</p>
<p>№ 3.</p> <p>Построить контекстно-свободную грамматику для языка $L = \{0^i 1^j \mid i \geq j\}$.</p>	<p>№ 4.</p> <p>Построить контекстно-свободную грамматику для языка $L = \{0^i 1^j \mid i \leq j\}$.</p>
<p>№ 5.</p> <p>Построить контекстно-свободную грамматику для языка $L = \{0^i 1^j 2^k \mid i = 2j \text{ или } j = 2k\}$.</p>	<p>№ 6.</p> <p>Построить контекстно-свободную грамматику для языка $L = \{0^i 1^j \mid i \leq j \leq 2i\}$.</p>

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения при решении типовых задач. Все задачи были решены верны, либо некоторые задачи были решены с незначительными ошибками.
не зачтено	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

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

Основная литература:

1. Жильцова Лариса Павловна. Основы теории автоматов и формальных языков в примерах и задачах : учебно-методическое пособие / Л. П. Жильцова, Т. Г. Смирнова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 64 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=822923&idb=0>.

2. Жильцова Лариса Павловна. Основы теории контекстно-свободных языков в примерах и задачах : учебно-методическое пособие / Л. П. Жильцова, Т. Г. Смирнова ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2017. - 60 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=822922&idb=0>.

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>.

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

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4567>

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 09.03.04 - Программная инженерия.

Автор(ы): Смирнова Татьяна Геннадьевна, кандидат физико-математических наук, доцент.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.