

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВО
«Волгоградский государственный
технический университет»
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф.

«16»

2026 г.

М.П.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»

по диссертации Лэ Ван Хоанга «Биомеханическое моделирование роговицы при кератоконусе: персонализированные модели и оптимизация хирургического лечения» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.10 — «Биомеханика и биоинженерия», выполненной на кафедре «Сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Соискатель Лэ Ван Хоанг с 2008 по 2013 год обучался в Техническом университете имени Ле Куй Дона (Le Quy Don Technical University), который окончил по специальности «Механика» с присвоением квалификации «Специалист».

Соискатель Лэ Ван Хоанг в 2021 году окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» по направлению 15.04.01 «Машиностроение» с присуждением квалификации «Магистр» (диплом № И202178 от «05» июля 2021 г.).

В период с 2021 по 2025 г. соискатель обучался в очной аспирантуре в ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» по направлению 01.06.01 «Математика и механика» направленности «Механика деформируемого твёрдого тела». Диплом об окончании аспирантуры № А-2025/29 выдан «11» июля 2025 г.

С 2026 года по настоящее время соискатель Лэ Ван Хоанг работает в ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» на кафедре «Сопротивление материалов», в настоящее время занимая должность научного сотрудника.

Научный руководитель — Захаров Игорь Николаевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Сопротивление

материалов» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», утверждённый приказом ректора ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (№ 1398-ст от 25 ноября 2021 года), представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (№ 1398-ст от 25 ноября 2021 года).

Диссертационное исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (гранты №22-21-20085, <https://rscf.ru/project/22-21-20085/> и № 25-25-00303, <https://rscf.ru/project/25-25-00303/>).

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 544 по истории и философии науки и иностранному языку (английский) выдана 20 октября 2025 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего «Волгоградский государственный технический университет». Справка о сдаче кандидатского экзамена по специальности биомеханика и биоинженерия № 64-2025 выдана 21 ноября 2025 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского».

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры «Сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (протокол № 10 от 15 июня 2026 года).

На заседании кафедры присутствовали:

– сотрудники кафедры сопротивления материалов ВолгГТУ

Захаров Игорь Николаевич — д.т.н., доцент, заведующий кафедрой (01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела);

Багмутов Вячеслав Петрович — д.т.н., профессор (01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела);

Савкин Алексей Николаевич — д.т.н., профессор (01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела);

Седов Александр Александрович — к.т.н., доцент (01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела);

Бадиков Кирилл Андреевич — к.т.н., доцент (01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела);

Романенко Михаил Дмитриевич — к.т.н., старший преподаватель (2.5.6 — Технология машиностроения);

Кондратьев Олег Викторович — к.т.н., заведующий лабораторией (01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела);

– приглашенные специалисты по профилю диссертации:

Солодкова Елена Геннадиевна — к.м.н., зам. директора по научной работе Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова» Минздрава России (14.01.07 — Глазные болезни);

Балалин Сергей Викторович — д.м.н., зав. научным отделом Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (14.01.07 — Глазные болезни);

Денисевич Денис Сергеевич — к.т.н., доцент кафедры РК9 «Компьютерные системы автоматизации производства», МГТУ им. М. Э. Баумана, технический директор ООО «Автомеханика» (01.02.04 — Механика деформируемого твердого тела);

Иванов Дмитрий Валерьевич — д.ф.-м.н., доцент кафедры математической теории упругости и биомеханики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского» (1.1.10 — Биомеханика и биоинженерия);

Доль Александр Викторович — д.ф.-м.н., доцент кафедры математической теории упругости и биомеханики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского» (1.1.10 — Биомеханика и биоинженерия).

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность исследования

Диссертационная работа Лэ Ван Хоанга посвящена одной из актуальных проблем современной офтальмобиомеханики — прогрессирующему дегенеративному заболеванию роговицы (кератоконусу), характеризующемуся её деформацией в форме конуса вследствие нарушения структуры коллагенового матрикса и деградации механических свойств. Пик заболеваемости приходится на молодой и социально активный возраст, а отсутствие методов, гарантированно останавливающих прогрессирование на ранних стадиях, создаёт высокий риск инвалидизации по зрению.

