

УДК 004.4'242:519.713(075.8)  
ББК 32.973.26-018.2я73  
А55

*Печатается по решению кафедры алгебры и дискретной математики  
Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича  
Южного федерального университета (протокол № 7 от 13 февраля 2017 г.)*

# **Рецензенты:**

профессор кафедры информатики и информационных таможенных технологий  
Ростовского филиала Российской таможенной академии,  
доктор физико-математических наук, доцент *О. Е. Кудрявцев*;  
доцент кафедры «Кибербезопасность информационных систем» Донского  
государственного технического университета, кандидат технических наук,  
доцент *Н. С. Могилевская*

**Алымова, Е. В.**

А55 Конечные автоматы и формальные языки : учебник / Е. В. Алымова, В. М. Деундяк, А. М. Пеленицын ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. – 292 с.  
ISBN 978-5-9275-2397-9

Содержит полное и систематическое изложение материала, входящего в учебную программу курса «Теория конечных автоматов и формальных языков», изучаемых студентами специальности «Фундаментальная информатика и информационные технологии» Института математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета. Последовательно рассматриваются следующие темы: способы задания и распознавания формальных языков, регулярные языки, конечные автоматы, автоматы со спонтанными переходами, свойства регулярных языков, контекстно-свободные языки, нормальные формы контекстно-свободных языков, автоматы с магазинной памятью. Содержит упражнения и варианты индивидуальных заданий. Предназначен для студентов, которые обучаются по программам бакалавриата и магистратуры в области информационных технологий, прикладной математики и программирования.

УДК 004.4'242:519.713(075.8)  
ББК 32.973.26-018.2я73

ISBN 978-5-9275-2397-9

© Южный федеральный университет, 2018  
© Алымова Е. В., Деундяк В. М.,  
Пеленицын А. М., 2018

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b>	7
<b>Глава 1. Способы задания и распознавания формальных языков</b>	12
§ 1.1. Алфавит и слова . . . . .	12
§ 1.2. Языки и операции над языками . . . . .	14
§ 1.3. Грамматики . . . . .	19
§ 1.4. Классификация грамматик . . . . .	26
§ 1.5. Распознаватели . . . . .	28
§ 1.6. Упражнения . . . . .	31
<b>Глава 2. Регулярные языки</b>	33
§ 2.1. Регулярные множества и регулярные выражения . . . .	33
§ 2.2. Уравнения и системы уравнений с регулярными коэффициентами . . . . .	37
§ 2.3. Алгоритм решения систем с регулярными коэффициентами . . . . .	43
§ 2.4. Совпадение классов регулярных и ПЛ-языков . . . . .	48

§ 2.5. Упражнения . . . . .	53
<b>Глава 3. Конечные автоматы</b>	<b>56</b>
§ 3.1. Определения и примеры . . . . .	56
§ 3.2. Редукция НКА к ДКА . . . . .	63
§ 3.3. Граф переходов . . . . .	68
§ 3.4. Совпадение классов КА-, регулярных и ПЛ-языков . . .	69
§ 3.5. Лемма о разрастании для регулярных языков . . . . .	75
§ 3.6. Упражнения . . . . .	78
<b>Глава 4. Конечные автоматы со спонтанными переходами</b>	<b>80</b>
§ 4.1. Определения и примеры . . . . .	80
§ 4.2. Редукция $\varepsilon$ -НКА к ДКА . . . . .	85
§ 4.3. Преобразование регулярного выражения в автомат . .	88
§ 4.4. Построение $\varepsilon$ -НКА по ПЛ-грамматике . . . . .	95
§ 4.5. Вычисление языка $\varepsilon$ -НКА . . . . .	100
§ 4.6. Задача минимизации конечного автомата . . . . .	106
§ 4.7. Упражнения . . . . .	123
<b>Глава 5. Булева алгебра регулярных языков</b>	<b>125</b>
§ 5.1. Свойства регулярных языков . . . . .	125
§ 5.2. Замкнутость относительно булевых операций . . . . .	138
§ 5.3. Алгоритмические проблемы регулярных языков . . . .	140
§ 5.4. Упражнения . . . . .	143

Глава 6. <b>Контекстно-свободные языки</b>	145
§ 6.1. Деревья выводов в КС-грамматиках . . . . .	145
§ 6.2. Проблема непустоты и устранение бесполезных сим- волов . . . . .	150
§ 6.3. Построение приведенной КС-грамматики . . . . .	158
§ 6.4. Упражнения . . . . .	165
Глава 7. <b>Нормальные формы КС-грамматик</b>	168
§ 7.1. Нормальная форма Хомского . . . . .	168
§ 7.2. Проблема принадлежности для КС-языков . . . . .	174
§ 7.3. Матричный метод перехода к нормальной форме Грейбах . . . . .	178
§ 7.4. Упражнения . . . . .	186
Глава 8. <b>Автоматы с магазинной памятью</b>	188
§ 8.1. Определения и примеры . . . . .	188
§ 8.2. Расширенный МП-автомат . . . . .	196
§ 8.3. Автомат, допускающий слово опустошением магазина	202
§ 8.4. Эквивалентность МП-автоматов и КС-грамматик . . . .	209
§ 8.5. Детерминированный МП-автомат . . . . .	217
§ 8.6. Упражнения . . . . .	218
<b>Список литературы</b>	220

Приложение А. <b>Алгоритмы для контекстно-свободных грамматик</b>	222
Приложение В. <b>Задание к курсовой работе</b>	230
Приложение С. <b>Варианты заданий</b>	233
Приложение D. <b>Пример выполнения заданий курсовой работы</b>	242