

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
Акционерного Общества
«Научно-исследовательский
центр «Строительство» доктор
экономических наук
В.Г. Крючков
« 19 » 2026 г.



ОТЗЫВ

Ведущей организации

Акционерного общества «Научно-исследовательский центр «Строительство» на диссертационную работу Царева Романа Олеговича «Нелокальная во времени модель динамического деформирования стержневых систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела.

Диссертация Царева Романа Олеговича посвящена исследованию вопросов, связанных с совершенствованием методов математического моделирования динамического поведения конструктивных элементов, выполненных из композитных материалов.

Актуальность темы диссертационного исследования.

Для анализа систем и конструкций из композитных материалов наиболее точные результаты дают детализированные трёхмерные численные модели, позволяющие с высокой точностью описывать их структуру и свойства. Однако значительные затраты вычислительных ресурсов, которые требуются для анализа таких моделей, ограничивают их применение при решении задач вариантного проектирования и поиска оптимальных инженерных решений.

Поэтому актуальной является задача разработки альтернативных моделей меньшей размерности, эквивалентных подробным трехмерным в отношении достоверности описания динамического поведения композитных элементов и конструкций.

ПОЛУЧЕНО

ИПРИМ РАН

ф.х. н 81
от 22.05.2026 1

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, из 144 наименований, трёх приложений. Работа изложена на 122 страницах машинописного текста, содержит 58 рисунков, 6 таблиц.

Во введении приводится обоснование выбора предмета исследования, сформулирована цель работы, перечислены задачи, решенные в ходе реализации поставленной цели.

В первой главе представлен обзор экспериментальных и теоретических исследований, посвящённых вопросам построения неклассических моделей деформируемых элементов и систем, в том числе неконсервативных, а также вопросам разработки эквивалентных трехмерным, двумерным и одномерным моделей, описывающих напряженно-деформированное состояние твердых тел. Также приведены основные теоретические положения, используемые в диссертационном исследовании.

В самом общем случае нелокальная постановка задачи динамики твердых тел предполагает, что упругие и демпфирующие силы в некоторой точке тела зависят не только от локальных во времени и пространстве значений деформаций и скоростей деформаций соответственно, но и от значений деформаций и скоростей деформаций на некоторой области прилегающей к рассматриваемой точке на всей истории деформирования тела.

В этой главе автор рассматривает разные модели нелокальности, выбирает одну из моделей для дальнейших исследований, намечает виды ядер нелокальных операторов и выбирает параметр, который в дальнейшем необходимо определить.

Во второй главе разработаны математические соотношения, необходимые для построения стержневых конечных элементов на основе нелокальной во времени модели динамического деформирования.

Под нелокальностью во времени автор подразумевает то, что жесткостные свойства материала зависят не только от состояния этого материала в данный момент времени, но и от его состояния в предшествующие моменты.

Для построения необходимых соотношений использован принцип возможных перемещений. В этой главе построены интерполирующие функции, матрица масс, матрица жёсткости, матрица демпфирования для конечного элемента. После сборки локальных матриц в глобальные, автор получает уравнение динамического деформирования стержня. При этом выбранная автором модель нелокальности реализуется в применении нелокального оператора к матрице жёсткости.

Одним из ключевых свойств модели автора, является величина масштабного параметра. В этой главе показано, что амплитуда колебаний существенно зависит от этого параметра. При этом модель автора является частотно независимой.

В третьей главе описана методика калибровки нелокальной во времени модели упругих свойств материала, а также выполнена её отработка по результатам численного эксперимента. Калибровка заключается в определении значения масштабного параметра на основе экспериментальных или достоверных расчётных данных. В третьей главе автор выполняет такую калибровку на объёмных численных моделях, построенных в программе MIDAS.

В четвертой главе выполнена калибровка модели автора на основании результатов лабораторных динамических испытаний балок из высокопрочных лёгких бетонов. Исследованы балки, изготовленные из бетонов трёх составов с включением микросфер из разных материалов. При калибровке автор рассмотрел колебания моделей балок с двумя видами граничных условий. Колебания возбуждались ударным импульсом в середине пролёта и в четверти пролёта. Параметры колебаний измерялись двумя 1-канальными акселерометрами.

При проведении испытаний были получены значения масштабного параметра для каждого вида материала. Было показано, что значение масштабного параметра не зависит от места приложения возбуждающего воздействия. Достигнута высокая степень совпадения теоретических и опытных результатов.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Диссертация Царева Р.О. на тему «Нелокальная во времени модель динамического деформирования стержневых систем» соответствует специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твёрдого тела» (п.1. Законы деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе природных, искусственных и вновь создаваемых, п.8. Динамика деформируемого твёрдого тела. Теория волновых процессов в средах различной структуры, п.12. Вычислительная механика деформируемого твёрдого тела) и технической отрасли науки.

Соответствие содержания автореферата содержанию работы

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Автореферат содержит основные результаты и выводы, раскрывает основное содержание работы.

Публикации по теме диссертации

Результаты диссертации опубликованы в 6 научных работах, из них три статьи в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Личный вклад автора состоит в определении цели и задач исследования, формулировке математической постановки задачи, разработке нелокальной во времени модели динамического деформирования, её калибровке по результатам численных и лабораторных экспериментов. Автором была разработана программа для ЭВМ, на которую получено свидетельство о регистрации, а также были подготовлены публикации в научно-технических изданиях.