Существующие методы лечения (кросслинкинг роговичного коллагена, имплантация интрастромальных сегментов) достигают максимальной эффективности при точной персонализации параметров хирургического воздействия, требующей глубокого понимания биомеханики роговицы конкретного пациента. Несмотря на наличие современных диагностических систем (Pentacam, Corvis ST), прямая оценка локальной жёсткости ткани и прогнозирование индивидуального ответа на хирургическое вмешательство остаются нерешёнными задачами. Разработка персонализированных биомеханических моделей роговицы с кератоконусом, позволяющих

неинвазивно идентифицировать зоны эктазии и оптимизировать параметры лечения, является актуальным научным направлением, соответствующим специальности 1.1.10 – «Биомеханика и биоинженерия».

Личный вклад автора

Автором лично выполнен обзор научной литературы, реализованы все вычислительные эксперименты, включая построение персонализированных конечно-элементных моделей роговицы на основе клинических данных Pentacam/Corvis ST, модификация процедур идентификации биомеханических свойств с использованием оптимизационных алгоритмов, создание и применение моделей кросслинкинга и имплантации интрастромальных сегментов, а также описание и интерпретация полученных данных. Совместно с научным руководителем обсуждены и сформулированы ключевые задачи исследования, их математическая постановка, разработаны методы и стратегии их решения, проведён анализ результатов.

Автором диссертации:

- разработана методика построения персонализированной трёхмерной твердотельной и конечно-элементной модели роговицы на основе приборных данных клинического обследования пациента;
- разработана расчётно-экспериментальная методика неинвазивной идентификации биомеханических свойств роговицы при кератоконусе;
- разработана модель пространственного представления зоны кератоконуса как системы областей изменённой жёсткости;
- построены вычислительные модели основных хирургических вмешательств при кератоконусе (кросслинкинг и имплантация сегментов);
- проведена комплексная верификация разработанных моделей на клинических данных здоровых лиц и пациентов с кератоконусом различных стадий.

Вклад в опубликованные работы, выполненные в соавторстве, заключается в следующем.

В работе [1] (статья ВАК без соавторов, «Известия Саратовского университета», 2026) соискателем выполнены самостоятельно: постановка задачи, разработка методики, все расчёты, анализ результатов и написание текста.

В статьях [2–9] (журналы ВАК и Scopus, в том числе «Российский журнал биомеханики», «Journal of Current Ophthalmology», «Mechanics of Solids», «Вестник офтальмологии», «Офтальмохирургия», «Клиническая офтальмология») соискателю принадлежат:

- построение персонализированных конечно-элементных моделей роговицы на основе данных Pentacam HR и Corvis ST;
- реализация алгоритмов оптимизации (Левенберга–Марквардта, Нелдера–Мида) для идентификации гиперупругих свойств интактной ткани и параметров зон кератоконуса;
- проведение всех вычислительных экспериментов по моделированию кросслинкинга (вариации диаметра, положения зоны воздействия) и имплантации интрастромальных сегментов (вариации геометрии, глубины, угла установки);
- обработка и визуализация полей напряжений, деформаций, карт кривизны;
- подготовка графического материала (рисунки, диаграммы, карты распределений) для публикаций.

В публикациях [10–13, 20–26] соискателю принадлежат:

- описание конечно-элементной модели роговицы с кератоконусом;
- представление результатов верификации модели на клинических данных;
- анализ влияния параметров хирургического вмешательства на биомеханический отклик;
- подготовка презентационных материалов и докладов на конференциях.

В работах [14–17] соискателем выполнены обоснование и выбор различных оптимизационных алгоритмов при решении обратных задач, состоящих в определении значений набора свободных параметров модели, при которых результаты моделирования наилучшим образом соответствуют экспериментальным данным.

В публикациях [18, 19] соискателю принадлежит разработка подхода к использованию полиномов Цернике для аппроксимации геометрии роговицы и сравнение различных методов интерполяции.

В патентах [27, 28] соискателем выполнены вычислительные эксперименты на клинических примерах, подтверждающих работоспособность патентуемых методик прогнозирования исходов хирургических вмешательств.

В целом, личный вклад соискателя в совместных публикациях составляет не менее 75% в части, касающейся математического моделирования, численной реализации и интерпретации результатов с биомеханической точки зрения. Клиническая часть (сбор данных, проведение операций, послеоперационное наблюдение) выполнена соавторами – офтальмологами Волгоградского филиала МНТК «Микрохирургия глаза».

Степень достоверности результатов

Достоверность и обоснованность научных результатов обусловлена корректной математической постановкой задач механики деформируемого твёрдого тела, применением современных численных методов (метод конечных элементов в среде Comsol Multiphysics), использованием стандартных вычислительных процедур контроля надёжности (анализ сходимости решений, адаптация расчётной сетки). Работоспособность разработанных моделей подтверждена экспериментально путём минимизации расхождения между расчётными данными и результатами клинических обследований реальных пациентов.

