

обоснованный выбор. В этой связи определенный интерес представляет использование для синтеза алгоритмов управления движением мехатронных систем с упругими звеньями методов решения обратных задач динамики, позволяющих реализовать механическое движение с заранее заданными свойствами. Рассмотрению некоторых вопросов, связанных с синтезом алгоритмов управления движением упругих мехатронных систем на основе методов системного анализа и решения обратных задач динамики и посвящена представленная диссертационная работа.

Общая структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем работы составляет 133 страницы, 52 рисунка и 2 таблицы. Список литературы содержит 153 наименования. Структура работы соответствует поставленной цели и задачам исследований. Представленные иллюстративные материалы дают достаточно полное представление о результатах работы.

Новизна исследований и полученных результатов заключается в разработке и использовании на основе системного анализа и концепции обратных задач динамики метода синтеза алгоритмов управления движением мехатронных систем с упругими звеньями, позволяющего не накладывать ограничений на характер программных движений и обеспечить желаемый характер колебательных движений исполнительных механизмов.

К наиболее существенным результатам работы, обладающим научной новизной, следует отнести:

1. Метод синтеза алгоритмов управления движением мехатронных систем с упругими звеньями, основанный на декомпозиции управляемого движения исполнительных механизмов на несвязанные автономные движения по отдельным степеням подвижности и разделении последних на программные, происходящие под действием заданных движущих сил при абсолютной жесткости звеньев, и колебательные, обусловленные упругими отклонениями от программных, позволяющий формировать заданный вид колебательных движений.

2. Алгоритмы управления движением мехатронных систем с упругими звеньями, обеспечивающие заданный вид колебательных движений исполнительных механизмов и не накладывающие ограничений на характер программного движения и структуру регуляторов.

3. Метод структурно-параметрического синтеза систем управления колебаниями исполнительных механизмов мехатронных систем, обладающих адаптивными свойствами к параметрическим возмущениям, вызванным изменениями конфигураций этих механизмов.

Достоверность научных положений, результатов и выводов основана на применении широко известных и хорошо разработанных методов теории систем, системного анализа, управления, обработки информации и теории решения обратных задач, апробированных и сертифицированных программных продуктов и совпадении результатов аналитических и численных расчетов с результатами компьютерного моделирования с использованием реальных

значений параметров математической модели промышленного робота, полученных экспериментальным путем.

Значимость для науки и производства полученных результатов. В результате выполненных исследований создана научно-методологическая основа для синтеза алгоритмов управления движением мехатронных систем с упругими звеньями, позволяющая обеспечить желаемый характер колебательных движений исполнительных механизмов. В отличие от известных работ, посвященных данной проблеме, предлагаемый подход позволяет не накладывать ограничений на характер программного движения и структуру регуляторов и учесть несколько показателей качества переходных процессов. Предлагаемые алгоритмы могут быть использованы в процессах создания и управления движением мехатронных систем различного назначения. Их применение позволит повысить быстродействие, точность и надежность работы этих систем. Самостоятельное научное и практическое значение имеет созданная автором на основе проведенных исследований программа для ЭВМ по структурно-параметрическому синтезу систем управления колебаниями мехатронных машин с упругими звеньями.

Общие замечания по диссертационной работе. К недостаткам диссертационной работы можно отнести следующее.

1. Изложение основного содержания работы в самой диссертации и автореферате носит описательный характер, без четкого определения методологии исследований, новизны предлагаемых решений и личного вклада автора.

2. Недостатком задания желаемых законов колебательных движений является то обстоятельство, что синтезированное путем решения обратных задач динамики управление является функцией времени, реализуемой разомкнутой системой управления, что может привести к существенным ошибкам при наличии внешних возмущений.

3. При использовании метода аналитического конструирования оптимальных регуляторов для синтеза компенсирующих воздействий возникает пока нерешенная проблема выбора весовых коэффициентов в выражении (3.38), что ограничивает области его применения мехатронными системами, описываемыми уравнениями сравнительно небольшого порядка из-за известных трудностей вычислительного характера.

4. Почему в качестве приводов движения в диссертации рассматривались только двигатели постоянного тока с независимым возбуждением (см. стр. 39, 48 и 104) и применимы ли полученные результаты исследований для мехатронных систем, оборудованных другими типами приводов?

