

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Петросяна Ованеса Леоновича на диссертацию **Севостьянова Руслана Андреевича** на тему «Многоцелевое управление подвижными объектами с компенсацией запаздывания», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

**Актуальность.** В своей работе автор рассматривает задачу стабилизации движения различных подвижных объектов. При этом рассматривается ряд режимов функционирования, отличающихся наличием внешних возмущений различной природы, и для каждого режима предполагается наличие определенных требований к динамике движения. Рассматриваемая задача осложняется наличием запаздывания в каналах управления и возмущения.

Основная идея заключается в комбинации нескольких подходов: многоцелевого синтеза с компенсацией запаздывания, использования визуальной информации в контуре обратной связи и применения метода линеаризации обратной связью для систем с существенными нелинейностями. Учет запаздывания является одной из важнейших задач современной теории управления. Использование визуальной обратной связи также представляет особый интерес, поскольку современные робототехнические комплексы и бортовые системы управления очень часто оснащены видеокамерами, а методы распознавания изображений активно развиваются. При этом постоянно ужесточаются требования к качеству динамики управляемого движения. Таким образом, **актуальность** рассматриваемых в работе проблем не вызывает сомнения.

Многоцелевые регуляторы эффективно применяются в задачах управления, предполагающих наличие нескольких режимов функционирования и требований к динамике в каждом из них. Компенсация запаздывания предполагает использование в обратной связи прогноза состояния системы. При этом важной особенностью является тот факт, что подобный подход позволяет сначала синтезировать многоцелевой регулятор для системы без запаздывания, а затем применить особую трансформацию, компенсирующую запаздывание и сохраняющую динамические характеристики исходного регулятора.

Новизна работы заключается в применении компенсации запаздывания для многоцелевых регуляторов с визуальной обратной связью и для многоцелевых регуляторов с линеаризацией обратной связью в нелинейных системах.

**Структура диссертации.** Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение и список литературы. Объем работы составляет 139 страниц, список литературы включает в себя 103 источника. Текст работы включает 9 теорем.

Введение посвящено обзору рассматриваемых подходов по отдельности, а также

общему описанию решаемых вопросов. Также здесь приводятся краткое содержание диссертации, цели, задачи и результаты исследования.

В первой главе дается описание общей математической модели объектов управления, а также представляющих интерес режимов движения. Вводится понятие многоцелевой обратной связи для линейных систем, а также ее компенсирующей запаздывание трансформации.

Вторая глава посвящена задаче многоцелевого визуального позиционирования с компенсацией запаздывания. Приведены математические модели динамики объекта управления и проекций точек визуального маркера на плоскости изображения. Описаны алгоритмы многоцелевого синтеза. Приведены результаты симуляционных экспериментов с роботом на омни-колесах и с гусеничным роботом.

В третьей главе рассматривается многоцелевая стабилизация нелинейных систем с использованием линеаризации обратной связью и компенсации запаздывания. Приводится вывод многоцелевого регулятора для этого случая, а также алгоритмы синтеза его настраиваемых элементов. В конце главы также описываются результаты симуляционных экспериментов с двухзвенным плоским манипулятором.

Четвертая глава посвящена описанию процедуры синтеза многоцелевого регулятора с компенсацией запаздывания в задаче стабилизации курсового угла судна на воздушной подушке в различных режимах. Достаточно подробно описана нелинейная модель динамики такого судна, а также результаты ее линеаризации. Эффективность принятого подхода также демонстрируется на примере симуляционных экспериментов.

#### **Основные научные результаты:**

1. Метод компенсации запаздывания за счет использования прогноза при эквивалентном преобразовании многоцелевого регулятора.
2. Метод синтеза настраиваемых элементов многоцелевого регулятора в задаче визуального позиционирования с компенсацией запаздывания.
3. Алгоритмы синтеза настраиваемых элементов многоцелевого регулятора в задаче стабилизация движения нелинейных подвижных объектов с компенсацией запаздывания и линеаризацией обратной связью.
4. Алгоритм синтеза настраиваемых элементов многоцелевого регулятора в задаче стабилизации движения судна на воздушной подушке с учетом запаздывания.

**Обоснованность научных результатов.** Достоверность результатов обеспечивается корректностью поставленной задачи и правильным использованием научных методов для достижения результата. Приведенные выводы были апробированы во время выступлений на многочисленных всероссийских и международных научных конференциях; при

авторстве или соавторстве Р.А. Севостьянова опубликовано 17 научных статей по теме диссертации, из них 3 работы опубликованы в журналах, входящих в Перечень рецензируемых изданий, рекомендованных для публикации материалов, представляющих основные результаты диссертаций, и 5 работ опубликовано в изданиях, индексируемых базами Web of Science CC и Scopus. Основные результаты подробно проиллюстрированы на примерах.

### **Замечания**

1. Во второй главе постулируется, что в поле зрения видеокамеры постоянно находится некий визуальный маркер. Каким образом может осуществляться его распознавание? Как были рассчитаны траектории проекций координат маркера в симуляционных экспериментах второй главы?

2. В Теореме 2.1 вводится положительный коэффициент  $\mu$ , однако не описано, какое влияние он может оказать на динамику замкнутой системы. Из каких соображений он может быть выбран? Может ли он быть матрицей, а не скаляром?

3. В примерах к главам 2 и 3 используется внешнее возмущение с теми же гармониками, которые были использованы для синтеза динамического корректора. Ухудшится ли качество динамики, если фактическое возмущение будет включать в себя неучтенные гармоники?

**Заключение.** Диссертация Севостьянова Руслана Андреевича на тему: «Многоцелевое управление подвижными объектами с компенсацией запаздывания» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель **Севостьянов Руслан Андреевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры ММЭС СПбГУ



**Петросян О.Л.**

26.03.2024