Результаты исследования прошли апробацию на всероссийских и международных научных школах и конференциях по биомеханике, механике и медицине:

Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 2022, 2024);

Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых (г. Вологда, 2022);

Всероссийская научная конференция с международным участием «Краевые задачи и математическое моделирование» (г. Кемерово, 2022);

Всероссийская школа «Математическое моделирование и биомеханика в современном университете» (п. Дивноморское, 2023, 2024, 2025, 2026);

Всероссийская научная школа-семинар «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине» (г. Саратов, 2023, 2024).

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна состоит в следующем:

1. С помощью разработанной методики поэтапной оптимизации параметров модели впервые установлены диагностически значимые количественные соотношения гиперупругих свойств для здоровых роговиц и патологической ткани на разных стадиях кератоконуса. Определены диапазоны значений коэффициентов модели Йео, соответствующие норме и показывающие прогрессирующее снижение жёсткости (до 21% на III стадии).

2. С использованием модели кератоконуса в виде системы взаимодействующих локальных зон пониженной жёсткости впервые количественно описан пространственно-неоднородный характер деградации свойств роговицы и установлена корреляция степени снижения жёсткости в очагах ($\psi_{\max}=8-21\%$) и биомеханического индекса MMSI (2.2–4.05) со стадией заболевания.

3. По результатам комплекса вычислительных экспериментов на базе персонализированной биомеханической модели впервые установлены

функциональные зависимости кривизны в оптической зоне и амплитуды деформаций роговицы от размера, конфигурации и положения зоны ультрафиолетового кросслинкинга для разных стадий кератоконуса.

4. На основе модели имплантации интрастромального сегмента впервые определены количественные закономерности влияния геометрии, позиции и ориентации сегмента/канала на рефракционные параметры ($K_{\max}$, $K_{\text{ср}}$) с учётом эффектов совместной деформации, раскрытия стенок канала и расслоения ткани (декогезии).

Практическая значимость результатов исследования

Разработанные методики ориентированы на прямое применение в офтальмологических клиниках, осуществляющих хирургическое лечение кератоконуса. Практический выход включает:

Прогностический диагностический модуль, который по данным стандартного обследования строит карту локальной жёсткости роговицы, выделяет зону максимальной дегенерации и количественно оценивает стадию заболевания, что исключает субъективизм врача при интерпретации.

Виртуальный планировщик кросслинкинга, позволяющий хирургу перебрать несколько вариантов (диаметр и смещение зоны дегенерации) и выбрать тот, который даёт наилучшее соотношение «биомеханическая стабилизация – площадь травмируемой поверхности».

Виртуальный планировщик имплантации ИСС, дающий возможность заранее оценить, как изменение толщины, длины дуги, глубины и угла сегмента повлияет на итоговую кривизну и риск осложнений.

Результаты внедрены в практическую деятельность Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Фёдорова» Минздрава России (акт внедрения от 27.01.2025 г.), где методика используется с 2024 года. Также результаты используются в учебном процессе кафедры «Сопротивление материалов» Волгоградского государственного технического университета.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 1.1.10 — «Биомеханика и биоинженерия» по отрасли наук «Физико-математические науки»:

п. 1 — «Изучение физико-механических свойств и структуры биологических макромолекул, клеток, биологических жидкостей, мягких и твердых тканей, отдельных органов и систем»;

п. 2 — «Изучение закономерностей движения биологических жидкостей, тепло- и массопереноса, напряжений и деформаций в клетках, тканях и органах»;

п. 6 — «Разработка на основе методов механики средств для исследования свойств и явлений в живых системах, для направленного воздействия на них и их защиты от влияния внешних факторов».

Созданные вычислительные модели непосредственно используются для планирования и оптимизации хирургических вмешательств (КРК, ИСС), что является прямым примером биоинженерного инструментария.

Внедрение результатов

Результаты диссертационной работы внедрены в практическую деятельность Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России (акт внедрения от 27.01.2025 г.).

Публикации

По теме диссертации опубликована 28 печатных работ, из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК (в том числе 1 без соавторов), 6 в изданиях, индексируемых в базе Scopus, 3 в прочих рецензируемых журналах, 14 в сборниках трудов и тезисах конференций, а также 2 патента РФ на изобретение.

