

В диссертационный Совет Д 212.070.07
при ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет»
664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, д. 24, корп. 9

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертационную работу Ле Ба Ханя

«Синтез алгоритмов управления движением упругих мехатронных систем на основе решения обратных задач динамики»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

1. Актуальность диссертационной работы

В течение последних лет, в связи с созданием и развитием таких мехатронных машин, как промышленные и транспортные роботы, станки с программным управлением и обрабатывающие центры, динамические моделирующие стенды, манипуляционное и транспортное оборудование робототехнических комплексов и гибких производственных систем, все большее внимание уделяется вопросам разработки и совершенствования систем автоматического управления движением. Повышение скоростей движения исполнительных механизмов и требований к качеству и надежности функционирования этих машин вызывает необходимость учета упругих свойств звеньев и разработки способов компенсации колебательных движений системами программного управления. В тоже время известные способы управления упругими колебаниями не учитывают возможности системного анализа и современных методов принятия решений и обработки информации, к числу которых можно отнести и концепцию обратных задач динамики. В этой связи тема диссертационной работы Ле Ба Ханя, в которой рассматриваются вопросы синтеза алгоритмов управления движением мехатронных систем с учетом упругости исполнительных механизмов на основе решения обратных задач динамики и методов системного анализа, представляется достаточно актуальной как в научном, так и практическом отношениях.

2. Общая характеристика диссертации

Работа выполнена в Иркутском национальном исследовательском техническом университете и представляется к защите впервые. Её материал изложен в четырех главах на 133 страницах текста, который включает 52 рисунка, 2 таблицы и библиографический список из 153 наименований.

В **первой** главе диссертации при слишком общем ее названии и довольно рыхлом содержании анализируются работы, в основном, отечественных специалистов, в области системного анализа и синтеза систем

управления движением объектов с учетом упругих свойств конструкции, определяются основная цель работы и задачи исследований. В целом, автор показывает хорошее понимание проблемы исследования и демонстрирует достаточную осведомленность в известных путях ее решения.

Вторая глава диссертационной работы посвящена вопросам выбора критериев эффективности и структурно-параметрического синтеза систем управления упругими колебаниями на основе методов решения обратных задач динамики. Последовательное использование методов системного анализа позволили автору предложить рациональную идею декомпозиции управляемого движения по степеням подвижности мехатронной машины и его разделения в направлении отдельной степени на программное и колебательное, позволяющую при синтезе систем управления не накладывать ограничений на характер программного движения и использовать в качестве критериев эффективности или целевых функций для процессов управления аналитических зависимостей, определяющих желаемый вид колебательного движения. Задание интегральных кривых или дифференциальных уравнений колебательных движений для синтеза алгоритмов управления движением на основе решения обратных задач динамики дает возможность в отличие, например, от широко используемых стандартных форм Баттерворта, учесть несколько показателей качества переходных процессов. Автором показано, что предлагаемый подход обеспечивает возможность решения задачи структурно-параметрического синтеза системы управления движением путем выражения полученных временных зависимостей через фазовые координаты. К сожалению, автор практически не комментирует ограничения, связанные с зависимостью конечных уравнений колебательных движений от начальных условий движения.

В **третьей** главе приведены результаты исследований по применению предложенного подхода для синтеза алгоритмов управления упругими колебаниями мехатронных систем, основанные на определении не зависящих от структуры регулятора потребных управляющих воздействий путем решения обратных задач динамики при различных вариантах задания колебательных движений и компьютерному моделированию работы этих алгоритмов. На примере трехмассовой расчетной схемы мехатронной системы автором диссертационной работы продемонстрирована достаточно высокая эффективность предлагаемых алгоритмов для ограничения интенсивности колебательных движений мехатронных систем и возможность использования этих алгоритмов для решения задачи структурного синтеза систем управления движением. Вполне обоснованным представляется использование автором сочетания концепции обратных задач динамики работы с методом аналитического конструирования оптимальных регуляторов для синтеза алгоритмов управления движением замкнутых мехатронных систем. В тоже время, в работе не приводятся рекомендации по выбору конечных и дифференциальных уравнений колебательных движений и недостаточно подробно описана процедура проверки синтезированных систем управления колебаниями на устойчивость.

Логичным завершением работы представляется демонстрация в заключительной, **четвертой** главе диссертации возможностей использования результатов исследований на примере решения задачи управления упругими колебаниями электромеханического промышленного робота. Для получения адекватной математической модели и идентификации параметров объекта управления автор воспользовался методом пассивного эксперимента. Проведенное компьютерное моделирование, выполненное на основе этой модели, в целом, подтвердило высокую эффективность предложенных алгоритмов для управления колебательными движениями исполнительного механизма робота.

В приложении приводятся акты использования результатов работы в учебном процессе.

По объему исследований и полученным результатам диссертационная работа вполне соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка, областями исследований по которой, в том числе, являются: «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации» (п. 4 паспорта специальности) и «Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем» (п. 7 паспорта).

