

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 10.06.2025 №06

О присуждении Фан Чунг Дык, гражданину Вьетнама, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Развитие метода мониторинга технического состояния плоскостных каменных конструкций с использованием изгибных волн Лэмба» по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения принята к защите 03 апреля 2025 года (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.380.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 2 ноября 2012 года № 714/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.02.2014 года №55/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.03.2014 года №126/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25.05.2016 года №590/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.12.2017 года №1246/нк., приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 30.01.2019 года №37/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.01.2022 года №86/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 22.06.2023 года №1326/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.09.2023 года №1845/нк,

приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 19.03.2025 года №232/нк.

Соискатель Фан Чунг Дык, 1995 года рождения.

В 2021 году соискатель с отличием окончил федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации с присвоением квалификации «Инженер-строитель» по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений». С 2021 года по настоящее время соискатель обучается в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по направлению подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства» по образовательной программе «Строительные конструкции, здания и сооружения» (очная форма обучения).

Соискатель Фан Чунг Дык не работает.

Диссертация выполнена на кафедре железобетонных и каменных конструкций в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Савин Сергей Николаевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра железобетонных и каменных конструкций, профессор.

Официальные оппоненты:

Сычева Анастасия Максимовна, доктор технических наук, профессор, ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского», г. Санкт-Петербург, 151 лаборатория военного института научно-исследовательского ВИ(НИ), старший научный сотрудник;

Курлапов Дмитрий Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», кафедра «Строительные конструкции, здания и сооружения», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Военный институт (инженерно-технический) ФГКВУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Бирюковым Александром Николаевичем (доктор технических наук, профессор, кафедра «Технология, организация и экономика строительства», профессор) и Коваленко Иваном Александровичем (кандидат технических наук, кафедра «Управление строительством и эксплуатацией объектов военной инфраструктуры», доцент) указала, что в диссертационной работе содержатся решения актуальных научных задач по разработке метода оценки механических характеристик плоскостных каменных конструкций с использованием изгибных волн Г. Лэмба для обследования, реконструкции и усиления данных конструкций. Диссертация отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней». Соискатель Фан Чунг Дык заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ.

Работы, опубликованные в ведущих научных рецензируемых изданиях, перечень которых размещён на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии:

1. Савин, С. Н. Оптимизация выбора диапазона длин изгибных волн для обследования конструкции плитного типа / С. Н. Савин, А. О. Хегай, Ч. Д.

Фан, В. Ч. Ле // Вестник гражданских инженеров. – 2024. – № 3(104). – С. 44-50. – DOI 10.23968/1999-5571-2024-21-3-44-50. (0,38 п.л., авторский вклад 25%)

2. Савин, С. Н. Оценка прочностных характеристик кирпичной кладки с использованием изгибных волн / С. Н. Савин, Ч. Д. Фан, А. О. Хегай, В. Т. Ле // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 10. (0,81 п.л., авторский вклад 25%)

3. Савин, С. Н. Контроль технического состояния зданий и сооружений по их динамическим характеристикам / С. Н. Савин, Ч. Д. Фан // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 1(47). – С. 20-27. – DOI 10.52684/2312-3702-2024-47-1-20-27. (0,44 п.л., авторский вклад 50%)

4. Фан, Ч. Д. Применение метода с использованием изгибных волн для обследования плитных и стеновых конструкций / Ч. Д. Фан // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 12. – С. 41-53. – DOI 10.34031/2071-7318-2023-8-12-41-53. (0,81 п.л., авторский вклад 100%)

5. Фан, Ч. Д. Определение прочности каменных конструкций методом с использованием скоростей изгибных акустических волн / Ч. Д. Фан // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 6(95). – С. 21-29. – DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-6-21-29. (0,56 п.л., авторский вклад 100%)

6. Фан, Ч. Д. Метод определения жесткостных характеристик строительных конструкций с использованием изгибных волн / Ч. Д. Фан, Д. А. Савин // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 3(92). – С. 28-34. – DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-3-28-34. (0,41 п.л., авторский вклад 50%)

Работы, опубликованные в других изданиях:

7. Fan Ch. D. Selection of optimal frequency range of bending waves for inspection of building / Ch. D. Fan, S. Savin, A. Khagai, V. Tr. Le // AIP Conf. Proc. – 2024. – 3243 (1): 020030. <https://doi.org/10.1063/5.0247283>. (0,34 п.л., авторский вклад 25%)

8. Савин, С. Н. Исследование распространения изгибных волн в конструкции плитного типа в различных диапазонах частот / С. Н. Савин, Ч.

