

# СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.07

**Соискатель:** Вахтерова Яна Андреевна

**Тема диссертации:** Идентификация нестационарных нагрузок и дефектов в упругих стержнях

**Специальность:** 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 13 сентября 2023 года, протокол 12, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Вахтеровой Я.А. является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает.

Диссертация Вахтеровой Я.А. отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. На заседании 13 сентября 2023 года, протокол 12, диссертационный совет принял решение присудить Вахтеровой Я.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета Тарлаковский Д.В., заместители председателя диссертационного совета Земсков А.В., Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета Сердюк Д.О.

**Члены диссертационного совета:** Булычев Н. А., Вестяк В. А., Дмитриев В. Г., Кузнецова Е. Л., Медведский А. Л., Миронова Л. И., Рабинский Л. Н., Солдатенков И. А., Федотенков Г. В.

Председатель

диссертационного совета 24.2.327.07

д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.327.07

к.т.н., доцент



Сердюк Д.О.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.07,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «13» сентября 2023 г. № 12

О присуждении Вахтеровой Яне Андреевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Идентификация нестационарных нагрузок и дефектов в упругих стержнях» по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела», принята к защите «26» июня 2023 г., протокол № 11, диссертационным советом 24.2.327.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета 24.2.327.07 – № 1184/нк от «12» октября 2022 г.

Соискатель Вахтерова Яна Андреевна, 05 апреля 1994 года рождения, в 2018 г. окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Прикладная механика». В 2022 году Вахтерова Яна Андреевна окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Работает старшим преподавателем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Сопротивление материалов, динамика и прочность машин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент **Федотенков Григорий Валерьевич**, профессор кафедры «Сопротивление материалов, динамика и прочность машин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

**Павлов Игорь Сергеевич**, доктор физико-математических наук, доцент, заместитель директора по научной работе Института проблем машиностроения РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», г. Нижний-Новгород,

**Хроматов Василий Ефимович**, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры «Робототехника, мехатроника, динамика и прочность машин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва,



**дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Тульский государственный университет**», г. Тула в своем положительном отзыве, подписанный доктором физико-математических наук, заведующим кафедрой «Вычислительная механика и математика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» **Глаголевым Вадимом Вадимовичем** и утверждённым доктором технических наук, проректором по научной работе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» **Воротилиным Михаилом Сергеевичем** указала, что диссертация Вахтеровой Яны Андреевны представляет собой завершенную квалификационную работу, в которой содержится решение ряда новых нестационарных обратных задач для балок и стержней, имеющих важное значение для развития механики деформируемого твёрдого тела. Диссертация соответствует всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а её автор, Вахтерова Яна Андреевна, заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела».

Соискатель имеет 39 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе в журналах, индексируемых в РИНЦ 32, из них 5 в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования WoS и SCOPUS, 2 научные статьи в русскоязычных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а также 1 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:



1. Вахтерова Я. А., Серпичева Е. В., Федотенков Г. В. Обратная задача об идентификации нестационарной нагрузки для балки Тимошенко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2017. — № 4. — С. 82–92.

2. Fedotenkov G.V., Tarlakovsky D.V., Vahterova Y.A. Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2019, vol. 40, no. 4, pp. 439-447. DOI:10.1134/S1995080219040061.

3. Fedotenkov, G. V., Makarevskii, D. I., Vahterova, Y. A., & Thang, T. Q. (2021). The inverse non-stationary problem of identification of defects in an elastic rod. INCAS Bulletin, 13(Special Issue), 57-66. doi:10.13111/2066-8201.2021.13.S.6.

4. Fedotenkov G., Starovoitov E., Vahterova Y. The inverse transient problem of identifying the law of change in the cross-sectional area of an elastic bar // In: 9th edition of the International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering (COUPLED PROBLEMS 2021). — 2021. DOI: 10.23967/coupled.2021.054.

5. Fedotenkov G.V., Vahterova Y.A., Gritskov A.V., Levitskiy D.Y., Sun Y. Timoshenko beam and plate non-stationary vibrations // INCAS Bulletin. - 2021. - Vol. 13. - No Special Issue. - P. 41-56. - DOI 10.13111/2066-8201.2021.13.S.5.

6. Vahterova Y.A., Fedotenkov G.V. The inverse problem of recovering an unsteady linear load for an elastic rod of finite length // Journal of Applied Engineering Science, 2020, vol. 18, no. 4, pp. 687-692. DOI:10.5937/jaes0-28073.