По теме диссертации автором опубликовано 13 научных работ в виде статей в журналах и материалах докладов конференций, в том числе 4 публикации – в журналах, рекомендованных ВАК, получено 1 свидетельство регистрации программы для ЭВМ.

3. Научная новизна и значимость основных результатов и выводов

Научная значимость работы заключается в развитии и применении методов системного анализа, обработки информации и теории решения обратных задач для повышения эффективности процессов управления движением исполнительных механизмов мехатронных машин с учетом упругости звеньев. В результате проведенных исследований в диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

- на основе рационального сочетания методов системного анализа и принятия решений разработан обобщенный подход к задаче синтеза алгоритмов управления движением мехатронных систем с упругими звеньями, позволяющий не накладывать ограничений на характер программного движения и структуру системы управления;

- разработаны алгоритмы управления движением мехатронных систем с упругими звеньями, основанные на решении обратных задач с помощью адекватных математических моделей динамики этих систем и желаемого вида только колебательного движения, обеспечивающие существенное снижение интенсивности упругих колебаний и сокращение длительности переходных процессов;

- предложена процедура структурно-параметрического синтеза замкнутых систем управления колебаниями мехатронных систем с упругими звеньями с переменными коэффициентами усиления, обладающих свойствами слабой чувствительности к координатным возмущениям.

4. Практическая ценность работы

Несомненным достоинством работы является ее практическая направленность. Практическая значимость работы заключается в возможности:

- применения предлагаемых алгоритмов управления упругими колебаниями в процессах создания и управления движением многих технологических и транспортных машин с программным управлением;
- снижения уровня упругих колебаний исполнительных механизмов быстродействующих мехатронных машин и повышения их производительности, точности и надежности работы;
- использования рекомендаций работы в учебном процессе при изучении дисциплин системного анализа, теории автоматического управления и специальных дисциплин.

О практической значимости диссертационной работы свидетельствуют полученное автором свидетельство регистрации программы для ЭВМ и акты внедрения её результатов в учебные процессы ряда вузов.

5. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений, сформулированных в диссертации

Сделанные автором диссертационной работы выводы по отдельным главам и работе в целом сомнений не вызывают. Они логичны и вполне убедительны. Научные положения базируются на известных принципах и методах системного анализа, обработки информации, теории автоматического управления и механики машин. Принятые допущения имеют мотивированное обоснование. Численные расчеты выполнены с помощью апробированных и сертифицированных программных средств компьютерного моделирования и инженерного анализа, а адекватность математической модели подтверждена результатами экспериментальных исследований.

6. Замечания по диссертационной работе

1. Формулировка цели диссертационной работы, приведенная на с. 3 автореферата, несколько отличается от её формулировок, приведенных на сс. 7 и 34 диссертации. Какая из этих формулировок наиболее корректная?

2. Требуют дополнительных комментариев рис. 1.5, 1.6, 1.7 и 1.8, приведенные в разделе 1.3 диссертации.

3. Почему предлагаемые критерии эффективности, которые точнее назвать целевыми функциями, в тексте диссертации на сс. 7, 10, 31, 34 и 111 называются «непосредственными», а на с. 8 диссертации и в автореферате – «комплексными»? И какие «все основные показатели качества», как сказано на с. 4 автореферата или с. 8 диссертации, они учитывают?

4. Непонятно, каким образом автор решает проблему некорректности обратных задач управления и доопределяет правые части уравнений движения при различных вариантах задания колебательных движений (2.3) – (2.6)?

5. При задании конечных уравнений движений результаты синтеза управляющих воздействий, как это следует из выражений (2.24), (2.29) на с. 47, (2.37) на с. 49 и (3.1) на с. 58, справедливы только для конкретных начальных условий движения, а как поступать в случае их изменения?

6. Недостаточное внимание в работе уделено вопросам учета нелинейных свойств объектов управления, например, исполнительного механизма электромеханического робота, конструктивная схема которого приведена на рис. 4.5, и используемых приводов движения, динамика которых описывается системой нелинейных уравнений (2.2).

7. Исходя из каких условий выбирались коэффициенты в эталонном уравнении (3.4) и почему при численном моделировании эффективности системы управления, структурная схема которой показана на рис. 3.15, автор не воспользовался выражениями (3.21) – (3.27), приведенными на с. 69?

8. Каким образом обеспечивается настройка управляющих воздействий при изменении параметров исполнительного механизма в различных конфигурациях промышленного робота в блоке «*Transport Delay*» на рис. 4.11, приведенном на с. 106?