Д. Фан // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: Материалы X-й Международной научно-практической конференции. – Тамбов: ТГТУ, 2024. – С. 161-166. (0,31 п.л., авторский вклад 50%)

9. Фан, Ч. Д. Теоретические аспекты применения метода с использованием изгибных волн в обследовании строительных конструкций / Ч. Д. Фан // Актуальные вопросы архитектуры и строительства: Материалы XVI Международной научно-технической конференции. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2023. – С. 10-15. (0,38 п.л., авторский вклад 100%)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, профессор военного учебного центра, доктор технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия, доцент **Федюк Роман Сергеевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- На рисунке 3 указаны основные информационные данные об этапах проведения испытания, но не подписано к чему они относятся.

- В автореферате неполностью освещены возможности метода по выявлению дефектов конструкции, включая способы их идентификации и фиксации расположения в конструкции.

2. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», директор Научно-технологического комплекса «Цифровой инжиниринг в гражданском строительстве», доктор технических наук по специальности 05.14.09 - Гидравлика и инженерная гидрология, профессор **Ватин Николай Иванович**; ведущий научный сотрудник Лаборатории механики многокомпонентных и многофазных сред, кандидат технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения, **Усанова Ксения Юрьевна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- Отсутствуют конкретные численные или алгоритмические рекомендации по выбору частотного диапазона изгибных волн в зависимости

от характеристик конструкции, что снижает практическую применимость предложенного метода.

- Известно, что размер кирпичей варьируется от декоративного с размером $190 \times 90 \times 40$ мм до крупноформатного строительного блока (например, поризованный камень) с размером $510 \times 250 \times 219$ мм. Не ясно, зависят ли оптимальный или рекомендованный частотный диапазон от размера кирпичей в кирпичной кладке.

- На странице 14 автореферата соискатель указывает, что «прочности бетона и кирпичных кладок по скорости продольной волны оценивается с помощью градуировочной кривой для бетона». Однако использование градуировочной кривой, полученной для бетона, для оценки прочности кирпичных кладок представляется ошибочным.

3. ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», профессор кафедры строительного производства, доктор технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения **Пинус Борис Израилевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- Не ясно, как влияет на результаты измерений армирование обследуемых конструкций?

- Вы определяете шаг расстановки датчиков по формуле (7) из граничного условия $V_R/V_{и} \geq 1$. Но эта формула может использоваться в случае $0,2 < V_{и}/V_R < 0,8$ с погрешностью менее 2-3%. При этом, не ясно, как влияет на точность получаемых результатов использование предложенной формулы?

4. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России», г. Москва, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук по специальности 20.02.05 – Организация оперативного (экстренного) реагирования в чрезвычайных ситуациях, доцент **Нигметов Геннадий Максимович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- Не понятно, почему в качестве ударника автором используется деревянный брус, а не например резиновый?

- Автором при подготовке автореферата использован мелкий масштаб рисунков (например, рис. 3, 13, 15), что затрудняет понимание излагаемого материала.

- Какие датчики используются и как ориентируются?

5. ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», доцент кафедры строительных конструкций, кандидат технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения **Плюснин Михаил Геннадиевич.**

Отзыв положительный, имеется замечание:

- В качестве замечания следует отметить стилистически не корректную формулировку пункта 3 положений, выносимых на защиту.

6. Филиал Научно-технический центр РУП «СТРОЙ-ТЕХНОРМ», Республика Беларусь, г. Брест, директор, доктор технических наук по специальности 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения, профессор **Деркач Валерий Николаевич.**

Отзыв положительный, имеются замечания:

- Не корректно записано уравнение (2). Очевидно, третий член уравнения должен содержать одно из значений скорости волны в четвертой степени.

- Значение коэффициента Пуассона и модуля упругости каменной кладки зависит от величины действующих в ней напряжений. Как в теоретической модели учитывается данный фактор?

