

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Царева Ивана Сергеевича

«Волновая динамика балок, лежащих на деформируемых основаниях и несущих высокоскоростные движущиеся нагрузки», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела

Диссертационная работа И.С. Царева посвящена актуальной и практически значимой проблеме – исследованию волновых процессов в протяженных упругих системах (балках), взаимодействующих с высокоскоростными движущимися нагрузками. В условиях стремительного развития высокоскоростного наземного транспорта, включая железнодорожные магистрали и ракетные треки, обеспечение динамической устойчивости и точный расчет напряженно-деформированного состояния направляющих конструкций приобретает первостепенное значение. Автор справедливо отмечает, что при приближении скоростей движения к скоростям распространения упругих волн классические квазистатические подходы становятся неприемлемыми, а волновые эффекты начинают играть определяющую роль, приводя к резонансам и значительному росту динамических нагрузок. В этой связи тема исследования является безусловно актуальной и своевременной.

Наиболее существенные результаты, определяющие научную новизну работы, состоят в следующем.

1. Развитие математической модели. Автором сформулирована замкнутая математическая модель динамического взаимодействия бесконечной балки Бернулли–Эйлера, лежащей на двухпараметрическом упругом основании Пастернака, с движущимся объектом, обладающим массой и моментом инерции. Применение вариационного принципа Гамильтона–Остроградского позволило получить полную связанную систему уравнений, автоматически учитывающую взаимный энергообмен между балкой и нагрузкой без привлечения дополнительных гипотез о контактных силах. Этот подход является значительным шагом вперед по сравнению с классическими моделями.

2. Анализ критических скоростей. Важным достижением является обобщение метода расчета критических скоростей движущейся нагрузки на случай основания со сдвиговой жесткостью. Показано, что учет второго коэффициента постели (модель Пастернака) приводит к более высоким значениям критических скоростей по сравнению с моделью Винклера, что существенно лучше согласуется с экспериментальными данными для рельсовых направляющих ракетных треков. Этот результат имеет прямое прикладное значение для обоснования предельно допустимых скоростных режимов.

3. Нелинейные эффекты. Выявлен и количественно описан эффект самомодуляции квазигармонических изгибных волн в балке на нелинейно-упругом основании жесткого типа. Показано, что модуляционная неустойчивость приводит к пространственной локализации волнового поля и формированию изолированных волновых пакетов. Установлены зависимости ширины и амплитуды пакетов от параметров линейной и нелинейной жесткости основания. Этот результат открывает новые перспективы для создания пассивных методов управления волновыми полями в конструкциях.

Работа имеет высокую теоретическую и практическую ценность. Разработанные аналитические зависимости для критических скоростей и волнового сопротивления могут быть непосредственно использованы в практике проектирования высокоскоростных наземных магистралей и рельсовых направляющих ракетных треков. Полученное уравнение переноса энергии в дивергентной форме и доказанное равенство средней скорости переноса энергии групповой скорости служат надежным инструментом верификации численных моделей. Предложенные критерии выбора расчетной схемы основания (Винклера, Пастернака или нелинейно-упругой) позволяют обоснованно

подходить к моделированию в зависимости от диапазона рассматриваемых длин волн и скоростей. Результаты могут найти применение на предприятиях РЖД, Росатома и в оборонной промышленности.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Она обеспечивается строгим математическим аппаратом, использованием фундаментальных вариационных принципов механики и сравнением с известными классическими решениями и экспериментальными данными.

Основные результаты диссертации прошли апробацию на престижных международных и всероссийских конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК и базы Web of Science и Scopus. Структура автореферата логична и отражает содержание работы. Изложение материала четкое и последовательное.

Замечания:

1. Из автореферата не совсем ясно, насколько чувствительны полученные результаты к учету диссипации в самом материале балки, помимо вязкости основания. Хотя в тексте отмечается, что учет затухания в основании устраняет резонансные особенности, хотелось бы видеть краткое обсуждение влияния структурного демпфирования балки на критические скорости и волновое сопротивление.
2. При обсуждении нелинейной самомодуляции утверждается, что ширина пакетов растет с линейной жесткостью основания, а амплитуда подавляется нелинейной составляющей. Было бы полезно пояснить, какой из коэффициентов ($\tilde{h}_1$ или $\tilde{h}_2$) оказывает доминирующее влияние на эти параметры и при каких условиях.
3. При сравнении моделей Бернулли–Эйлера и Рэлея желательно было бы указать количественные критерии, например, начиная с каких значений волнового числа отличие становится значимым и требует использования уточненной модели.

Следует отметить, что указанные замечания не являются принципиальными и не снижают общей высокой оценки работы.

Таким образом, диссертационная работа И.С. Царева представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком теоретическом уровне. Она содержит новые важные результаты в области волновой динамики деформируемых систем, имеющие существенное значение для развития механики твердого тела и для инженерной практики. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Считаю, что работа соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Царев Иван Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

Даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

Заведующий кафедрой Общетеоретические дисциплины филиала ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» в г.Сызрани, д.ф.-м.н., доцент

Литвинов Владислав Львович
«03» сентября 2026 г.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», филиал в г.Сызрани
Адрес: 446001, г. Сызрань, ул. Советская, 45.

Телефон: 8(8464)37-30-77. Адрес электронной почты: vladlitvinov@rambler.ru



Подпись *Литвинов* заверяю
03.09.2026
Отдел кадров филиала ФГБОУ ВО
«СамГТУ» в г. Сызрани