

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу
Шепитько Елены Сергеевны
«Модель нелокального демпфирования материала при расчете
стержневых элементов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.17 «Строительная механика»

Актуальность темы диссертационного исследования.

Диссертация Шепитько Елены Сергеевны посвящена развитию методов динамического расчета стержневых элементов, выполненных из композитных материалов, с учетом характерных свойств внутреннего демпфирования. В работе представлено теоретико-экспериментальное исследование влияния эффекта внутреннего демпфирования, гасящего колебания за счет внутреннего трения, на общий колебательный процесс соответствующих конструкций. В основу исследования была положена гипотеза, что на демпфирование в фиксированной точке конструкции влияет не только значение скорости изменения деформаций в данной точке, но и значения этих скоростей в некоторой ее окрестности – эффект нелокального демпфирования. На этой основе в диссертации поставлена задача разработки методики расчета стержневых элементов строительных конструкций на динамические воздействия с учетом нелокального демпфирования. Решение такой задачи имеет хорошие перспективы для практического применения, поскольку позволяет уточнять работу, как типовых конструкций, так и вносить свой вклад в исследования новых конструктивных разработок. Поэтому актуальность выбранной темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа Шепитько Е.С. состоит из введения, четырех глав, списка литературы и трех приложений. Общий объем – 119 страниц машинописного текста, включающий 42 рисунка, 22 таблицы и 8 страниц

приложений. Количество источников использованной литературы – 104 работы российских и зарубежных авторов.

Структура работы соответствует заявленной специальности – 05.23.17 и отражает специфику и логику проведенного исследования.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, дана оценка степени ее разработанности, сформулированы цель и задачи работы, указаны ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология исследований, представлены основные положения, выносимые на защиту, обоснована достоверность полученных результатов и приведены сведения об апробации, структуре и объеме работы.

В первой главе описаны теоретические предпосылки исследований, выполненных в рамках диссертационной работы. Здесь приведены общие сведения об истории изучения вопросов внутреннего трения в материалах, кратко описаны исследования, посвященные вопросам описания внутреннего трения в композитных материалах. В рамках рассмотрения гипотезы нелокального демпфирования материала при анализе колебаний стержней представлены различные подходы к построению соответствующих математических моделей. Здесь указана зависимость между значением напряжения в фиксированной точке конструкции и значениями скорости деформации в некоторой окрестности этой точки. Учет такой окрестности – зоны нелокальности демпфирования – обеспечивается посредством свертки по координате длины некоторой функции дельтообразной последовательности с производной по времени от функции деформации. Размеры зоны нелокальности определяются параметрами выбранной функции дельтообразной последовательности – ядра интегрального оператора. В обзоре представлены 4 вида функций ядер. Следует отметить, что в диссертационной работе рассмотрено построение и реализация математических моделей лишь для двух из них, представленных экспоненциальными быстро убывающими функциями. Кроме того, в первой главе описано численное моделирование случайной нагрузки, сформулирована результирующая постановка задачи, решаемой в диссертации.

Во второй главе строится модель колебаний стержня на основе гипотезы нелокального демпфирования. Результат построения модели представлен для стержня с постоянными физико-геометрическими характеристиками по длине, жестко защемленного в граничных точках и под действием нагрузки, постоянной по длине и изменяющейся во времени. При этом используется метод Бубнова-Галеркина, когда неизвестная функция прогиба представлена в виде разложения по формам собственных колебаний упругого стержня, зависящих от координаты длины стержня. В качестве коэффициентов разложения выступают функции, зависящие от временной координаты – неизвестные функции обобщенных перемещений. При решении полученной системы дифференциальных уравнений используется метод Рунге-Кутта. Реализация представленной методики расчета проводилась в системе МАТЛАБ. Помимо детерминированной нагрузки было рассмотрено действие стохастической стационарной нагрузки. По результатам проведенных расчетов было установлено, что расширение зоны нелокальности демпфирования приводит к увеличению амплитуды колебаний, а в случае стохастической стационарной нагрузки увеличивается дисперсия случайного стационарного процесса колебаний.