- Результаты натурных исследований прочности каменной кладки предпочтительнее было бы сравнивать с экспериментальными данными полученных на образцах каменной кладки, а не по формулам Онищика Л.И. или Еврокода 6.

7. ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Республика Хакасия, г. Абакан, доцент кафедры промышленного,

гражданского строительства и техносферной безопасности, кандидат технических наук по специальности 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения, доцент **Хегай Олег Николаевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

- Прошу пояснить на основании каких испытаний были получены прочностные характеристики материалов, приведенные в табл. 3.

- Какими критериями были оценены результаты сходимости экспериментальных и расчетных величин?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в данной области науки, компетентностью в вопросах обследования строительных конструкций, зданий и сооружений, способностью определить научную и практическую ценность диссертации, актуальностью их научных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод оценки технического состояния плоскостных каменных конструкций при одностороннем доступе на основе полученных зависимостей скоростей распространения изгибных волн Г. Лэмба от механических характеристик материалов;

предложено использовать для мониторинга строительных конструкций упругие волны сантиметрового диапазона частот, которые распространяются в плоских пластинах как в направлении распространения волны, так и перпендикулярно плоскости пластины и носят название волны Г. Лэмба;

доказана перспективность использования изгибных волн Г. Лэмба при обследовании плитных и стеновых конструкций для определения их жесткостных и прочностных характеристик, контроля проектной толщины и выявления дефектов и повреждений;

введено выражение для определения скоростей Релеевской волны в плоскостных каменных конструкциях на основе анализа закономерностей распространения изгибных волн Г. Лэмба.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказаны: возможность и целесообразность оценки технического состояния материалов плоскостных каменных конструкций по результатам анализа форм дисперсионных кривых и скоростей распространяющихся изгибных волн Г. Лэмба; адекватность разработанного метода по определению прочностных и жесткостных характеристик материалов, имеющего удовлетворительное качественное и количественное совпадение с результатами известных методов;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс базовых методов исследований, в том числе, методы разведочной геофизики применительно к упругим волнам акустического диапазона частот, основные теоретические положения распространения упругих волн в твердых деформируемых телах, экспериментальные методы для определения механических характеристик материалов;

изложены основные этапы проведения испытания, начиная с построения теоретической модели реакций плитных и стеновых конструкций на воздействие упругих колебаний, через создание измерительного комплекса и программ ввода, до построения годографов и дисперсионных кривых распространения изгибных волн с помощью оцифровки аналогового сигнала и обработки полученных реализаций;

раскрыты существенные преимущества использования зависимостей скоростей распространения изгибных волн Г. Лэмба в материалах конструкций от их механических характеристик. Это позволило проводить оценку механических характеристик материалов каменных конструкций с использованием неразрушающих методов;

изучена связь параметров плоскостных каменных конструкций (коэффициент Пуассона, динамические модули упругости и толщины конструкций) со скоростью распространения изгибных волн в них при возбуждении ударом изгибных волн различной длины;

проведена модернизация методики оценки реакций плитных и стеновых конструкций на действие свободного удара; предложены выражения для

определения скорости Рэлеевской волны с использованием изгибных волн Г. Лэмба; разработаны программы регистрации и обработки данных измерений для построения дисперсионных кривых изгибных волн с целью оценки механических характеристик материалов плоскостных каменных конструкций и контроля их проектной толщины.

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

разработаны и внедрены в практику мониторинга технического состояния плитных и стеновых конструкций методики оценки реакций плитных и стеновых конструкций на действие свободного удара, что позволило разработать эффективные методы их усиления в «ООО» TNT CORP, а также провести оценку несущей способности конструкций кирпичных сводов Санкт – Петербургской ООО «ИСП «Геореконструкция»;

определены границы применимости и перспективы практического использования предложенного метода в практике обследования, реконструкции, проектирования усиления плитных и стеновых конструкций;

создана система практических рекомендаций по развитию метода оценки технического состояния плоскостных каменных конструкций с использованием изгибных волн Г. Лэмба, позволяющая сокращать время проведения испытания и обработки данных и получать надежные результаты;

