

В.Ф. ФИЛАРЕТОВ А.В. ЗУЕВ А.С. ГУБАНКОВ

# УПРАВЛЕНИЕ МАНИПУЛЯТОРАМИ при выполнении различных технологических операций



НАУКА

В.Ф. ФИЛАРЕТОВ А.В. ЗУЕВ А.С. ГУБАНКОВ

**УПРАВЛЕНИЕ  
МАНИПУЛЯТОРАМИ  
при выполнении  
различных  
технологических  
операций**



МОСКВА НАУКА 2018

УДК 621.01/.03  
ББК 34.41  
Ф51



*Издание осуществлено при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
по проекту № 18-18-00059, не подлежит продаже*

**Филаретов В.Ф., Зуев А.В., Губанков А.С.**

Управление манипуляторами при выполнении различных технологических операций / В.Ф. Филаретов, А.В. Зуев, А.С. Губанков. – М.: Наука, 2018. – 232 с. ISBN 978-5-02-040158-7

Монография посвящена разработке и исследованию новых методов контурного управления многозвенными манипуляторами, обеспечивающими высокоточное отслеживание рабочими инструментами произвольных пространственных траекторий вдоль сложных поверхностей с максимально допустимой скоростью и одновременным силовым воздействием (возможно, переменным) на эти поверхности (объекты работ). Предложены методы управления многозвенными манипуляторами в полуавтоматическом режиме с помощью подвижных телекамер, изменяющих пространственную ориентацию своих оптических осей, метод синтеза систем непрерывного диагностирования основных элементов и блоков указанных устройств.

Для научных работников и инженеров, специализирующихся в области управления робототехническими системами, а также для аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

ISBN 978-5-02-040158-7

© Филаретов В.Ф., Зуев А.В.,  
Губанков А.С., 2018  
© ФГУП Издательство «Наука»,  
редакционно-издательское  
оформление, 2018

# Оглавление

Список сокращений .....	5
Список основных обозначений .....	6
Введение .....	9
<b>Глава 1. Синтез систем управления манипуляторами для стабилизации их динамических свойств и показателей качества работы на номинальном уровне</b> .....	15
1.1. Определение и исследование динамических свойств и характеристик многостепенных манипуляторов .....	15
1.2. Синтез самонастраивающихся корректирующих устройств для управления электроприводами различных манипуляторов .....	22
1.3. Исследование качества работы манипуляторов с синтезированными самонастраивающимися корректирующими устройствами .....	27
<b>Глава 2. Системы формирования скорости движения рабочих инструментов манипуляторов по гладким пространственным траекториям</b> .....	29
2.1. Обзор существующих подходов к формированию скоростей движения манипуляторов .....	30
2.2. Разработка метода управления скоростью движения простейшего манипулятора с настройкой по амплитудно-частотным характеристикам .....	36
2.3. Разработка метода синтеза адаптивных систем управления скоростями вращения электроприводов ММ с использованием АЧХ .....	49
2.4. Разработка метода синтеза адаптивной системы формирования предельно высокой скорости движения многозвенных манипуляторов по произвольным траекториям с учетом ограничений по напряжениям и токам в их электроприводах .....	56
2.5. Разработка метода синтеза системы автоматического управления скоростью движения схвата манипулятора по сложным пространственным траекториям на основе информации о текущей точности этого движения .....	67
2.6. Выводы .....	78
<b>Глава 3. Разработка методов синтеза систем позиционно-силового и скоростного силового управления многозвенными манипуляторами с различными кинематическими схемами</b> .....	79
3.1. Анализ подходов и методов синтеза позиционно-силовых СУ .....	79
3.2. Особенности синтеза комбинированных позиционно-силовых систем управления ММ .....	86
3.3. Синтез комбинированных позиционно-силовых СУ ММ .....	93

3.4. Исследование синтезированных позиционно-силовых СУ ММ. . . . .	102
3.5. Разработка метода синтеза СУ манипуляторами типа SCARA, используемых при обработке боковых поверхностей заготовок произвольной формы. . . . .	111
3.6. Выводы. . . . .	120
<b>Глава 4. Управление многозвенными манипуляторами с использованием телекамер, изменяющих пространственные ориентации оптических осей. . . . .</b>	<b>122</b>
4.1. Метод позиционного полуавтоматического телеуправления. . . . .	123
4.2. Метод полуавтоматического комбинированного телеуправления. . . . .	131
4.3. Исследования синтезированных систем телеуправления ММ. . . . .	138
4.4. Выводы. . . . .	154
<b>Глава 5. Особенности автоматического выполнения технологических операций при обработке крупногабаритных легкодеформируемых деталей с помощью многозвенных манипуляторов. . . . .</b>	<b>155</b>
5.1. Построение трехмерных моделей обрабатываемых деталей с помощью систем технического зрения. . . . .	156
5.2. Разработка метода совмещения пространственных моделей, деформируемых в процессе закрепления деталей, с их CAD-моделями. . . . .	171
5.3. Построение траекторий движения рабочих инструментов ММ в процессе обработки закрепленных деталей. . . . .	179
5.4. Выводы. . . . .	195
<b>Глава 6. Разработка методов оперативного диагностирования электроприводов многозвенных манипуляторов. . . . .</b>	<b>196</b>
6.1. Обзор существующих подходов к диагностированию робототехнических систем. . . . .	196
6.2. Разработка метода обнаружения дефектов в электроприводах ММ на основе логико-динамического подхода. . . . .	200
6.3. Синтез и исследование ДН, предназначенных для обнаружения дефектов в электроприводах ММ. . . . .	206
6.4. Описание подхода к идентификации дефектов в электроприводах ММ. . . . .	212
6.5. Выводы. . . . .	214
<b>Заключение. . . . .</b>	<b>215</b>
<b>Литература. . . . .</b>	<b>218</b>