В третьей главе рассмотрена разработка математической модели колебательного процесса пологой арки в геометрически нелинейной постановке с учетом нелокального демпфирования материала. В целом, методика построения математической модели и последующего численного решения аналогична методике, изложенной во второй главе. Здесь также рассмотрены колебания пологой арки под действием детерминированной нагрузки и стохастической нагрузки. К выводам второй главы можно добавить, что при некоторой определенной интенсивности нагрузки учет нелокального демпфирования приводит к качественному изменению характера динамического поведения пологой арки.

В четвертой главе приводится сравнение результатов расчета соответствующих конструкций, полученных с использованием конечноэлемент-

ного программного комплекса SIMULIA Abaqus (трехмерная конечноэлементная модель стержня), с результатами расчета по предложенной в диссертации методике (т.е. проводятся соответствующие численные эксперименты). В самом начале главы кратко изложены особенности моделирования динамического поведения композитных материалов. Приводится построение алгоритма подбора оптимальных значений параметра ядра интегрального оператора (параметра нелокальности) по результатам численного и физического экспериментов на основе использования метода наименьших квадратов (т.е. проводится соответствующая калибровка).

Значимость полученных результатов для науки и практики, их обоснованность и достоверность

На основании выполненного обзора и анализа научных литературных источников Шепитько Е.С. четко формулирует цель и задачи работы. Обоснована потребность в разработке методики расчета стержневых элементов конструкций с учетом нелокального демпфирования. Целью диссертационной работы является разработка математической модели динамического поведения стержневых элементов конструкций с учетом характерных свойств внутреннего трения на основе гипотезы нелокального демпфирования.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке методики расчета стержневых элементов строительных конструкций на динамические воздействия с учетом нелокального демпфирования материала.

Практическую значимость работы составляют: разработка методики подбора оптимальных значений параметров нелокальной модели демпфирования по результатам компьютерного или физического эксперимента; результаты численных расчетов, при которых выявлено, что расширение зоны нелокальности приводит к увеличению амплитуды колебаний при детерминированной нагрузке и увеличению дисперсии случайного стационарного процесса колебаний при стохастической стационарной нагрузки. Практический интерес представляет также выявленное качественное изменение характера динамического поведения пологой арки при численном расчете с учетом

нелокального демпфирования и задании интенсивности нагрузки в некотором определенном диапазоне.

Научная новизна работы состоит

- в разработке методики динамического линейного расчета стержневых элементов на основе гипотезы нелокального демпфирования, включая построение математической модели, а также построение алгоритма численного решения и реализующей его программы;
- в разработке методики динамического нелинейного расчета стержневых элементов на основе гипотезы нелокального демпфирования, включая построение математической модели, а также построение алгоритма численного решения и реализующей его программы;
- в разработке и апробировании методики подбора параметра ядра интегрального оператора (параметра нелокальности) по результатам численного и физического экспериментов на основе использования метода наименьших квадратов.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректным использованием основных положений строительной механики, сопротивления материалов, теории упругости, теории вероятностей и математической статистики, а также сравнением с результатами численного расчета, полученными при использовании верифицированного в системе Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН) конечноэлементного программного комплекса SIMULIA Abaqus.

Выводы по диссертации, изложенные в заключении, достаточно обоснованы, соответствуют проведенным исследованиям и полученным результатам.

Степень завершенности и качество оформления диссертации

Диссертация представляет собой логичную, завершенную и доведенную до практического применения научно-исследовательскую работу, направленную на решение актуальной задачи строительной отрасли – разви-

тие эффективных методов динамического расчета стержневых элементов с учетом внутреннего трения.

Подтверждение публикации основных результатов диссертации в научных изданиях

По материалам диссертации опубликовано 7 работ, в том числе: 1 работа в издании, включенном в международную базу данных Web of Science, 2 работы в изданиях из Перечня Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Минобрнауки России рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание учебной степени доктора наук. Опубликованные научные труды полностью соответствуют теме и содержанию диссертационной работы.