представлены рекомендации по практическому внедрению полученных в процессе измерений результатов с использованием оптимального диапазона частот изгибных волн при требуемом шаге расстановки датчиков; предложения по дальнейшему совершенствованию метода расчета прочности кирпичных кладок, а именно, определения корректировочного коэффициента к действующему нормативу; а также предложения по проведению дополнительных теоретических и экспериментальных исследований других типов конструкций (цилиндрические своды, обделки тоннелей и трубные конструкции шахт) для разработки методов мониторинга их технического состояния.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ обеспечивается использованием сертифицированного оборудования и измерительных приборов, стандартизированных методов испытаний, статистической обработкой результатов и интерпретацией опытных данных;

теория основывается на применении научных положений теоремы Г. Лэмба по теории изгибных волн; математических моделей распространения упругих волн в твердых деформируемых телах и согласуется с проверенными опубликованными экспериментальными результатами и выводами по теме диссертации;

идея базируется на предположении, что основное отличие акустических и сейсмических волн от ультразвуковых заключается в частоте колебаний и, соответственно, длине волны, позволяющих увеличить базы измерений и исследовать низко прочные материалы с высоким уровнем затухания зондирующих колебаний;

использованы сравнительные результаты определения прочности кирпичных кладок с помощью аналитических расчетов (формула Онищика, Eurocode 6) и при полевых испытаниях; научные опыты экспериментальных исследований по оценке динамических модулей упругости и контроле проектной толщины для бетонных плит и кирпичных стен;

установлено качественное и количественное совпадение результатов оценки акустических, жесткостных и прочностных характеристик плитных и стеновых конструкций, полученных при лабораторных и натурных исследованиях;

использованы современные методики регистрации и обработки данных экспериментально-теоретического исследования, современный программно-вычислительный комплекс, сертифицированные методы и оборудование для проведения испытаний.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии на всех этапах исследований при разработке диссертационной темы; в анализе степени разработанности темы исследования; в постановке цели и задач

исследований; в разработке эмпирической зависимости для определения скорости волн Рэлея с использованием изгибных волн; в разработке методики проведения испытаний бетонных плит и кирпичных кладок, в оценке их механических свойств, контроля проектной толщины и выявления локальных дефектов и повреждений путем анализа формы дисперсионных кривых; в развитии метода мониторинга технического состояния плоскостных каменных конструкций с использованием оптимального диапазона частот изгибных волн; в подготовке основных научных публикаций по результатам выполненной работы и апробации результатов исследования на международных и всероссийских конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В научной новизне в пункте 2 написано, что вы предложили формулу для определения скорости Рэлеевской по скоростям изгибных волн Г. Лэмба, и Ваш метод и название диссертации по скорости волн Г. Лэмба. Зачем вам вообще нужна скорость Рэлеевской?

2. Про влияние арматуры. Речь идет о плитах, там всегда есть армирование. Как ваш метод чувствителен к степени армирования?

3. На 7 слайде первый пункт написан «Рекомендован оптимальный диапазон частот распространения». Какой? Меня интересует конкретный диапазон в зависимости от размеров плоскостных каменных конструкций.

Соискатель Фан Ч.Д. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Потому что через Рэлеевские волны мы сможем определить физико-механические характеристики строительных материалов конструкций.

2. С точки зрения физики для бетонных плит влияние арматуры здесь незначительно, потому что использование акустических волн с длиной от 0,3 - 0,5 м до 3 - 5 м во много раз больше диаметра арматуры.

3. Конкретные значения я не представлял. Но его возможно определить по предложенной формуле при известных ожидаемых акустических либо механических характеристиках строительных конструкций. А при

неизвестных характеристиках конструкций можно определить диапазон из граничного условия и по предложенной формуле при отношении $V_R/V_n \geq 1$. Здесь на ряде объектов, которые мы испытали, для кирпичной конструкции, с использованием бруса, можно возбуждать волны с частотами от 20–30 Гц до 2–3 кГц.

На заседании 10.06.2025 года диссертационный совет 24.2.380.01 принял решение - за решение научной задачи оценки теоретическими и экспериментальными методами качества бетонных плит и кирпичных кладок с использованием изгибных волн Г. Лэмба при одностороннем доступе к ним, имеющей важное значение для строительной отрасли знаний, присудить Фан Ч.Д. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 7 докторов наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту - 0 человек, проголосовали за присуждение ученой степени кандидата технических наук Фан Чунг Дык: за - 12, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета



Черных Александр Григорьевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Попов Владимир Мирович

10.06.2025 г.