

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
о диссертации **Царева Ивана Сергеевича**
«ВОЛНОВАЯ ДИНАМИКА БАЛОК, ЛЕЖАЩИХ НА ДЕФОРМИРУЕМЫХ
ОСНОВАНИЯХ И НЕСУЩИХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ
ДВИЖУЩИЕСЯ НАГРУЗКИ»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа ориентирована на развитие волновой динамики механических систем в части изучения особенностей распространения изгибных волн в балках, взаимодействующих с деформируемыми основаниями, применительно к проблемам скоростного транспорта. Актуальность темы исследования определяется тем, что именно такие модели позволяют описывать широкий спектр инженерных приложений: от расчёта рельсовых направляющих железнодорожного полотна до анализа поведения элементов космической инфраструктуры. Проблематика высокоскоростного движения и связанных с ним волновых и резонансных эффектов особенно актуальна в связи с ростом скорости подвижных составов, приближающейся к фазовым и групповым скоростям упругих волн в конструктивных элементах. Это может вызывать явления резонанса, локализованных колебаний и структурного разрушения.

Научное значение имеют следующие результаты, полученные автором диссертации:

- Рассмотрен класс задач о динамике бесконечной балки Бернулли–Эйлера, опирающейся на деформируемое основание нескольких типов: а) вязкоупругое; б) обобщённое упругое с двумя независимыми коэффициентами постели — на сжатие и на сдвиг; в) обобщённое нелинейно-упругое, жёсткостные параметры которого зависят от текущего поперечного смещения срединной линии балки и его градиента.
- Изучены колебания балки Бернулли–Эйлера, несущей движущуюся нагрузку на обобщённом упругом основании, и балки Рэлея, опирающейся на то же основание. Бесконечная протяжённость балки предполагает, что на её концах установлены оптимальные демпфирующие устройства, полностью поглощающие падающие возмущения; это даёт возможность исключить граничные условия из рассмотрения и интерпретировать все вибрации как бегущие изгибные волны.
- Установлено, что изгибные волны в балке на вязкоупругом основании обладают дисперсией фазовой скорости и частотно-зависимым затуханием. При нулевой вязкости дисперсионная кривая содержит зону непропускания: бегущие волны существуют лишь на частотах выше критической. Введение сколь угодно малой вязкости полностью устраняет эту зону — волновое движение становится возможным при любой частоте, однако все волны без исключения приобретают затухание.
- Показано, что увеличение сдвиговой жёсткости обобщённого (двухпараметрического) основания приводит к росту частоты, а также фазовой и групповой скоростей для волн с одним и тем же волновым числом, то есть волн равной длины. Записано уравнение переноса энергии в дивергентной форме; из него непосредственно вытекает равенство средней скорости переноса энергии и групповой скорости изгибных волн. Совпадение этих двух скоростей

подтверждает внутреннюю физическую согласованность модели изгибных колебаний балки на обобщённом упругом основании.

- Исследован процесс возбуждения изгибных волн движущейся нагрузкой и определены критические скорости её перемещения. Получено выражение для силы волнового давления (волнового сопротивления движению) и установлена зависимость её постоянной составляющей от скорости. Выполнено сравнение с результатами, которые даёт классическая модель винклеровского основания.
- Проанализированы дисперсионные характеристики балки Рэлея — с учётом инерции вращения поперечного сечения — на обобщённом упругом основании. Показано, что вращательная инерция понижает фазовую и групповую скорости; эффект наиболее заметен в длинноволновой области, где модель Бернулли–Эйлера предсказывает завышенные значения. Модель Рэлея демонстрирует физически корректное асимптотическое поведение как в пределе нулевого волнового числа, так и при его неограниченном возрастании.
- Изучена эволюция квазигармонических изгибных волн в балке на обобщённом нелинейно-упругом основании. Выявлено, что при нелинейности жёсткого типа развивается самомодуляция, которая вызывает прогрессирующую пространственную локализацию волнового поля и его дробление на отдельные волновые пакеты. Ширина пакетов возрастает с повышением линейной жёсткости основания; амплитуда же, напротив, убывает с ростом нелинейной жёсткости.

Выполненные исследования волновых процессов в упругих направляющих, взаимодействующих с движущимися объектами, позволяют на этапе конструирования наземных транспортных средств проводить оценку энергозатрат на преодоление сил волнового сопротивления движению и вносить допустимые изменения в конструкции с целью их уменьшения.

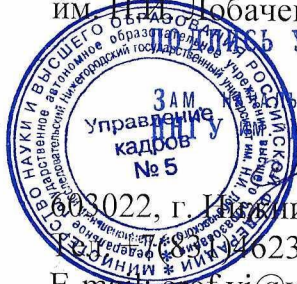
Личным вкладом Царева И.С. является:

- обобщение метода расчёта критических скоростей движущейся нагрузки, основанного на анализе дисперсионного уравнения и кинематического инварианта, на случай двухпараметрического упругого основания со сдвиговой жёсткостью;
- установление зависимости постоянной составляющей волнового сопротивления от скорости движения и параметров обобщённого основания;
- построение и исследование дисперсионных кривых для балки Рэлея (математическая модель учитывает инерцию вращения поперечного сечения при изгибе), лежащей на обобщённом упругом основании Пастернака;
- изучение эволюции квазигармонических изгибных волн в балке, лежащей на обобщённом нелинейно-упругом основании.

В 2021 году Царев И.С. закончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по специальности «Механика и математическое моделирование», а в 2025 году аспирантуру Института проблем машиностроения РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова–Грехова Российской академии наук» по специальности 1.1.7 – «Теоретическая механика, динамика машин».

Диссертационная работа Царева Ивана Сергеевича выполнена на высоком научном уровне, содержит новые теоретические результаты. Считаю, что диссертационная работа «Волновая динамика балок, лежащих на деформируемых основаниях и несущих высокоскоростные движущиеся нагрузки» соответствует паспорту специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела и Федеральным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Царев Иван Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры Теоретической, компьютерной и экспериментальной механики Института информационных технологий, математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»



НИКА УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ
И. И. ЛОБАЧЕВСКОГО

Ерофеев Владимир Иванович

18.06.2026

Т.А. СУББОТИНА

2022, г. Ивановский Новгород, проспект Гагарина, 23, корпус 6, ННГУ

7 (83) 4623195;

E-mail: crof.vi@yandex.ru