Соответствие автореферата основным положениям и выводам диссертации

В автореферате на диссертационную работу достаточно полно раскрыто ее содержание и сохранено структурное построение.

Замечания по диссертационной работе:

1. В 4 главе проведено сравнение масштабов влияния параметра нелокальности μ и относительных ошибок лишь для двух ядер интегрального оператора, представленных экспоненциальными быстро убывающими функциями (формулы (1.4) и (1.5)). Поскольку эти функции практически однотипны, такое сравнение не является показательным. Более интересным было бы сравнение для функций (1.4) и (1.6) или (1.4) и (1.7).

2. В приложении 1 представлены базисные функции при различных вариантах граничных условий. В работе рассмотрены примеры только для граничных условий в виде жесткой заделки. Также и окончательный вид систем дифференциальных уравнений (2.17) и (3.21) получен для жесткой заделки.

3. Системы (2.17) и (3.21) являются системами дифференциальных уравнений, а не интегро-дифференциальными, как это представлено в выводах.

дах по главе 2 (стр. 51) и главе 3 (стр. 76), поскольку определенные интегралы берутся от известных базисных функций и получаются числовые коэффициенты. Для более четкой математической формулировки решаемых задач к этим системам следует добавить начальные условия.

4. Поскольку численное решение нелинейных задач приводит к итерационным процессам и возникает вопрос сходимости, было бы не лишним представить в работе алгоритм численного решения задачи, представленной системой (3.21).

5. В приложении 2 представлены фрагменты программ в системе МАТЛАБ, из которых следует, что реализация метода Рунге-Кутта выполнена автором. В системе МАТЛАБ имеется большой выбор эффективных решателей, как на базе метода Рунге-Кутта, так и на базе методов для жестких систем. Представляется, что использование стандартных решателей, позволяющих легко изменять параметры допустимой погрешности получаемого решения, способно повысить эффективность реализующей программы.

6. В формуле (3.23) для представления функции прогиба предлагается использовать первое фундаментальное уравнение в роли базисной функции. Такое предложение выглядит некорректным, поскольку уравнение не является функцией.

7. В тексте диссертации неоднократно (см., например, стр. 5, 7, 20, 80) отмечается, что важной особенностью композитных материалов является их анизотропность. Вместе с тем, во всех рассмотренных в диссертации численных примерах отсутствуют анизотропные материалы.

Имеющиеся замечания не снижают общего высокого уровня диссертационного исследования.

Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК РФ

Диссертационная работа Шепитько Елены Сергеевны является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертация на тему «Модель нелокального

демпфирования материала при расчете стержневых элементов» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 в актуальной редакции) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Шепитко Елена Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 «Строительная механика».

Официальный оппонент:

доктор технических наук (специальность 05.23.17 – «Строительная механика»),
доцент, профессор кафедры прикладной математики
федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет»

Ljubanek

Мозгалева Марина Леонидовна

«16» сентября 2019 г.

Адрес: 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: marina.mozgaleva@gmail.com

Тел.: 8-499-183-59-94



**ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертацию**

Шепитько Елены Сергеевны

(фамилия, имя, отчество – при наличии (полностью))

на тему «Модель нелокального демпфирования материала при расчете
стержневых элементов»
(название диссертации)

по специальности 05.23.17 – Строительная механика
(шифр и наименование специальности)

на соискание ученой степени кандидата технических наук
(отрасль науки)