9. В автореферате и, особенно, в тексте диссертации встречается большое количество орфографических, синтаксических и стилистических ошибок и опечаток. Так, на с. 4 автореферата в предложении, определяющем достоверность результатов, вместо предлога «чем» должен стоять «тем»; в качестве входного на рис. 3, 4, 7, 8 и 9, а также в соответствующих разделах диссертации использовались не единичные $Q_0 = 1(t)$, а ступенчатые воздействия. В тексте диссертации первое слово на с. 8 должно иметь другое окончание – «моделирования», а во втором предложении на этой стр. нужно поменять род местоимения «его» на «её»; на с. 12 во втором абзаце, перед «60-е годы» отсутствует предлог «в», а глагол «относятся» должен быть употреблен в прошедшем времени; из первого предложения под рис. 1.1 нужно убрать словосочетание «в виде», а во втором предложении на этой же стр. потеряно слово «механизм»; во втором абзаце на с. 16 необходимо убрать «м/с»; в предложении перед рис. 1.3 должно стоять слово «свойства»; в первом предложении второго абзаца на с. 21 пропущено выражение «для решения задачи»; во втором абзаце на с. 22 вместо «регламентации» должно стоять слово «регулирования», а в последней строке на этой стр. пропущено слово «применение»; в последнем предложении на с. 8 нужно изменить предлог «на» – предлогом «в»; предлог «на» в первой строке на с. 26 – лишний; непонятно на какой «рис. 2.2» ссылается автор в первом предложении на с. 37, а КВУ в последней строке этой стр. означает компьютер верхнего уровня; не расшифровано обозначение m в выражении (2.4) на с. 40; неверно склонение разработчика интегральных уравнений «Вольтерры» в последнем абзаце на с. 41 и на с. 67; в пятом абзаце на с. 42

должен быть изменен падеж в слове «методы» на «методами»; в предпоследнем абзаце на с. 51 следует слово «как» заменить на «собой»; в предложении над рис. 2.4 на с. 52 вместо «требует» необходимо использовать «требуется»; в предложении после выражения (2.48) на с. 54 следует использовать слово «условию»; предлог «при» в предпоследнем предложении на с. 56 – лишний»; в предложении перед формулой (3.1) на с. 58 должны стоять слова «систему» и «обеспечивают»; в последнем абзаце на с. 60 нужно изменить окончание слова «уравнений»; неверны ссылки на рис. типа «рис. 3.2 а») или «рис. 3.2 б») на с. 62 (и т.д.), а должно быть, например, «рис. 3, а»); на этой же стр. нужно изменить в первом предложении слово «увеличиваются» и вставить глагол «приводило» в первое предложение под рис. 3.3; на с. 69 лишняя точка перед формулой (3.21); во втором предложении на с. 70 нужно написать «уравнений», а в предпоследнем абзаце – изменить порядок слов; в обозначениях рис. 3.10, 3.16, 3.17 и 3.18 слово «график» нужно написать во множественном числе; во втором абзаце на с. 73 надо написать «другой способ»; в последнем абзаце на с. 77 требуется изменить падеж в словах «предлагаемого алгоритма»; в предложении перед формулой (3.39) на с. 79 необходимо написать «которых»; в первом предложении на с. 82 слова «повышают» и «сокращают» нужно написать во множественном числе; в первом предложении на с. 84 слова «оказываются» и «удобными» нужно написать в единственном числе; во втором абзаце на с. 88 надо употребить слово «экспериментальных»; в п. 4 на с. 92 нужно изменить слово «Исследована»; в предпоследней строке на с. 94 следует написать «заданных значений»; в предпоследнем предложении на с. 97 нужно употребить слово «экспериментальные»; предложение в предпоследнем абзаце на с. 105 не закончено; в п. 3 на с. 111 слова «Разработан алгоритм» необходимо написать во множественном числе.

Указанные замечания, которые объясняются слабым владением автором русским языком, не имеют принципиального значения и не искажают полученные научные и практические результаты и, возможно, будут учтены в дальнейших его исследованиях.

7. Качество оформления диссертации

Рецензируемая диссертационная работа оформлена качественно, в соответствии с требованиями ВАК и содержит все необходимые иллюстрации. Приведенные выводы по главам и заключение по работе в целом объективны, достоверны и вытекают из численных и экспериментальных исследований, изложенных в соответствующих разделах. Материалы, раскрывающие основное содержание диссертации, опубликованы, а результаты работы неоднократно представлялись на международных и всероссийских конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы и, в целом, дает возможность оценить актуальность, общую методику исследований, научную новизну и практическую значимость работы.

8. Заключительная оценка диссертационной работы

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертация посвящена актуальной проблеме, вносит заметный вклад в развитие и применение методов системного анализа, обработки информации и теории решения обратных задач, имеет большое практическое значение, перспективы развития и отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации, а её автор, Ле Ба Хань, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Прикладная
математика» Бурятского
государственного университета,
д.т.н., проф.

А.Д. Мижидон

Фамилия, имя, отчество лица, предоставившего отзыв:

Мижидон Арсалан Дугарович

Ученая степень и научная специальность: доктор технических наук,
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

Ученое звание: профессор

Место работы и должность: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Бурятский государственный университет», кафедра «Прикладной математики», профессор

Почтовый адрес: 670000, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24, а

Контактный телефон: (3012) 297-170

E-mail рецензента: miarsdu@mail.ru