

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Working programme of the discipline

Theory of Automata and Formal Languages

Higher education level

Bachelor degree

Area of study / speciality

02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

Focus /specialization of the study programme

General Profile

Mode of study

full-time

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2024

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 и истории основного, теории коммуникации; знает основную терминологию ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и применяет его в профессиональной деятельности | ОПК-1.1: Знать понятия регулярного выражения, их графического представления; формулировки теорем синтеза и анализа; понятия регулярного и детерминированного источников, теоремы о регуляризации и детерминизации графического источника; основные способы задания конечного автомата: канонические уравнения, каноническая таблица, диаграмма Мура, схема из функциональных элементов; понятие автоматной функции, детерминированной функции, ограниченно-детерминированной функции; теореме о совпадении классов автоматных и ограниченно-детерминированных функций / Students must know concepts of regular expression, their graphical representation; formulations of synthesis and analysis theorems; concepts of regular and deterministic sources, theorems on regularization and determinization of sources; basic ways to give finite automata: canonical equations, canonical table, Moore diagram, circuit of functional elements; concept of | Тест Задачи | Экзамен: Задачи |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | <p>automaton function, deterministic function, restrictedly deterministic function; the theorem on coincidence of the classes of automaton and restrictedly deterministic functions</p> <p>ОПК-1.2: Уметь строить простейшие регулярные выражения; применять теоремы синтеза и анализа; проводить регуляризацию и детерминизацию графических источников; проверять свойство детерминированности для простейших словарных функций; задавать конечные автоматы в виде канонических уравнений, канонической таблицы, диаграммы Мура и схемы из функциональных элементов; находить вес ограниченно-детерминированных функций и строить для них конечные автоматы /</p> <p>Students must be able to construct the simplest regular expressions; to apply synthesis and analysis theorems; to provide regularization and determinization for graphical sources; to check the property of determinism for the simplest word functions; to give finite automata in the forms of canonical equations, canonical table, Moore diagram and circuit of functional elements; to find weight for restrictedly deterministic functions and to construct finite automata for them</p> <p>ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением стандартных математических задач и</p> | | |
|--|--|--|--|--|

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | применяет его в профессиональной деятельности | | |
|--|--|---|--|--|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|-----------------------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 4 |
| Часов по учебному плану | 144 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 20 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 30 |
| - КСР | 2 |
| самостоятельная работа | 56 |
| 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 | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|---|-----------------|--|--|-------------|--|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы | Всего | |
| | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | |
| Тема 1. Введение в предмет. Основные понятия теории автоматов и формальных языков. Операции над словами и языками / Introduction to the subject. Basic concepts of the Theory of Automata and Formal Languages. Operations over words and languages | 10 | 2 | 3 | 5 | 5 |
| Тема 2. Языки и регулярные выражения / Languages and regular expressions | 10 | 2 | 3 | 5 | 5 |
| Тема 3. Графические источники. Теоремы синтеза и анализа / Graphical sources. Synthesis and analysis | 10 | 2 | 3 | 5 | 5 |
| Тема 4. Регулярные источники. Теорема регуляризации / Regular sources. Regularization theorem | 10 | 2 | 3 | 5 | 5 |
| Тема 5. Детерминированные источники. Теорема детерминизации / Deterministic sources. Determinization theorem | 11 | 2 | 3 | 5 | 6 |

| | | | | | |
|--|-----|----|----|----|----|
| Тема 6. Словарные функции. Детерминированные функции / Word functions. Deterministic functions | 11 | 2 | 3 | 5 | 6 |
| Тема 7. Остаточные функции. Ограниченно-детерминированные функции, их вес / Residue functions. Restrictedly deterministic functions, their weight | 11 | 2 | 3 | 5 | 6 |
| Тема 8. Конечные автоматы. Их представление в виде канонических уравнений и канонической таблицы / Finite automata. Their representation in the forms of canonical equations and canonical table | 11 | 2 | 3 | 5 | 6 |
| Тема 9. Конечные автоматы. Их представление в виде диаграммы Мура и схемы из функциональных элементов / Finite automata. Their representation in the forms of Moore diagram and circuit of functional elements | 11 | 2 | 3 | 5 | 6 |
| Тема 10. Построение конечного автомата для ограниченно-детерминированной функции / Constructing finite automaton for restrictedly deterministic function | 11 | 2 | 3 | 5 | 6 |
| Аттестация | 36 | | | | |
| КСР | 2 | | | 2 | |
| Итого | 144 | 20 | 30 | 52 | 56 |

Contents of sections and topics of the discipline

Тема 1. Введение в предмет. Основные понятия теории автоматов и формальных языков. Операции над словами и языками /