Актуальность темы диссертационной работы

Представленная к защите диссертационная работа направлена на формулировку и апробацию одномерных моделей стержневых элементов конструкций и сооружений, описывающих демпфирующие свойства материала с достаточной для адекватного соответствия экспериментальным данным точностью. Актуальность тематики диссертационного исследования обоснована, в первую очередь, современной тенденцией к созданию больших пространственных стержневых систем возможно меньшей массы, подверженных комбинированному внешнему воздействию, включающему нестационарные аэродинамические нагрузки, сейсмическое воздействие и т. д. Задача теоретического описания динамического деформирования систем такого класса, в том числе расчета окаторезонансных режимов колебаний и динамической устойчивости стержней большого удлинения, требует адекватного моделирования демпфирования в системе, главным образом – демпфирования, порождаемого механическими свойствами материала. Модели наследственной упругости и вязкоупругости, являющиеся нелокальными во временной области, исчерпывающего описания динамики стержневых элементов на основе одномерных моделей не обеспечивают. Переход к трехмерному конечно-элементному моделированию является, с одной стороны, крайне ресурсоемким и мало пригодным на стадии предварительного проектирования, с другой стороны, понимание существа динамических процессов в тонких телах требует качественного анализа на уровне перехода от трехмерных моделей к одномерным. Проблема приведения, т. е. редукции пространственной размерности, для тел с усложненными свойствами не имеет на текущий момент исчерпывающего решения, особенно в случае нелинейного деформирования. В данной ситуации разработка нового класса

моделей стержней, основанная на концепции нелокального демпфирования, обеспечивающих адекватное определение вновь вводимых физических постоянных по результатам эксперимента, равно как и апробация моделей, и выработка подходов к их применению в инженерной практике, не только является актуальной, но и представляется необходимой.

Степень обоснованности научных положений выводов и рекомендаций

Степень обоснованности основных положений, выносимых на защиту, а также выводов и рекомендаций представляется достаточной для диссертационной работы, так как автором используются корректные постановки задач, выбор методов решения обоснован обстоятельным анализом достигнутых ранее результатов.

Результаты диссертационного исследования апробированы, в частности, на следующих международных конференциях:

- 6th International Conference on Collaboration in research and Education for Sustainable Transport Development, Транспортный университет Хошимина, Хошимин, Вьетнам;
- VII Международном симпозиуме «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений» 1-8.07.2018, Новосибирск, Россия.

Кроме того, по результатам диссертации представлены к публикации, допущены рецензентами и опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, две печатные работы, а также одна работа в периодическом издании, включенном в международную систему цитирования WoS.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Достоверность полученных результатов основывается на:

- Корректных постановках задач динамики стержней;
- Обдуманном и обоснованном применении численных методов;
- Аккуратным решением модельных задач, обстоятельным анализом точности решений, полученных на базе предложенной модели и численных решений задач в трехмерной постановке.

Диссертационная работа содержит следующие основные новые результаты:

- На основе концепции пространственно-нелокального демпфирования построена модель одномерного ортотропного конструктивного элемента

(стержня), получены интегро-дифференциальные уравнения движения стержня в линейной и нелинейной постановке задачи;

- Разработан метод определения постоянных модели с нелокальным демпфированием на базе решения обратной коэффициентной задачи по данным эксперимента;
- Получены оценки влияния константы модели (параметра нелокальности) на амплитуды колебаний стержня при нерезонансном внешнем воздействии;
- Разработана методика расчета стержневых элементов конструкций с пространственно-нелокальным демпфированием при стационарном стохастическом внешнем воздействии.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в создании новой модели одномерных тел на базе концепции пространственно-нелокального демпфирования, построении интегро-дифференциальных уравнений движения стержня при нелокальном демпфировании в линейной и нелинейной постановке.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в создании метода решения задач динамики изотропных и ортотропных стержневых элементов конструкций строительного назначения при учете демпфирования, в разработке метода определения постоянных модели пространственно-нелокального демпфирования на базе экспериментальных данных, а также метода расчет стержней при стационарном стохастическом внешнем воздействии, целесообразных к применению в инженерной практике.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы и три приложения. Общий объем диссертации составляет 110 страниц, в текст включены 42 иллюстрации и 20 таблиц. Список цитируемых источников содержит 104 позиции. Объем приложений составляет 9 страниц.

Диссертация представляется завершенной научно-квалификационной работой, содержащей основные структурные элементы, требуемые для обоснования новизны и значимости полученных результатов исследования.

Во введении приводится обоснование актуальности выбранной темы исследования, формулируются основные цели работы, задачи исследования, решение которых обеспечивает достижение сформулированной цели, оцениваются научная новизна результатов работы и их практическая ценность, перечислены основные печатные работы автора, излагающие содержание диссертационной работы, и приводятся требуемые сведения о содержании работы.