Основные результаты диссертационного исследования в полном объеме отражены в **публикациях автора**:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Особенности использования алгоритмов оптимизации для персонализации геометрических и биомеханических параметров модели роговицы / Лэ Ван Хоанг // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Математика. Механика. Информатика. — 2026 — Т. 26, вып. 1. С. 56–67. (Данная работа выполнена автором диссертации лично без соавторов, личный вклад 100%).

2. Идентификация параметров модели роговицы с кератоконусом при численно-экспериментальном исследовании ее геометрии и механического поведения / Е.Г. Солодкова, Б.Э. Малюгин, И.Н. Захаров, Ван Хоанг Лэ, В.П. Фокин, С.В. Балалин, Е.В. Лобанов // Российский журнал биомеханики. — 2023. — Т. 27, № 3. — С. 67-80. (личный вклад 45%)

3. Разработка комплекса математических моделей биомеханических параметров роговицы с диагностированным кератоконусом до и после лечения кросслинкингом роговичного коллагена / Е.Г. Солодкова, Б.Е. Малыгин, И.Н. Захаров, В.П. Багмутов, В.П. Фокин, С.В. Балалин, Е.В. Лобанов, Ван Хоанг Лэ // Российский журнал биомеханики. — 2022. — Т. 26, № 3. — С. 10–28. (личный вклад 45%)

Публикации, цитируемые в наукометрической системе Scopus:

4. Analysis of Corneal Biomechanical Properties in Different Keratotopographic Patterns of Keratoconus / Е.Г. Солодкова, Б.Э. Малыгин, И.Н. Захаров, Ван Хоанг Лэ, С.В. Балалин, Е.В. Лобанов, А.С. Балалин // Journal of Current Ophthalmology. — 2023. — Vol. 35, Issue 3. — P. 249-258. (личный вклад 30%)

5. Анализ результатов модифицированной персонализированной топографически и томографически ориентированной методики ультрафиолетового кросслинкинга роговичного коллагена / Е.Г. Солодкова и др. // Вестник офтальмологии. — 2023. — № 3 (139). — С. 5-14. (личный вклад 25%)

6. Опыт применения математического моделирования для прогноза результата лечения прогрессирующего кератоконуса / Е.Г. Солодкова и др. // Офтальмохирургия. — 2024. — № 3 (141). — С. 61–73. (личный вклад 25%)

7. Оптимизированный подход к имплантации роговичных сегментов на основе математического моделирования / Солодкова Е.Г., Измайлова С.Б., Захаров И.Н., Лэ В.Х. и др. // Клиническая офтальмология. — 2025 — № 25 (спецвыпуск). — С. 7–18. (личный вклад 25%)

8. Modeling Biomechanics of the Corneal Column with Keratoconus During Implantation of Intrastromal Segments / I.N. Zakharov, E.G. Solodkova, S.V. Balalin, V.H. Le, E.V. Lobanov // Mechanics of Solids. — 2025. № 5. (личный вклад 45%)

9. Отдаленные результаты имплантации интрастромальных сегментов при использовании математической биомеханической модели роговицы / Е. Г. Солодкова, И. Н. Захаров, С. Б. Измайлова, С. В. Балалин, Е. В. Лобанов, В. А. Сиволобов, В. Х. Лэ // Офтальмохирургия. — 2026. — № S2(150). — С. 119–134. (личный вклад 25%)

Публикации, в других рецензируемых журналах (RSCI, РИНЦ):

10. Разработка персонализированной конечно-элементной модели роговицы для прогнозирования результатов имплантации интрастромальных сегментов при кератоконусе / И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова, С.В. Балалин, Ван Хоанг Лэ, Е.В. Лобанов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. — 2025. — № 2 (64). — С. 221–245. (личный вклад 45%)

11. Анализ биомеханических свойств роговицы при различных кератотопографических паттернах кератоконуса / Е.Г. Солодкова, Б.Э. Малыгин, И.Н. Захаров, Ван Хоанг Лэ, С.В. Балалин, Е.В. Лобанов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2024. — Т. 21, № 2. — С. 79–86. (личный вклад 25%)

12. Возможности гистологического исследования в изучении достаточности насыщения роговицы раствором рибофлавина при проведении

частичной дезпителлизации / Е.Г. Солодкова, С.Б. Измайлова, И.Н. Захаров, В.П. Фокин, С.В. Балалин, В.Л. Загребин, Е.В. Лобанов, Ван Хоанг Лэ // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2024. — Т. 21, № 4. — С. 56–62. (личный вклад 10%)

Публикации в сборниках трудов и тезисы конференций:

13. Компьютерное моделирование биомеханических свойств и поведения роговицы для персонализированного планирования хирургического лечения кератэктазий / И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова, Ван Хоанг Лэ // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : сб. тез. докл. XIX Всерос. школы (пос. Дивноморское, 26–30 мая 2025 г.) / редкол.: А. О. Ватульян [и др.] ; Южный федеральный университет, Донской гос. технический университет. — Ростов-на-Дону, 2025. — С. 39. (личный вклад 45%)

14. Лэ, Ван Хоанг Оптимизационные алгоритмы для биомеханического моделирования роговицы в диагностике кератоконуса / Ван Хоанг Лэ, И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : сб. тез. докл. XIX Всерос. школы (пос. Дивноморское, 26–30 мая 2025 г.) / редкол.: А. О. Ватульян [и др.] ; Южный федеральный университет, Донской гос. технический университет. — Ростов-на-Дону, 2025. — С. 72. (личный вклад 75%)

15. Лэ, Ван Хоанг Применение оптимизационных алгоритмов при определении начальной формы роговицы с кератоконусом / Ван Хоанг Лэ, И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2025 : сб. ст. Всерос. Школы-семинара (г. Саратов, 18 ноября 2025 г.) / под ред. Ан. В. Скрипаля ; Саратовский национальный исследовательский гос. университет им. Н. Г. Чернышевского. — Саратов, 2025. — С. 103–106. (личный вклад 75%)

16. Лэ, Ван Хоанг Применение алгоритмов оптимизации при определении параметров материала роговицы с кератоконусом / Ван Хоанг Лэ, И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2024 : сб. ст. Всерос. Школы-семинара (г. Саратов, 20 ноября 2024 г.) / редкол.: Ан. В. Скрипаль (отв. ред.) [и др.] ; Саратовский национальный исследовательский гос. университет им. Н. Г. Чернышевского. — Саратов, 2024. — С. 134–137. (личный вклад 75%)

17. Лэ, Ван Хоанг Применение алгоритмов оптимизации при разработке конечно—элементной модели роговицы для диагностики кератоконуса и прогнозирования результатов лечения / Ван Хоанг Лэ // XXIX Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области (г. Волгоград, 16 сентября – 15 ноября 2024 г.) : сб. материалов конф. / редкол.:

С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.] ; ВолгГТУ [и др.]. — Волгоград, 2024. — С. 118–119. (личный вклад 100%)

18. Лэ, Ван Хоанг Применение полиномов Цернике для построения пациентоориентированных моделей роговицы при диагностике кератоконуса и прогнозе результатов операции кросслинкинга / Ван Хоанг Лэ, И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : сб. тез. докл. XVIII Всерос. школы (пос. Дивноморское, 27–31 мая 2024 г.) / редкол.: А. О. Ватульян [и др.] ; Южный федеральный университет, Донской гос. технический университет. — Ростов-на-Дону, 2024. — С. 64. (личный вклад 75%)

19. Лэ, Ван Хоанг Применение полиномов Цернике при построении геометрически персонализированных компьютерных моделей роговицы с кератоконусом / Ван Хоанг Лэ, И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине — 2023 : сб. ст. Всерос. Школы-семинара / под ред. Ан. В. Скрипаля ; Саратовский нац. исслед. гос. университет им. Н. Г. Чернышевского. — Саратов, 2023. — С. 152–155. (личный вклад 75%)

20. Компьютерное моделирование биомеханического поведения и регуляризации формы роговицы с кератоконусом в процессе операции и после имплантации интрастромального сегмента / И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова, Ван Хоанг Лэ // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : сб. тез. докл. XVIII Всерос. школы (пос. Дивноморское, 27–31 мая 2024 г.) / редкол.: А. О. Ватульян [и др.] ; Южный федеральный университет, Донской гос. технический университет. — Ростов-на-Дону, 2024. — С. 35. (личный вклад 45%)

21. Компьютерное моделирование механического поведения роговицы при коррекции кератоконуса внедрением гибкого импланта / И.Н. Захаров, В.П. Багмутов, Е.Г. Солодкова, Ван Хоанг Лэ // Современные проблемы механики сплошной среды : тез. докл. XXI Междунар. конф. (г. Ростов-на-Дону, 11–13 октября 2023 г.) / редкол.: А. О. Ватульян [и др.] ; Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН, Южный федеральный университет, Донской гос. технический университет [и др.]. — Ростов-на-Дону ; Таганрог, 2023. — С. 44. (личный вклад 45%)