5. При численном моделировании процессов управления упругими колебаниями в главе 3 отсутствует сравнительная оценка эффективности

предложенных вариантов задания колебательных движений и не приводятся рекомендации по выбору вида этих движений в алгоритме, приведенном на рис. 3.21.

6. Вызывает сомнение утверждение автора работы о слабой чувствительности предлагаемых алгоритмов управления колебательными движениями к параметрическим возмущениям. Какими средствами обеспечивается нечувствительность систем управления, структурные схемы которых приведены на рис. 3.1, 3.7 и 4.11, к изменениям, например, жесткостных свойств исполнительных механизмов или масс и моментов инерции перемещаемых объектов?

7. Непонятно каким образом автор собирается получать производные третьего и четвертого порядков в системе управления, структурная схема которой приведена на рис. 3.15?

8. В диссертационной работе достаточно подробно проанализировано влияние дополнительных компенсирующих воздействий на качество переходных процессов (см., например, рис. 3.5 на стр. 63, рис. 3.19 на стр. 85, рис. 4.12, б на стр. 107, рис. 4.13, б на стр. 108, рис. 4.14, б и рис. 4.15, б на стр. 109 диссертации или рис. 4 на стр. 10 и рис. 9 на стр. 14 автореферата), однако ничего не говорится о влиянии этих воздействий на точность воспроизведения заданных траекторий движения?

9. В тексте работы, в отличие от автореферата, имеется большое количество ошибок и опечаток. Оставляя без комментариев многочисленные орфографические ошибки, обусловленные недостаточным знанием русского языка, обращаем внимание на следующие неточности. Во-первых, не во всех случаях перед формулами должно ставиться двоеточие. Непонятно, как можно управлять движением «с помощью уравнений Эйлера-Лагранжа» (см. последнее предложение на стр. 22)? На основе каких «включающих ограничений» предложена «декомпозиция управляемого движения» на рис. 1.6 (см. стр. 26)? Требуется расшифровка предложение под рис. 1.7 на стр. 27. Второе предложение на стр. 30 явно не закончено. Имеет место повторение целых предложений, приведенных на стр. 4 и 5 и стр. 32 и 33, на стр. 7 и стр. 34 и 35, а также на стр. 31 и 33.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы. Результаты выполненных исследований могут быть рекомендованы к применению, прежде всего, в мехатронных системах технологического назначения с цифровыми системами управления, таких как промышленные и транспортные роботы, металлорежущие станки с числовым программным управлением, манипуляционное оборудование гибких производственных систем и т.п. В то же время они могут быть использованы и для повышения эффективности работы грузоподъемных и транспортных машин различного назначения. Сам же подход представляется

перспективным и нуждается в дальнейшем развитии. В частности, требуют внимания вопросы изучения влияния нелинейных свойств мехатронных систем на эффективность управления колебательными движениями, использования предложенных алгоритмов для повышения точности воспроизведения программных траекторий, повышения адаптивных свойств систем управления, практической реализации алгоритмов управления колебаниями с учетом особенностей и возможностей современных цифровых систем управления и средств измерения параметров колебательных движений.

Заключение. Диссертационная работа Ле Ба Ханя. является законченным научным исследованием, в котором предложен метод синтеза и разработаны алгоритмы управления движением мехатронных систем с упругими звеньями. Полученные результаты вносят заметный вклад в развитие методов системного анализа и управления механическим движением и имеют важное практическое значение. Основные материалы диссертации достаточно полно опубликованы в открытой печати (в том числе, в четырех изданиях, рекомендованных ВАК РФ) и известны широкому кругу специалистов. Оформление диссертации и автореферата и стиль изложения материала соответствуют требованиям, предъявляемым к научным работам.

На основе изложенного считаем, что по объему, научной новизне и практической значимости результатов представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор, Ле Ба Хань, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Технология машиностроения и промышленная робототехника» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Протокол № 1 от «18» ноября 2016 г.

Профессор кафедры
«Технология машиностроения и
промышленная робототехника»,
д.т.н., проф.

П. Я. Крауиньш

И.о. заведующий кафедрой
«Технология машиностроения и
промышленная робототехника»

— А. Д. Вильнин

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

634050, г. Томск, проспект Ленина, 30. Тел. +7(3822) 60-63-33. E-mail: tpu@tpu.ru