В первой главе приведен обзор различных математических моделей, описывающих диссипативные процессы, развивающиеся при деформировании материалов под действием напряжений произвольной амплитуды. Рассмотрены концепции внешнего демпфирования Рэлея, модель Фойхта-Кельвина, некоторые гистерезисные модели демпфирования, приведены основные результаты исследований частотной зависимости демпфирующих свойств и некоторые гипотезы, модифицирующие модель Фойхта. Приведено краткое описание модели наследственно-вязкоупругого тела Больцманна-Вольтерра, а также инженерная модель комплексного модуля упругости. Рассмотрено, в частности, сравнение двух гистерезисных моделей демпфирования – временного гистерезиса и пространственного гистерезиса (нелокальной модели деформируемого твердого тела), сделан предварительный вывод о перспективности приложения пространственно-нелокальной модели вязкоупругого тела к описанию систем с вырождающейся размерностью (стержней). Отмечено, что нелокальные модели пространственного гистерезиса эквивалентны учету некоторого ненулевого внешнего демпфирования совместно со внутренним. Перечислены некоторые ключевые работы по нелокальному моделированию деформируемых твердых тел (в частности, модели Эрингена и Рассела). Приведен общий вид скалярного определяющего соотношения для нелокальной вязкоупругой среды и некоторые основные ядра интегрального оператора типа свертки. Кратко описаны методы описания случайных нагрузок. На основе выводов, сделанных автором по результатам обзора, сформулирована цель работы – разработка метода расчёта стержневых элементов строительных конструкций с учётом нелокального демпфирования материала и осуществлена постановка задач, решение которых обеспечивает достижение цели диссертационной работы.

Во второй главе получено интегро-дифференциальное уравнение изгибного движения стержня Эйлера-Бернулли на базе нелокальной модели демпфирования с

экспоненциальным ядром. Уравнение движения в частных производных редуцировано к конечной системе обыкновенных дифференциальных уравнений во временной области проекционным методом Галеркина. В качестве базисных функций использованы собственные функции задачи о собственных колебаниях локально-упругого стержня. Вычислен спектр задачи для стержня при однородных кинематических краевых условиях, соответствующих абсолютно жесткой заделке торцевых сечений. Задача Коши поставлена для уравнений движения первого порядка во времени. На основе модельной задачи о нестационарном переходном процессе при воздействии на стержень мгновенно приложенной однородной поперечной погонной силы и установлении статического равновесного состояния проведена оценка влияния на амплитуду установившегося поперечного перемещения количества членов частичной суммы ряда по собственным функциям консервативной задачи. Проведена оценка влияния параметра нелокальности демпфирования на амплитуды установившихся колебаний при нерезонансном гармоническом внешнем воздействии, показано, что нелокальной модели отвечают большие амплитуды колебаний. Получено решение задачи о динамике стержня под действием стохастического гауссова внешнего воздействия. Показано, что колебания стержней, вынуждаемые стационарными стохастическими нагрузками, обладают большей дисперсией по мере роста области нелокального взаимодействия. Получены формулы для определения вероятности выхода амплитуды колебаний на заданные предельные значения.

В третьей главе разработанный подход автором распространен на нелинейно деформируемые системы. Рассмотрена динамика пологой арки под действием нормальной нагрузки. На основе гипотез Эйлера-Бернулли о малости деформации поперечного сдвига и предположения о пренебрежимо малом влиянии продольных колебаний и эффектов демпфирования, в том числе нелокального, на величину продольной силы в арке получено интегро-дифференциальное уравнение движения, записанное в безразмерных переменных. Решения задач построены методом Галеркина при использовании в качестве базисной системы собственных функций задачи для прямолинейного упругого стержня. Рассмотрено решение вспомогательной статической задачи, построены диаграммы деформирования арки в координатах «амплитуда перемещения, соответствующего первой форме колебаний прямолинейного стержня – безразмерный параметр поперечной нагрузки», и

вычислены нагрузки, соответствующие точке бифуркации равновесного состояния арки. Рассмотрены колебания арки при действии детерминированной нагрузки, построены фазовые портреты системы при постоянной и переменной гармонической нагрузки на нерезонансной частоте. Показано, что амплитуда перемещения растет при увеличении параметра нелокальности модели. Построено решение задачи о колебаниях арки при действии стохастической стационарной поперечной нагрузки.

