

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Шимановского Владимира Александровича на тему «Разработка, обоснование
и тестирование эффективных численных алгоритмов компьютерного
моделирования систем связанных твёрдых тел», представленную на соискание
учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ

Диссертационная работа Шимановского Владимира Александровича посвящена разработке и внедрению в инженерную практику новых вычислительно эффективных численных алгоритмов моделирования динамики систем твердых тел. Актуальность избранной темы не вызывает сомнений и обусловлена интенсивным развитием отечественного машиностроения, в частности – потребностями в создании российского программного обеспечения по моделированию твердотельной динамики сложных технических систем.

В диссертации Шимановского В.А. представлены следующие результаты, обладающие научной новизной:

- выведена новая форма уравнений движения (УД) системы твердых тел (СТТ) в гамильтоновых переменных, отличающаяся расширенным составом переменных состояния, рекуррентной структурой и ориентированная на численное моделирование;
- разработан новый итерационный алгоритм разрешения УД СТТ с положительно определенной матрицей системы относительно старших производных;
- разработан новый алгоритм приведения расширенных форм УД СТТ к системам обыкновенных дифференциальных уравнений в нормальной форме;
- проведены анализ и сравнение вычислительной трудоемкости различных подходов к моделированию СТТ;
- предложена методика выбора оптимального метода формирования уравнений движения и приведения их к нормальной форме обыкновенных дифференциальных уравнений в зависимости от структуры СТТ, числа тел и типов шарниров.

Практическая значимость работы заключается в создании инструментальных средств, позволяющих формировать уравнения движения СТТ и генерировать программы их численного моделирования.

Теоретическая значимость работы обусловлена высокой вычислительной эффективностью разработанного комплекса методов и алгоритмов, а также тем, что в работе сформулированы и обоснованы рекомендации по выбору оптимального подхода к формированию математических моделей сложных механических систем.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные достижения.

В первой главе рассмотрены методы формирования уравнений движения механических систем, расчетная схема которых может быть представлена в виде связки абсолютно твердых тел.

Во второй главе рассмотрены вопросы разрешения относительно старших производных уравнений движения системы твердых тел в форме Лагранжа второго и первого рода, а также редуцированных уравнений в импульсах Пуассона.

В третьей главе развиваются методы разрешения уравнений движения системы твердых тел с учетом того обстоятельства, что данные системы являются системами линейных алгебраических уравнений относительно своих групп переменных с блочно-квазитрехдиагональными симметричными матрицами систем, которые не являются положительно определенными.

В четвертой главе для каждого метода компьютерного моделирования динамики СТТ, рассмотренного в первых трех главах диссертации, построена теоретическая оценка зависимости числа операций с плавающей точкой, требуемых на каждом шаге численного интегрирования УД, от количества тел в механической системе, её кинематической структуры и числа степеней свободы в шарнирах.

Степень обоснованности и достоверности результатов диссертации обеспечивается использованием фундаментальных положений теоретической механики, линейной алгебры и теории численных методов.

По работе имеются следующие замечания:

1. В работе представлен недостаточно полный обзор существующих зарубежных программных систем численного анализа СТТ. В частности, не рассмотрены такие комплексы как Ansys (модуль Multibody Simulation), LS-DYNA, MATLAB SimScape.

2. Вычислительная эффективность разработанных алгоритмов могла бы быть представлена более убедительно при демонстрации результатов их работы на серии верификационных тестов, в сравнении с результатами, полученными с использованием программных систем-аналогов, указанных в п.1.

3. Ещё одним способом уменьшения времени компьютерного моделирования является распараллеливание последовательных алгоритмов или разработка новых параллельных алгоритмов. Соискатель в своей работе ограничился рассмотрением только последовательных алгоритмов. В работе не указано, допускают ли рассмотренные алгоритмы распараллеливание.

4. В работе рассматриваются СТТ со структурой дерева, с голономными, идеальными, удерживающими связями. Для СТТ с замкнутыми кинематическими цепями или со связями других типов автор предлагает использовать инженерный подход замены подобных дополнительных связей силовым взаимодействием. Однако в работе не рассмотрены вопросы, связанные с обеспечением эквивалентности такой замены.

Диссертацию можно квалифицировать как хорошо структурированную и качественно оформленную. Автореферат отражает содержание диссертации. Результаты диссертационной работы опубликованы в достаточном числе статей. Тема соответствует паспорту специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация является завершённым научно-квалификационным исследованием, в котором решена важная научно-техническая задача разработки комплекса методов и алгоритмов, повышающих эффективность компьютерного моделирования динамики систем твёрдых тел.

Считаю, что диссертационная работа Шимановского Владимира Александровича «Разработка, обоснование и тестирование эффективных численных алгоритмов компьютерного моделирования систем связанных твёрдых тел» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент,

кандидат физико-математических наук (01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела), доцент Высшей школы механики и процессов управления, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29 литера Б, корп. 1, тел. +7 911 146-74-42, e-mail: lukin_av@spbstu.ru

2
/А.В.Лукин/
07.06.24

Я Лукин Алексей Вячеславович, даю согласие на включение своих персональных данных, в документы, связанные с защитой диссертации Шимановского Владимира Александровича, и их дальнейшую обработку.

А.В.Лукин/
Специалист
07.06.2024