22. Компьютерное моделирование механического поведения роговицы с кератоконусом в ходе диагностики и лечения / Е.Г. Солодкова, И.Н. Захаров, Ван Хоанг Лэ, В.В. Баринов // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : тез. докл. XVII Всерос. школы (пос. Дивноморское, 28 мая – 1 июня 2023 г.) / Южный федеральный университет, Донской государственный технический университет. — Ростов-на-Дону ; Таганрог, 2023. — С. 41. (личный вклад 45%)

23. Некоторые обратные задачи по определению биомеханических свойств роговицы глаза при конечно-элементном моделировании патологий типа кератоконуса / И.Н. Захаров, Ван Хоанг Лэ, В.В. Баринов // Краевые задачи и математическое моделирование : тематич. сб. науч. ст. / под общ. ред. Е. А. Вячкиной ; Кузбасский гуманитарно-педагогический институт ФГБОУ ВО «Кемеровский гос. университет» [и др.]. — Новокузнецк, 2023. — С. 38–44. (личный вклад 45%)

24. Прямые и обратные задачи биомеханики роговицы с кератоконусом при компьютерном моделировании ее механического поведения при диагностике и лечении / И.Н. Захаров, Е.Г. Солодкова, Ван Хоанг Лэ // Материалы XXIII международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2023) (пос. Дивноморское, Краснодарский край, 4–10 сентября 2023 г.) / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) [и др.]. — Москва, 2023. — С. 489–491. (личный вклад 45%)

25. Лэ, Ван Хоанг Разработка конечно-элементной модели напряженно-деформированного состояния и биомеханических свойств роговицы для диагностики кератоконуса / Ван Хоанг Лэ, В.В. Баринов // XVI Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых : материалы Всерос. науч. конф. (г. Вологда, 29 ноября 2022 г.). В 3 т. Т. 1 / гл. ред.: М. М. Караганова ; Вологодский государственный университет. — Вологда, 2023. — С. 551–554. (личный вклад 85%)

26. Конечно-элементная модель напряженно-деформированного состояния роговицы с кератоконусом при внешних воздействиях в ходе диагностики и лечения / И.Н. Захаров, В.П. Багмутов, Е.Г. Солодкова, Ван Хоанг Лэ // Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в металлургии и машиностроении : материалы VI Дальневосточной конф. с междунар. участием (г. Комсомольск-на-Амуре, 5–7 октября 2022 г.) / редкол.: А. И. Евстигнеев (отв. ред) [и др.] / Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет». — Комсомольск-на-Амуре, 2022. — С. 89–90. (личный вклад 45%)

Патенты:

27. Пат. 2856680 Российская Федерация, МПК А61F 9/007 [и др.]. Способ лечения прогрессирующего кератоконуса / Е.Г. Солодкова, И.Н. Захаров, Ван Хоанг Лэ, С.В. Балалин, Е.В. Лобанов; ФГБОУ ВО ВолГТУ. — 2026. (личный вклад 20%)

28. Пат. 2856689 Российская Федерация, МПК А61F 9/007 [и др.]. Способ лечения прогрессирующего кератоконуса / Е.Г. Солодкова, И.Н. Захаров, Ван Хоанг Лэ, С.В. Балалин, Е.В. Лобанов; ФГБОУ ВО ВолГТУ. — 2026. (личный вклад 20%)

Выполненная Лэ Ван Хоангом диссертационная работа полностью соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г.

Диссертационная работа представляет собой оригинальное исследование с корректным указанием ссылок на источники заимствования используемых научных и экспериментальных материалов. Автор работы корректно ссылается как на научные работы, выполненные им лично, так и в соавторстве.

Диссертация «Биомеханическое моделирование роговицы при кератоконусе, персонализированные цифровые модели и оптимизация хирургического лечения» Лэ Ван Хоанга рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.10 — «Биомеханика и биоинженерия».

Присутствовало на заседании 12 человек, из них 6 докторов наук и 6 кандидатов наук. Результаты открытого голосования: «за» — 12 чел., «против» — нет, «воздержалось» — нет (протокол № 10 от 15.06.2026 г.).

Председатель заседания

профессор кафедры «Сопротивление материалов»

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
д.т.н., профессор  / Савкин Алексей Николаевич /

Секретарь

доцент кафедры «Сопротивление материалов»

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
к.т.н., доцент  / Седов Александр Александрович /



Савкина А.Н., Седов А.А.
СОВЕРЯЮ 16.06.2026
 Научного отдела  *Алексеева Т.А.*
 (подпись)