В четвертой главе поставлена и решена задача описания динамики стержней из композиционных материалов при учете нелокального характера демпфирования, разработан метод определения постоянных модели нелокального демпфирования по экспериментальным данным. Физический эксперимент моделируется численным решением задачи о динамике призматического ортотропного стержня в трехмерной постановке задачи методом конечных элементов. Показано, что при решении поставленной автором модельной задачи запас прочности стержня достаточен для предположения об отсутствии систематического зарождения и роста повреждений, а интервал времени, на котором строится численное решение, выбран достаточно малым для исключения эффекта деформаций ползучести. Построено решение задачи для одномерной модели стержня Эйлера-Бернули, проведено сравнение результатов решений в одномерной и трехмерной постановках задачи при учете вязкости. Выполнена остановка и методом наименьших квадратов построено решение обратной коэффициентной задачи относительно неизвестного параметра нелокальности модели демпфирования. Показано, что при изменении габаритов призматического стержня решение прямой задачи, полученное в одномерной постановке с использованием вычисленного выше коэффициента нелокальности, имеет устойчивую величину погрешности относительно решения задачи в трехмерной постановке. Показано, что величина погрешности решения в одномерной нелокальной постановке относительно решения в трехмерной постановке сохраняется при замене экспоненциального ядра функцией ошибок.

В заключении приводятся выводы, следующие из полученных результатов.

В приложении 1 приведены характеристические уравнения при различных вариантах граничных условий и соответствующие им собственные функции.

В приложении 2 приведен листинг программных модулей, разработанных автором и примененных при решении задач диссертационного исследования.

В приложении 3 приведены справочные данные по критерию Пирсона.

Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Часть обзора (актуальность описания нелинейного динамического деформирования тонкостенных композиционных элементов с учетом диссипации энергии) перенесена во введение к IV главе, что приводит к недостаточно обоснованной по результатам главы I постановке задачи диссертационного исследования и не вполне соответствует требованиям к построению диссертационных работ.
2. Следует заметить, что, несмотря на весьма подробный обзор моделей вязкоупругого поведения материалов, автором опущены некоторые ключевые источники, в частности, монографии Ю. Н. Работнова по наследственной механике деформируемого твердого тела, И. А. Кунина по нелокальным моделям динамического деформирования упругих тел с микроструктурой и М. Рейнера по общей реологии, содержащие ряд результатов, важных для анализа состояния проблемы, постановки задач исследования и выбора методов их решения.
3. Все решения, за исключением результатов п. 4.5, построены на базе экспоненциального ядра, при этом его применение не обосновано, в обзорной главе не приводятся результаты сравнительного анализа использования экспоненциального, кусочно-постоянного и кусочно-линейного ядер, а также функции ошибок, доказывающие преимущества интегрального оператора с экспоненциальным ядром. Анализ сводится автором к формулировке «ни одно из существующих на сегодняшний день ядер оператора внутреннего трения не имеет обоснования с точки зрения физики и внутренней структуры материала», приведенной после решения основных задач в главе 4, однако аналитические свойства ядер и характеристики вычислительного процесса не рассмотрены.
4. Не приведены геометрические характеристики стержня, рассмотренного во второй главе, не указаны размеры поперечного сечения, что не позволяет судить как о справедливости линейной теории (по крайней мере, по критерию сравнения радиуса инерции сечения и максимальной амплитуды прогиба), так и о применимости модели Бернулли при существенных деформациях поперечного сдвига в окрестности краевых сечений при однородных кинематических краевых условиях, соответствующих заделке торцов (в первом приближении по отношению радиуса инерции сечения к длине бруса).