В этих и остальных работах приведены математические постановки новых нестационарных обратных задач механики деформируемого твёрдого тела применительно к одномерным элементам конструкций. Вклад в публикации, выполненные в соавторстве, состоит в участии в формулировке постановок задач, разработке методов их исследования и решения, а также в выполнении численных расчетов и их анализе.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации и официальных оппонентов, отзывы положительные;

от доктора физико-математических наук, заведующего кафедрой Теоретической, компьютерной и экспериментальной механики Института информационных технологий, математики и механики Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, главного научного сотрудника лаборатории моделирования физико-механических процессов Центра суперкомпьютерного моделирования НИИМ Нижегородского университета, Игумнова Леонида Александровича, отзыв положительный;

от доктора физико-математических наук, заведующего лабораторией «Механики материалов и конструкций нано- и микротехники» Ширакского государственного университета им. М. Налбандяна, член-корреспондента НАН Армении, заслуженного деятеля науки Армении Саркисяна Самвела Оганесовича, отзыв положительный;

от доктора физико-математических наук, профессора кафедры «Строительная механика, геотехника и строительные конструкции» Белорусского государственного университета транспорта Эдуарда Ивановича Старовойтова и заведующего кафедрой «Строительная механика, геотехника и строительные конструкции» Белорусского государственного университета транспорта Дениса Владимировича Леоненко.

от кандидата физико-математических наук, заведующего кафедрой компьютерной математики и информатики института математики и механики им. Н.И. Лобачевского Казанского федерального университета, Саченкова Оскара Александровича, отзыв положительный;

от кандидата технических наук, ведущего конструктора бригады статической прочности ротора отдела динамики и прочности, опытно-конструкторского бюро имени А. Люльки филиала ПАО «ОДК-УМПО», Крупенина Александра Михайловича, отзыв положительный;



от кандидата технических наук, доцента кафедры «Математические методы в строительстве» Белорусского национального технического университета, заведующей кафедрой строительства и эксплуатации зданий и сооружений Белорусского национального технического университета, Козуновой Оксаны Васильевны и доктора технических наук, профессора кафедры «Математические методы в строительстве» Белорусского национального технического университета, Босакова Сергея Викторовича, отзыв положительный;

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» имеются следующие замечания.

1. В решении нестационарной прямой и обратной задачи следовало бы рассмотреть различные материалы для стержней и балок. В работе представлены решения только для одного материала стали.

2. Следовало бы рассмотреть различные варианты закрепления балок и стержней, а не ограничиваться только жестким и шарнирным типами опор.

3. В диссертационной работе следовало бы рассмотреть не только обратную задачу для модели балки типа Тимошенко, но и другие модели балок для сравнения результатов решения прямых и обратных задач и сделать вывод какую модель выгоднее принять при решении обратной задачи.

Замечания в отзыве официального оппонента Павлова И.С.

1. В диссертационной работе для описания движения балки использована модель С.П. Тимошенко, хотя в механике часто используются и другие модели балок. На мой взгляд, в диссертации явно не хватает

обоснования выбора для исследований именно модели Тимошенко. Было бы интересно рассмотреть решения прямых и обратных задач в сравнении с другими моделями балок, например, в сравнении с более простой моделью балкой Бернулли-Эйлера.

2. В третьей главе, посвященной идентификации дефектов в упругих стержнях, используется модель дефекта на основе трехступенчатого стержня. Но, к сожалению, отсутствует исследование границ применимости таких моделей, в то время как известно, что для более сложных моделей дефекта рекомендуется использовать многоступенчатый стержень.

3. В третьей главе при идентификации нестационарной нагрузки для получения показаний перемещений для стержня или прогиба для балки используются датчики ускорений. Однако известно, что датчики ускорений, как правило, используют на высоких частотах, когда перемещения соизмеримы с уровнем шума, в то время как в области средних частот (от 1 Гц до 1 кГц) уже предпочтительнее использовать датчики скорости, а в низкочастотной области (в полосе частот порядка 1 Гц) довольно хорошую точность измерений обеспечивают датчики перемещений. По этой причине следовало бы обосновать выбор типа дополнительной информации, поступающей с датчиков.

4. На стр. 24 диссертации приведены формулы (1.1) являющиеся системой уравнений поперечных колебаний балки Тимошенко, граничными и начальными условиями. Однако пояснения обозначений в этих уравнениях приведены только после формулы (1.5) в конце стр. 25.

5. На стр. 25 в пояснениях к обозначениям формул (1.1)–(1.5) указано: « $k = \sqrt{\frac{5}{6}}$  – коэффициент сдвига». В результате, можно подумать, что этот параметр является константой для всех балок Тимошенко. Однако в действительности такое значение этот параметр принимает лишь для балок с прямоугольным поперечным сечением. Этот факт нужно было отметить в диссертации.



Замечания в отзыве официального оппонента Хроматова В.Е.

1. Обычно под ретроспективными обратными задачами понимаются задачи о восстановлении начальных условий по данным измерений. В диссертации под ретроспективными задачами автор понимает задачи о восстановлении нестационарной нагрузки, т.е. о реконструкции правых частей соответствующих уравнений, что не совсем корректно в плане общепринятой терминологии.

2. В разделе, посвященном идентификации дефектов в упругих стержнях используется простейшая модель дефекта на основе трёхступенчатого стержня. Полагаю, что не составило бы принципиальных сложностей рассмотреть более точные модели на основе многоступенчатого стержня. Однако автором в работе это не сделано.