Introduction to the subject. Basic concepts of the Theory of Automata and Formal Languages. Operations over words and languages

Тема 2. Языки и регулярные выражения /

Languages and regular expressions

Тема 3. Графические источники. Теоремы синтеза и анализа /

Graphical sources. Synthesis and analysis

Тема 4. Регулярные источники. Теорема регуляризации /

Regular sources. Regularization theorem

Тема 5. Детерминированные источники. Теорема детерминизации /

Deterministic sources. Determinization theorem

Тема 6. Словарные функции. Детерминированные функции /

Word functions. Deterministic functions

Тема 7. Остаточные функции. Ограниченно-детерминированные функции, их вес /

Residue functions. Restrictedly deterministic functions, their weight

Тема 8. Конечные автоматы. Их представление в виде канонических уравнений и канонической таблицы /

Finite automata. Their representation in the forms of canonical equations and canonical table

Тема 9. Конечные автоматы. Их представление в виде диаграммы Мура и схемы из функциональных элементов /

Finite automata. Their representation in the forms of Moore diagram and circuit of functional elements

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.

1. Sorochan Sergei Vladimirovich. Fundamentals of Graph Theory = Основы теории графов : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 59 p. - Текст : электронный.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853269&idb=0>

2. Sorochan Sergei Vladimirovich. Functions of the Logic Algebra. Canonical Types of Boolean Formulae = Функции алгебры логики. Канонические виды булевых формул : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 41 p. - Текст : электронный.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853270&idb=0>

5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)

5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:

5.1.1 Model assignments (assessment tool - Test) to assess the development of the competency ОПК-1:

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

The number of ways to represent a word of length 4 as concatenation of two words, among which there may be empty word, equals:

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

5) 5

2. Указать, какие из следующих равенств верны для любого языка X : /

Point which of the following equalities are true for any language X :

- 1) $X^* \cup X = X^*$
- 2) $X^* \cdot X = X^*$
- 3) $X \cdot X^* = X^*$
- 4) $X^* \cdot X = X \cdot X^*$
- 5) $X^* \cdot X^* = X^*$

Assessment criteria (assessment tool — Test)

| Grade | Assessment criteria |
|-------|---|
| pass | Верно решено не менее 60% тестовых заданий |
| fail | Решено неправильно или не решено более 40% тестовых заданий |

5.1.2 Model assignments (assessment tool - Tasks) to assess the development of the competency ОПК-1:

Задача 1. Построить минимальный конечный автомат, распознающий числа, кратные 15, над алфавитом $A = \{1,3,5\}$ /

Construct minimal finite automaton recognizing numbers multiple to 15 under the alphabet $A = \{1,3,5\}$.

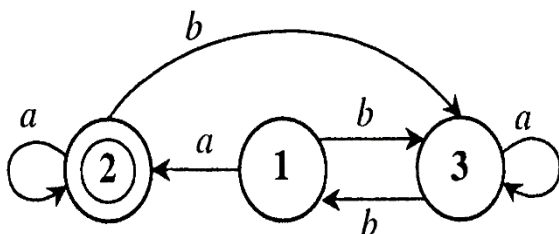
Задача 2. Над алфавитом A решите задачу синтеза конечного автомата по заданному регулярному выражению L : /

Solve synthesis problem for finite automaton given by regular expression L under the alphabet A :

$A = \{a, b\}$, $L = b \cdot (a \cup c)^* \cdot (a \cup b)^*$

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

Solve analysis problem for finite automaton (the initial state is 1):



Задача 4. Над алфавитом A решите задачу синтеза конечного автомата по заданному регулярному выражению L : /

Solve synthesis problem for finite automaton given by regular expression L under the alphabet A :

$A = \{a,b\}$, $L = (b \cdot (a \cup c)^*)^* \cdot (a \cup b)^*$

Задача 5. Конечный автомат задан системой канонических уравнений. Постройте для него каноническую таблицу и диаграмму Мура: /

Finite automaton is given by system of canonical equations. Construct canonical table and Moore diagram for the automaton:

$$y(t) = x(t) \wedge q(t-1), \quad t \geq 1,$$

$$q(t) = q(t-1) \oplus x(t), \quad t \geq 1,$$

$$q(0) = 1.$$

Assessment criteria (assessment tool — Tasks)

| Grade | Assessment criteria |
|----------------|--|
| outstanding | Верно решено не менее 95% задач |
| excellent | Верно решено не менее 85%, но не более 95% задач |
| very good | Верно решено не менее 80%, но не более 85% задач |
| good | Верно решено не менее 70%, но не более 80% задач |
| satisfactory | Верно решено не менее 55%, но не более 70% задач |
| unsatisfactory | Верно решено не менее 35%, но не более 55% задач |
| poor | Верно решено не более 35% задач |

