



Karlsruher Institut für Technologie

KIT-Campus Süd | Postfach 6980 | 76049 Karlsruhe

Уч. секретарю Корнилиной М.А.,  
Диссертационный совет Д002.024.03  
при ИПМ им. Келдыша РАН  
Миусская пл., д. 4., 125047, Москва,  
Россия

**Institut für Technische Mechanik  
- Dynamik und Mechatronik -**

Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Fidlin

Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe

Telefon: 0721 608-42396

Fax: 0721 608-46070

E-Mail: alexander.fidlin@kit.edu

Web: www.itm.kit.edu

Bearbeiter/in:

Unser Zeichen:

Datum: 11.02.2019

## Отзыв

На автореферат диссертации Орлова С. Г.

### **Математические модели, алгоритмы и программный комплекс для расчёта динамики систем твердых деформируемых тел с многочисленными контактными взаимодействиями**

представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

#### Тема работы

Диссертация С.Г. Орлова посвящена созданию программного комплекса, позволяющего проводить моделирование и практические расчеты динамики бесступенчатого цепного вариатора (CVT) разработанного немецкой фирмой LuK GmbH & Co. KG в период 1990 – 2006 гг. в качестве ключевого элемента бесступенчатых коробок передач для трансмиссий легковых автомобилей. Такой вариатор был впервые предложен фирмой PIV (Германия) в середине 50-х годов XX века, однако, в то время он использовался главным образом в системах привода барабанов при производстве бумаги. Использование таких вариаторов в автомобильных трансмиссиях сталкивалось с большим количеством технических трудностей, преодоление которых не представлялось возможным без существенного скачка как в повышении механической прочности системы, так и в разработке эффективной системы автоматического управления и регулирования. Плотность энергии и требования к экономичности, надёжности и быстродействию в автомобильных трансмиссиях несравнимо выше, нежели в промышленных установках. Решение такой комплексной технической задачи, как создание бесступенчатого вариатора для автомобильных трансмиссий,

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Universitätsbereich  
Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe

Präsident: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka  
Vizepräsidenten: Dr. Elke Luise Barnstedt, Dr. Ulrich Breuer  
Prof. Dr.-Ing. Delfef Löhe, Prof. Dr. Alexander Wanner

Bundesbank Karlsruhe  
BLZ 660 000 00 | Kto. 86 001 508  
BIC/SWIFT: MARK DE F1860  
IBAN: DE57 6600 0000 0066 0015 08

невозможно без использования виртуальных моделей, позволяющих глубже разобраться в природе тех или иных эффектов, а также оценить эффективность различных технических решений, не прибегая к изготовлению и опробыванию реальных прототипов. Созданию такой виртуальной модели посвящена диссертация С.Г. Орлова.

### **Структура работы и основные результаты**

Представленная диссертация основана на компьютерной системе моделирования вариатора разрабатывавшейся диссертантом в течение 20 лет (начиная с 1997 г.). Ядром работы является модель вариатора, представленная в первой главе. Она включает себя модели упругих деформируемых валов, на которых расположены жесткие шайбы с коническими или торообразными поверхностями. Цепь, передающая крутящий момент с одного вала на другой, состоит из пластинчатых звеньев и соединительных шарниров (пинов), каждый из которых состоит из двух половинок (упруго деформируемых стержней), которые могут обкатываться друг по другу. Модели контакта между пинами и пластинками цепи, а также между торцевыми поверхностями пинов и рабочими поверхностями шайб, являются ключевыми элементами разработанной модели. Единственным существенным ограничением модели является отсутствие учёта нелокальных деформационных эффектов локальных контактных взаимодействий пинов с шайбами. Такой подход обусловлен стремлением к повышению быстродействия разработанного программного комплекса и определяет границы применимости модели для исследования акустических эффектов в частотном диапазоне до 5 кГц.

Построенная С.Г. Орловым модель является с математической точки зрения гибридной, т.е. включающей в себя как непрерывные, так и дискретные физические переменные. Поэтому существенной частью работы явился выбор подходящего метода численного интегрирования полученных уравнений. К сожалению, для рецензента осталось неясным, почему представляющийся весьма перспективным метод DUMKAZ не был включён в состав программного комплекса, а именно в состав фреймворка `ode_num_int`.

В главе 3 описан программный комплекс для расчета динамики гибридных систем, включающий в себя наряду с расчетным ядром графический пользовательский интерфейс и систему автоматического создания технической документации.

Проведенные численные расчеты динамики вариатора подтверждают работоспособность и эффективность созданного программного комплекса.

### **Общая оценка работы**

Указанные выше замечания ни в коей мере не ограничивают общую положительную оценку представленной С.Г. Орловым диссертации. Она охватывает обширные разделы классической механики, математические методы решения гибридных задач и демонстрирует успешную реализацию построенных моделей и численных методов в виде программного комплекса, активно используемого для решения прикладных задач как в России, так и за её пределами. Представленная работа далеко выходит за рамки рядовой докторской диссертации и безусловно соответствует всем требованиям, предъявляемым в п.9 постановления правительства Российской Федерации о присуждении учёных степеней от 24 сентября 2013 г. №842 с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении

ученых степеней», а её автор Орлов Степан Геннадьевич заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук.

Я, Fidlin Alexander Jakob, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Орлова Степана Геннадьевича, и их дальнейшую обработку.



Fidlin Alexander Jakob

Professor, Dr.-Ing. habil.

Universitätsprofessor,

Mitglied der kollegialen Leitung des Instituts für Technische Mechanik

Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)

Kaiserstraße 12, D-76131 Karlsruhe, Deutschland

Tel.: +49 721 608 42396

E-Mail: [alexander.fidlin@kit.edu](mailto:alexander.fidlin@kit.edu)



Karlsruher Institut für Technologie  
Institut für Technische Mechanik  
Dynamik/Mechatronik, Geb. 10.23  
Kaiserstr. 10, 76131 Karlsruhe