



В. В. Соловьев, В. В. Шадрина
Е. А. Шестова, С. В. Кирильчик

Моделирование объектов и процессов управления

учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-технологическая академия

В. В. СОЛОВЬЕВ
В. В. ШАДРИНА
Е. А. ШЕСТОВА
С. В. КИРИЛЬЧИК

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2022

УДК 519.876.2(075.8)

ББК 22.18.я73

С603

*Печатается по решению кафедры систем автоматического управления
Института радиотехнических систем и управления
Южного федерального университета
(протокол № 13 от 2 июня 2022 г.)*

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем
автоматизированного проектирования Института компьютерных
технологий и информационной безопасности

Южного федерального университета *В. В. Курейчик*

кандидат технических наук, доцент кафедры ТСИТ

Политехнического института (филиал) ДГТУ в г. Таганроге *Н. А. Иванова*

Соловьев, В. В.

С603 Моделирование объектов и процессов управления : учебное по-
собие / В. В. Соловьев, В. В. Шадрина, Е. А. Шестова, С. В. Кириль-
чик ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таган-
рог : Издательство Южного федерального университета, 2022. – 158 с.
ISBN 978-5-9275-4307-6

В первой части учебного пособия рассматриваются математические мо-
дели динамических систем в виде дифференциальных уравнений, передаточ-
ных функций и переменных состояния. Представлен пример разработки про-
граммного модуля для исследования системы управления с двигателем постоян-
ного тока. Во второй части пособия рассмотрен процесс разработки авто-
матных моделей систем на примере коптильной установки. Пособие предна-
значено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалаври-
ата 15.03.04 и 27.03.04. Материалы пособия могут быть полезны для студен-
тов, аспирантов и специалистов в области разработки моделей систем и мате-
матического моделирования.

УДК 519.876.2(075.8)

ББК 22.18.я73

ISBN 978-5-9275-4307-6

© Южный федеральный университет, 2022

© Соловьев В. В., Шадрина В. В.,

Шестова Е. А., Кирильчик С. В., 2022

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ВИДЫ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ В ПРОЕКТЕ	6
1.1. Модели в виде дифференциальных уравнений	6
1.2. Модели в виде передаточных функций	9
1.3. Модели в виде уравнений в переменных состояния	10
1.4. Модель устройства управления для динамических систем	13
2. СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	15
2.1. Анализ существующих программных продуктов	15
2.2. Формирование требований к программе для исследования динамических систем	21
3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	23
3.1. Вывод математических моделей двигателя постоянного тока	23
3.2. Разработка интерфейса пользователя	27
3.3. Тестирование программного модуля	33
3.4. Компиляция программного модуля в исполняемый файл	40
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	44
4.1. Модели динамических систем	44
4.2. Структурная схема динамических систем управления	46
4.3. Приложение для исследования работоспособности динами- ческих систем управления с двигателем постоянного тока	47
4.4. Задание на выполнение	51
4.5. Содержание отчета	54
5. ОБЗОР АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ	55
5.1. Общие теоретические сведения	55
5.2. Модели структурных автоматов	57
5.3. Формализация управляющей системы в классе автоматных моделей	61

6. ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗРАБАТЫВАЕМОМУ МОДУЛЮ	65
6.1. Анализ существующих программных продуктов для исследо- вания автоматных моделей	65
6.2. Требования к программному модулю	69
7. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТНЫХ СИСТЕМ	71
7.1. Синтез развернутой схемы конечного автомата состояний копильной установки	71
7.2. Разработка интерфейса пользователя	72
7.3. Программная реализация автоматной модели	78
7.4. Реализация динамического поведения копильной установки	79
7.5. Тестирование работоспособности программного модуля	84
7.6. Компиляция в исполняемый файл	89
8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТНЫХ СИСТЕМ	92
8.1. Автоматные модели систем управления	92
8.2. Разработка схемы конечного автомата копильной установки ...	93
8.3. Приложение для исследования работоспособности автомат- ной модели	95
8.4. Задание на выполнение	97
8.5. Содержание отчета	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	100
ПРИЛОЖЕНИЯ	103
Приложение А	103
Приложение Б	105
Приложение В	106
Приложение Г	131
Приложение Д	134