

УДК 004.43(075.8)

Ш 795

Рецензенты:

*В. Е. Зюбин*, д-р техн. наук, зав. лабораторией киберфизических систем

Института автоматики и электрометрии СО РАН

*В. И. Гужов*, д-р техн. наук, профессор кафедры ССОД НГТУ

**Шорников Ю. В.**

Ш 795 Теория языков программирования: проектирование и реализация : учебное пособие / Ю. В. Шорников. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2022. – 290 с. – (Учебники НГТУ).

ISBN 978-5-7782-4817-5

Учебное пособие подготовлено в соответствии с Государственным образовательным стандартом по направлениям 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 09.03.03 «Прикладная информатика» для цикла дисциплин информационных специальностей. Основой учебного пособия стал материал, прочитанный автором студентам соответствующих специальностей в Новосибирском государственном техническом университете и Казахстанско-Британском техническом университете в курсах «Теория формальных языков и компиляторов», «Системное программное обеспечение», «Лингвистическое обеспечение».

В учебном пособии рассмотрена теория порождающих грамматик, конечных автоматов и регулярных выражений. Все теоретические механизмы анализа и синтеза языковых конструкций строго формализованы и составляют теоретические основы проектирования языков программирования. Реализация языков программирования представлена разработкой языковых процессоров. Переход от формальных языков к языковым процессорам выполнен через конструктивные методы анализа со строгими моделирующими алгоритмами, которые могут быть реализованы на языках высокого уровня или с помощью современных средств автоматизации программирования. В пособии рассмотрены средства ANTLR и FLEX & BIZON для автоматизации программирования парсера и лексера.

Несмотря на образовательную направленность, пособие может быть полезно всем, кто занимается проектированием и реализацией новых языков, языковых процессоров и конечно-автоматных распознавателей.

Работа подготовлена

на кафедре автоматизированных систем управления

УДК 004.43(075.8)

DOI 10.17212/978-5-7782-4817-5

ISBN 978-5-7782-4817-5

© Шорников Ю. В., 2022

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	7
1. СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ .....	11
1.1. Определения и логические связи языковых процессоров .....	11
1.2. Системные исследования в России .....	16
1.3. Место языковых процессоров .....	28
1.4. Потребность в разработке языковых процессоров .....	32
1.5. Современные архитектурные решения.....	35
2. ПОРОЖДАЮЩИЕ ГРАММАТИКИ И ЯЗЫКИ .....	43
2.1. Обозначения и определения .....	43
2.2. Порождающие грамматики.....	46
2.3. Языки порождающих грамматик .....	52
2.4. Прямая и обратная задачи формальных языков и грамматик .....	53
2.5. Геометрическая интерпретация синтаксического разбора .....	58
2.6. Эквивалентность и однозначность.....	63
2.7. Классификация Хомского .....	70
2.8. Графы автоматной грамматики .....	73
3. КОНЕЧНО-АВТОМАТНЫЕ РАСПОЗНАВАТЕЛИ И ЯЗЫКИ.....	77
3.1. Автоматные распознаватели и грамматики Хомского .....	77
3.2. Конечные автоматы .....	79
3.3. Синтаксические диаграммы и конечные автоматы .....	81
3.4. Недетерминированные конечные автоматы .....	86
3.5. Детерминированный конечный автомат .....	87
3.6. Моделирование НКА.....	96
3.7. Минимизация ДКА .....	96
3.8. МП-автоматы .....	99
3.9. Детерминированные МП-автоматы .....	102
4. ЯЗЫКИ И РЕГУЛЯРНЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ .....	107
4.1. Регулярные множества и языки.....	109
4.2. Регулярные выражения .....	111



4.3. Автоматные грамматики и регулярные выражения .....	113
4.4. Регулярные выражения и конечные автоматы.....	115
4.5. Анализ алгоритмов.....	122
4.6. Целесообразность перехода от НКА к ДКА .....	127
5. СИНТАКСИЧЕСКИЙ И СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ .....	131
5.1. Процессор числовых констант .....	131
5.2. Сканер.....	135
5.3. Организация таблиц символов .....	145
5.4. Рекурсивный спуск.....	152
5.5. Диагностика и нейтрализация синтаксических ошибок .....	157
5.6. Вычисление арифметических выражений.....	159
5.7. Восходящие методы анализа .....	166
6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ .....	175
6.1. Препроцессор к станкам с ЧПУ .....	175
6.2. Интерпретатор задачи Коши .....	182
6.3. ИСМА 2015 .....	201
7. ГЕНЕРАТОРЫ ЯЗЫКОВЫХ ПРОЦЕССОРОВ .....	217
7.1. ANTLR.....	218
7.2. Листинг грамматики <i>LISMA_PDE</i> в формате ANTLR .....	222
7.3. FLEX & BISON .....	226
Библиографический список .....	229
Приложения.....	237
Приложение А.....	237
Приложение Б.....	287