

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-технологическая академия

Д. А. БЕСПАЛОВ
С. М. ГУШАНСКИЙ
Н. М. КОРОБЕЙНИКОВА

**ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ
КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ**
ЧАСТЬ 1

Учебное пособие

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2019

УДК 004.451(075.8)
ББК 32.973.26-018.1я73
Б534

*Печатается по решению кафедры вычислительной техники
Института компьютерных технологий и информационной безопасности
Южного федерального университета
(протокол № 11 от 27 марта 2019 г.)*

Рецензенты:

профессор кафедры высшей математики Инженерно-технологической
академии Южного федерального университета,
доктор технических наук, профессор *Г. В. Куповых*

профессор кафедры естествознания и безопасности жизнедеятельности
Таганрогского института им. А. П. Чехова (филиал) ФГБОУ ВО
«РГЭУ (РИНХ)», доктор технических наук, профессор *В. И. Божич*

Беспалов, Д. А.

Б534 Операционные системы реального времени и технологии разра-
ботки кроссплатформенного программного обеспечения. Часть 1 :
учебное пособие / Д. А. Беспалов, С. М. Гушанский, Н. М. Коробей-
никова ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таган-
рог : Издательство Южного федерального университета, 2019. – 139 с.

ISBN 978-5-9275-3366-4

Часть 1. – 139 с.

ISBN 978-5-9275-3367-1 (Ч. 1)

Данное учебное пособие начинает серию пособий для студентов дневной
и заочной форм обучения, обучающихся по направлениям 09.03.01, 09.04.01 –
Информатика и вычислительная техника. Также может быть полезно студентам
и магистрантам, обучающимся по смежным специальностям. Пособие пред-
ставляет собой введение в операционные системы реального времени.

Разработано на кафедре вычислительной техники ИКТИБ ЮФУ.

УДК 004.451(075.8)
ББК 32.973.26-018.1я73

ISBN 978-5-9275-3366-4
ISBN 978-5-9275-3367-1 (Ч. 1)

- © Южный федеральный университет, 2019
- © Беспалов Д. А., Гушанский С. М.,
Коробейникова Н. М., 2019
- © Оформление. Макет. Издательство
Южного федерального университета, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ (ОС РВ)	6
1.1. Определение операционных систем реального времени	6
1.2. Основные области применения операционных систем ре- ального времени	10
1.3. Строение операционных систем реального времени	11
1.4. Требования к оборудованию для ОС РВ	12
2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	17
2.1. Основные определения	17
2.2. Типы взаимодействия процессов	29
2.3. Состояния процесса	31
2.4. Стандарты на операционные системы реального времени ...	35
2.5. Основные требования к операционным системам реального времени	39
2.6. Параметры и характеристики операционной системы реаль- ного времени	41
2.7. Особенности программирования операционных систем ре- ального времени	43
3. АРХИТЕКТУРА ОС РВ	48
3.1. Ядро ОС РВ	48
3.2. Архитектура ОС РВ	50
3.3. Механизмы реального времени	63
4. УПРАВЛЕНИЕ ЗАДАЧАМИ	65
4.1. Уровни планирования	65
4.2. Алгоритмы планирования	71
4.3. Особенности управления процессами в операционных си- стемах реального времени	77
4.4. Переключение контекста	83
5. СИНХРОНИЗАЦИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ...	84

5.1. Проблемы синхронизации и взаимодействия процессов между собой	84
5.2. Средства межпроцессного взаимодействия	88
5.3. Современные механизмы синхронизации потоков	90
5.4. Мониторы	94
5.5. Обмен сообщениями	96
5.6. Мьютексы. Система событий	101
5.7. Объекты синхронизации POSIX	102
5.8. Модели синхронизации POSIX	104
6. УПРАВЛЕНИЕ ПАМЯТЬЮ	112
6.1. Функции управления памятью	112
6.2. Типы адресов памяти	113
6.3. Виртуальная память и подкачка данных	118
6.4. Особенности управления памятью в операционных системах реального времени	120
6.5. Устройство управления памятью (Memory Management Unit, MMU)	124
7. ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	126
7.1. Понятие отказоустойчивости системы	126
7.2. Основные причины сбоев вычислительной системы	127
7.3. Элементы отказоустойчивости системы	128
7.4. Способы обеспечения отказоустойчивости системы	130
7.5. Построение систем с рангом отказоустойчивости	133
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	136
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	137