5. Автором получен ряд результатов, систематически свидетельствующих об увеличении теоретической амплитуды колебаний одномерных механических систем при введении нелокального демпфирования по сравнению с локальной моделью, однако работа не содержит сравнения представленных теоретических результатов с данными какого-либо физического эксперимента.
6. Автором не обоснована допустимость пренебрежения демпфированием при вычислении продольной силы в арке в процессе поперечных колебаний, соответствующая гипотеза сформулирована как «пренебрежение продольными колебаниями в арке», тогда как тангенциальная деформация при больших прогибах определяется главным образом величиной нормального перемещения и квадратом его пространственной производной, т. е. влияние нелокальных эффектов на величину продольной силы связано в первую очередь именно с трансверсальными колебаниями арки.
7. Решение задачи о колебаниях композиционного стержня строится на базе модели Эйлера-Бернули при относительной высоте сечения, равной 5%, и при однородных краевых условиях, соответствующих жесткой заделке торцевых сечений. В то же время в рассмотренной автором задаче напряженное состояние стержня является сложным, области неприводимости к одномерной модели могут составлять до 10% длины стержня при существенных деформациях трансверсального, а следовательно, и межслоевого сдвига, что приводит к росту погрешности стержневой модели относительно трехмерной, что подтверждается приведенными результатами на с. 89.
8. Работа содержит ряд неточностей, допущенных при использовании математического аппарата. Так, например, неточно сформулирована фраза «собственная функция $V(x)$ для стержня, защемленного по концам, является нечетной» (с. 39) (функция определена на интервале $[0, l], l > 0$, притом далее речь идет о решениях, симметричных относительно точки $x = l/2$).
9. Работа содержит некоторые опечатки, искажающие смысл, например, ссылка (2.9) на с. 35 вместо (2.8), в уравнении (2.10) одновременно используются размерные и безразмерные независимые переменные, и др.

Указанные замечания, однако, не являются препятствием для положительной оценки диссертационной работы.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы, раскрывает цель и задачи исследования, обосновывает новизну полученных автором результатов, содержит описание положений, выносимых на защиту.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. М.: Стандартинформ. – 2012

Диссертация полностью удовлетворяет критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 9, 10, 11 и 14, а именно:

- Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для строительной механики, а именно – модель одномерного (стержневого) элемента конструкции или сооружения, в том числе ортотропного композиционного, учитывающая демпфирование на базе концепции пространственно-нелокального демпфирования, метод определения констант модели на базе решения обратной коэффициентной задачи и экспериментальных данных, и методику проведения расчетов динамических режимов деформирования стержневых элементов конструкций и сооружений при стационарном стохастическом внешнем воздействии, что в соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней;
- В диссертации приведены новые, полученные автором лично научные результаты, в соответствии с требованием п. 10 Положения о присуждении ученых степеней;
- Основные результаты диссертационной работы опубликованы в двух статьях в открытых периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов диссертационных работ в соответствии с п. 11 Положения о присуждении ученых степеней, и одной статье в периодическом издании, индексируемом в международных системах цитирования (WoS);
- В диссертации присутствуют ссылки на авторов и источники заимствования материалов в соответствии с требованием п. 14 Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук:

Диссертация Шепитько Елены Сергеевны на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченным научно-квалификационным трудом, содержит новые результаты, имеющие практическую значимость, выполнена на высоком уровне и, следовательно, соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Шепитько Елена Сергеевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Официальный оппонент

Жаворонок Сергей Игоревич,

Кандидат физико-математических наук,

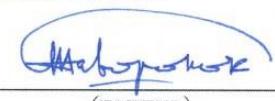
01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела,

125040, Москва, Ленинградский проспект 7,

(499) 946-17-77, Zhavoronok@iam.ras.ru

ФГБУН Институт прикладной механики РАН

Старший научный сотрудник



(подпись)

Жаворонок С. И.

(инициалы, фамилия)

Подпись Жаворонка С. И. заверяю

Директор ИПРИМ РАН

д. т. н.



Власов А. Н.

(инициалы, фамилия)