Обоснованность и достоверность основных положений

Результаты, полученные автором, являются достоверными. Это обеспечивается строгим соблюдением расчетных предпосылок, использованием обоснованных положений и методов механики деформируемого твердого тела, аккуратным выполнением расчётных выкладок. Все расчётные предпосылки являются обоснованными.

Достоверность результатов также подтверждается сравнением с результатами лабораторных испытаний.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов состоит в том, что разработана математическая 1-мерная модель, являющаяся альтернативой ресурсоёмким трёхмерным моделям при описании процессов динамического деформирования элементов и систем, выполненных из композитных материалов. Модель автора интегрирована в алгоритм МКЭ и может эффективно использоваться при расчёте стержневых систем.

Результаты автора могут быть использованы при расчете конструкций из композитных материалов при динамических воздействиях.

Основные результаты и научная новизна

Научная новизна результатов состоит в следующем.

На основании определяющих соотношений нелокальной механики разработана математическая модель динамического деформирования стержневых систем с учетом нелокальных во времени упругих свойств материала, позволяющая с высокой точностью описывать динамическое поведение конструктивных элементов, выполненных из композитных материалов.

Разработанная модель является частотно независимой.

Исследовано влияние параметров модели на точность результатов вычислений.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанная автором диссертации модель может быть рекомендована к применению при выполнении прочностного динамического анализа конструкций, выполненных из композитных материалов, а также при решении задач оптимизации таких конструкции и выполнении вариантного проектирования.

Диссертация и автореферат соответствуют 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.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Основная предпосылка разработанной модели постулирует тот факт, что упругие свойства материала меняются в течении небольшого промежутка времени, что оказывает влияние на амплитуду колебаний конструкции. Следовало бы привести примеры таких материалов. В настоящий момент данная модель носит феноменологический характер и по сути обеспечивает снижение демпфирования колебаний.

2. Чем обосновывается выбор в качестве ядра нелокального оператора функции ошибок?

3. В численных примерах в главах 2 и 3 автор рассматривает конструкции (балку и раму) из полимерного материала с размерами, характерными для реальных несущих строительных конструкций. Конструкции таких размеров не выполняют из полимерных материалов. Желательно, чтобы примеры конструкций были бы приближены к практике.

4. В конечно-элементных моделях, разработанных в программе MIDAS из 3D-элементов, содержится очень мало элементов в сечении (2x3 и 2x2 элемента в пределах сечения). Это может повлиять на точность калибровки модели автора.

5. В главе 3 при выполнении калибровки модели автора содержится логическое противоречие. А именно: свойства нелокальной во времени модели автора подбираются таким образом, чтобы результат соответствовал колебаниям локальной во времени модели, собранной из 3-мерных элементов.

6. В п. 3.3 главы 3 автор сравнивает колебания стержневой локальной модели с демпфированием по Фойгту с колебаниями модели из 3D-элементов, построенной в программе MIDAS. На основании этого делается вывод о низкой точности классического подхода. Корректность такого сравнения сложно оценить. Возможно, при уточнении параметров демпфирования по Фойгту, или при задании другого декремента колебаний, разница в результатах была бы менее выражена. В любом случае для обоснования сделанного вывода было бы правильно сравнить стержневую модель и 3D-модель, разработанную в одной и той же программе из материала с одними и теми же свойствами.

7. При сравнении графиков колебаний опытных моделей и локальных моделей подразумевается, что разница в амплитудах колебаний связана с низкой точностью классической 1-мерной модели. В действительности в диссертации этот вопрос не исследован. Возможно, что при правильном задании демпфирования в классической модели, удалось бы добиться совпадения амплитуд.

Данные замечания не являются принципиальными и не снижают достоверность и значимость работы.

Рассмотрение данной диссертационной работы позволяет заключить следующее. Диссертация Царева Романа Олеговича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки математической модели динамического поведения неконсервативных стержневых элементов и систем, выполненных из

композитных материалов, с учетом характерных особенностей их деформирования, имеющей значение для развития механики деформируемого твёрдого тела, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней. Её автор, Царев Роман Олегович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. «Механика деформируемого твёрдого тела».

Отзыв рассмотрен на заседании лаборатории Механики железобетона НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» 18.05.2026, протокол № 2/2026. Отзыв одобрен единогласно.

Заключение составлено:

Крылов Сергей Борисович,
доктор технических наук,
заведующий лабораторией
Механики железобетона №8
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева
АО «НИЦ «Строительство».

05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения
г. Москва, 2-я Институтская ул. дом 6,
Тел. 8-499-174-74-07
niizhb_lab8@mail.ru

Крылов Сергей Борисович

18.05.2026

Акционерное Общество «Научно-исследовательский центр «Строительство»
(АО «НИЦ «Строительство»),
109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д.6, к. 1, +7 (495) 602-00-70, inf@cstroy.ru.

Я, Крылов Сергей Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.508.01 и их дальнейшую обработку.

18.05.2026 г.

С.Б. Крылов

Согласие Крылов С.Б. предоставлено
Научным отделом кафедр «Механика железобетона» и «Строительство»
Ю.Б. Севостьянов