3. В работе для описания движения балки использована модель С.П. Тимошенко, однако было бы интересно рассмотреть решения прямых и обратных задач в сравнении с другими моделями балок, например, в сравнении с более простой моделью – балкой Бернулли-Эйлера.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания.

1. Из автореферата не ясно, каковы пределы чувствительности методики для выявления реальных дефектов: по размерам дефектов, по форме дефектов, по частотам нагрузок, по типу материала (в разных материалах разная скорость звука). Так же не ясно, будут ли как-то влиять геометрические характеристики балки на чувствительность методики.

2. В качестве замечания, можно указать недостаточную информативность результатов. Так, например, на рисунках 10-13 мелкие подписи, а из текста не совсем ясно, что именно представлено: восстановленная нагрузка по времени или по продольной координате?

3. На стр. 19 автореферата написано: уравнение (14) удовлетворяет условиям теоремы 2, следовательно, является корректным по Ж. Адамару,

что позволяет получить решение обратной задачи (13)», но формулировка теоремы 2 в автореферате не приведена.

4. В качестве пожелания хотелось бы отметить, что соискателю в дальнейших исследованиях следует обратить внимание на дефекты типа трещин в железобетонных конструкциях, как наиболее часто встречающихся в строительной практике.

5. В разделе «Публикации» указано, что «По теме диссертации опубликовано 39 публикаций в журналах, ...», однако в «Списке опубликованных работ по теме диссертации» указано лишь 10.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высококвалифицированными специалистами в данной области, а ведущая организация проводит исследования в области деформирования тонкостенных элементов конструкций. Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют значительное количество публикаций, связанных с направлением исследований диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** математические постановки и методы решения новых нестационарных обратных задач для упругого стержня и балки Тимошенко;

**предложены** новые подходы к построению и реализации численно-аналитических алгоритмов, основанные на методе последовательных приближений и быстрого преобразования Фурье;

**доказана** перспективность идей, изложенных в диссертации, применительно к решению обратных нестационарных задач механики деформируемого твердого тела;

**Новые понятия** не вводились.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**



**доказаны** правомерность и обоснованность предложенных методов решения нестационарных обратных задач для упругого стержня и балки Тимошенко;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс методов, в том числе методы механики деформируемого твердого тела, разложение решения в ряды Фурье, метод преобразования Лапласа, быстрое преобразование Фурье;

**изложены** и доказаны утверждения, позволяющие использовать метод последовательных приближений применительно к построению решения нестационарных обратных задач для упругого стержня и балки Тимошенко;

**раскрыто** существование проблемы корректности решения нестационарных обратных задач;

**изучены** обратные геометрические и ретроспективные нестационарные задачи для упругого стержня и балки Тимошенко;

**проведена модернизация** аналитических и численно-аналитических методов и алгоритмов решения нестационарных обратных задач.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны** методы решения широкого класса нестационарных обратных ретроспективных задач с учётом различных типов нагружения, а также нестационарных обратных геометрических задач по идентификации дефектов в упругом стержне;

**определены** перспективы практического использования разработанных методов и алгоритмов применительно к решению нестационарных обратных задач механики деформируемого твёрдого тела;

**созданы** новые эффективные алгоритмы решения нестационарных обратных задач;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию численно-аналитических методов решения обратных задач механики балок и стержней.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория** построена на известных уравнениях механики упругих деформируемых тел, методы решения математически строги и непротиворечивы, реализованные алгоритмы исследованы на сходимость, приведено сравнение полученных автором результатов с известными результатами других авторов;

**идея базируется** на использовании принципа суперпозиции и метода функций влияния для построения разрешающих интегральных уравнений нестационарных обратных задач;

**использованы** сравнения полученных результатов с результатами других авторов, а также сравнения результатов, полученных с помощью разных методов;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках в частных случаях;

**использованы** современные методы математического моделирования, информационные и компьютерные методы визуализации полученных результатов.

**Личный вклад соискателя состоит** в разработке математических моделей, методов и алгоритмов решения нестационарных обратных задач, реализация алгоритмов решения на ЭВМ, отладка их работы. Разработаны новые оригинальные подходы к решению нестационарных обратных задач для твёрдых деформируемых тел, которые продемонстрированы на примерах решения ретроспективных и геометрических обратных задач для стержней. Проведён широкий параметрический анализ полученных научных результатов, выполнена оценка сходимости разработанных алгоритмов, проведена оценка влияния погрешности в исходных данных на полученные

результаты, а также сравнение результатов с известными работами других авторов в частных случаях. Определены перспективы дальнейшего развития предложенных методов и подходов, выработаны рекомендации по практическому применению полученных результатов.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний. Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании «13» сентября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Вахтеровой Яне Андревне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов физико-математических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела», участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 13, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.327.07

д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.327.07

к.т.н., доцент

Сердюк Д.О.

«13» 09 2023 года