5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

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 | При решении стандартных | Продемонстрированы | Продемонстрированы | Продемонстрированы | Продемонстрированы | Продемонстрированы все |

| | | | | | | | |
|---------------|--|---|---|--|---|--|---|
| | умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | 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 |

Scale of assessment for interim certification

| Grade | | Assessment criteria |
|-------|----------------|---|
| pass | outstanding | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme. |
| | excellent | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent", |
| | very good | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good", |
| | good | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good", |
| | satisfactory | All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level. |
| fail | unsatisfactory | At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level. |
| | poor | At least one competency has been developed at the "poor" level. |

5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

5.3.1 Model assignments (assessment tool - Tasks) to assess the development of the competency ОПК-1

Задача 1. По заданному регулярному выражению L над алфавитом A построить правильный и детерминированный источник. Найти регулярное выражение для дополнения к языку L : /
Construct regular and deterministic sources for the given regular expression L under the alphabet A . Find regular expression for the complement to the language L :

$$A = \{a, b\}, \quad L = (a \cup c)^* \cdot b^* \cdot (a \cup b)$$

Задача 2. Конечный автомат задан системой канонических уравнений.

Постройте для него каноническую таблицу и диаграмму Мура: /

Finite automaton is given by system of canonical equations. Construct canonical table and Moore diagram for the automaton:

$$y(t) = x(t) \dot{\wedge} q(t-1), \quad t \geq 1,$$

$$q(t) = q(t-1) \dot{\oplus} x(t), \quad t \geq 1,$$

$$q(0) = 1.$$

Задача 3. Найдите вес заданной ограниченно-детерминированной функции. Постройте конечный автомат, реализующий функцию, в форме диаграммы Мура: /

Find weight of the given restrictedly deterministic function. Construct finite automaton realizing the function in the form of Moore diagram:

$$f(x_1 \dots x_n) = x_1, x_1 \dot{\cup} x_2, x_1 \dot{\cup} x_2 \dot{\cup} x_3, x_2 \dot{\cup} x_3 \dot{\cup} x_4, \dots, x_{n-2} \dot{\cup} x_{n-1} \dot{\cup} x_n$$

Assessment criteria (assessment tool — Tasks)

| Grade | Assessment criteria |
|----------------|--|
| outstanding | Верно решено не менее 95% задач |
| excellent | Верно решено не менее 85%, но не более 95% задач |
| very good | Верно решено не менее 80%, но не более 85% задач |
| good | Верно решено не менее 70%, но не более 80% задач |
| satisfactory | Верно решено не менее 55%, но не более 70% задач |
| unsatisfactory | Верно решено не менее 35%, но не более 55% задач |
| poor | Верно решено не более 35% задач |

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

Основная литература:

1. Linz, Peter. An introduction to formal languages and automata. - 5th ed. - [S. l.] : Jones & Barlett

Learning, 2012. - XIII, 437 p. - ISBN 978-1-4496-2732-4 : 4244,00., 1 экз.

2. Wladyslaw Homenda. Automata Theory and Formal Languages. - De Gruyter, 2022. - 1 online resource. - ISBN 9783110752304. - ISBN 9783110752274. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=854355&idb=0>.

3. Sorochan Sergei Vladimirovich. Fundamentals of Graph Theory = Основы теории графов : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 59 p. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853269&idb=0>.

4. Sorochan Sergei Vladimirovich. Functions of the Logic Algebra. Canonical Types of Boolean Formulae = Функции алгебры логики. Канонические виды булевых формул : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 41 p. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853270&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Automata networks in computer science : Theory and applications / ed. F. F. Soulie, Y. Rober, M. Tchente. - Princeton : Princeton university press, 1987. - 264 p. - (Nonlinear science.Theory and application). - ISBN 0-691-08479-3., 1 экз.

2. (May 12-16, 1986; Argeles-Village, France). Automata networks : Proceedings of LITP spring school on theoretical computer science. / ed. G. Goos, J. Hartmanis, C. Choffrut. - Berlin a. o. : Springer, 1988. - V, 125 p. - (Lecture notes in computer science. 316). - ISBN 3-540-19444-4; 0-387-19444-4., 1 экз.

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

1. Sorochan Sergei Vladimirovich. Fundamentals of Graph Theory = Основы теории графов : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 59 p. - Текст : электронный.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853269&idb=0>

2. Sorochan Sergei Vladimirovich. Functions of the Logic Algebra. Canonical Types of Boolean Formulae = Функции алгебры логики. Канонические виды булевых формул : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 41 p. - Текст : электронный.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853270&idb=0>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Author(s): Сорочан Сергей Владимирович, 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.