

"УТВЕРЖДАЮ"

Первый проректор-  
проректор по научной работе РУДН  
доктор медицинских наук, профессор, член-корр. РАН

А.А. Костин

25.02.2026



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) на основании решения, принятого на заседании кафедры технологий строительства и конструкционных материалов инженерной академии

Диссертация «Оптимизация формы тонких оболочек по критерию упругой энергии деформирования» выполнена на кафедре технологий строительства и конструкционных материалов инженерной академии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН).

Ермакова Евгения Владимировна 03.02.1995 года рождения, гражданка России, в 2020 году окончила с отличием магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 08.04.01 «Строительство», специализация «Архитектура, геометрия и расчёт большепролётных пространственных структур».

С 2020 по 2024 г. (приказ от 26.08.2020 № 1156/А) обучалась в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению, соответствующему научной специальности 2.1.9. *Строительная механика*, по которой подготовлена диссертация.

В период подготовки диссертации являлась ассистентом кафедры технологий строительства и конструкционных материалов инженерной академии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (основное место работы), где и работает по настоящее время.

Документ о сдаче кандидатских экзаменов выдан в 2024 году в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Научный руководитель – Рынковская Марина Игоревна, к.т.н., доцент, доцент кафедры технологий строительства и конструкционных материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Тема диссертации в окончательной редакции утверждена на заседании ученого совета инженерной академии РУДН 04.09.2025, протокол № 2022-08/01.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

**Оценка выполненной соискателем работы.** Диссертация Ермаковой Евгении Владимировны является завершённым научным исследованием, выполненным на высоком профессиональном уровне и по актуальной тематике.

**Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в:** обосновании актуальности темы исследования; разработке методики по проведению оптимизации формы и основанного на ней алгоритма; получении практических рекомендаций по использованию максимального перемещения и радиуса фильтра в процессе оптимизации формы оболочек и применении критерия энергии упругой деформации.

**Степень достоверности результатов проведенных исследований** обеспечивается корректным использованием общепринятых положений строительной механики, теории оптимизации и её методов, а также предпосылок расчета, основанных на анализе теоретических и практических исследований в области оптимизации формы. Также достоверность полученных результатов подтверждается справкой о внедрении материала диссертации в производство, рядом научных статей и научными конференциями: International Conference on Engineering Research (Москва, 2021 г.); WCCM-ARCOM (Япония, 2022 г.); VIII Международный симпозиум Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений (Тамбов, 2023 г.); Italian Workshop on Shell and Spatial Structures - IWSS (Италия, 2023 г.); V Всероссийская научно-практическая конференция «Проектирование и расчёт строительных конструкций и оснований» (Санкт-Петербург, 2023 г.); LXXVII Международная научно-практическая конференция «Архитектура. Строительство. Транспорт. Экономика» (Санкт-Петербург, 2023 г.); IX Международный симпозиум Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений (Пенза, 2025 г.); Международная научная конференция «Актуальные вопросы строительства. Надежность строительных конструкций. Энергосбережение. Экологическая безопасность. Искусственный интеллект» (Москва, 2025 г.); Всероссийская конференция с международным участием «Технологии промышленного и гражданского строительства» (Москва, 2025 г.).

**Новизна результатов проведенных исследований.** Впервые разработана методика проведения оптимизации формы с использованием градиентного подхода в сочетании с параметрическим по критерию энергии упругой деформации с дополнительными параметрами максимального перемещения и радиуса фильтра. Показано, что при проведении оптимизации формы по энергетическому критерию возможно значительно увеличить коэффициент безопасности конструкции и уменьшить её вес, что приводит к экономии материальных ресурсов.

**Практическая значимость проведенных исследований** заключается в получении научно-обоснованных результатов прочностного и оптимизационного расчёта формы оболочек по критерию энергии упругой деформации с использованием определяющих их параметров и трёх градиентных методов IPOPT, SNOPT, MMA, а также в разработке специальной методики по проведению оптимизации формы с рекомендациями по подбору значений варьируемых параметров максимального перемещения и радиуса фильтра. Предложен подход для уменьшения собственного веса и увеличения коэффициента безопасности по энергетическому критерию для сферической оболочки. Результаты диссертационной работы были использованы ООО «ИнтерСтрой Проект» при расчете и проектировании купола православного храма в честь иконы Божьей Матери «Отрада и Утешение».

**Ценность научных работ соискателя** заключается в получении новых данных об оптимальной форме оболочек по критерию энергии упругой деформации, а именно:

1. Показано, что при гидростатическом нагружении угол раствора по энергетическому критерию превышает угол раствора по критерию минимума веса.
2. Разработана методика выбора оптимальной формы оболочек параметрическим методом по критерию энергии упругой деформации с учетом меридиональных и круговых усилий в цилиндрических координатах.
3. Обосновано применение критерия энергии упругой деформации к задачам уменьшения веса и повышения коэффициента безопасности оболочки, а также к оптимизации формы сферической и геликоидальных оболочек с использованием трех градиентных методов.
4. Показано, что при проведении оптимизации формы сферической и геликоидальных оболочек наиболее эффективным по сходимости методом является метод внутренней точки по сравнению с методами SNOPT и MMA.

5. Разработана новая методика проведения оптимизации формы градиентными методами в сочетании с параметрическим подходом по критерию энергии упругой деформации с дополнительными параметрами максимального перемещения и радиуса фильтра.
6. Определены оптимальные границы и представлены рекомендации по выбору значений максимального перемещения и радиуса фильтра при проведении оптимизации формы сферических и геликоидальных оболочек с разработкой формул для подбора оптимальных параметров максимального перемещения и радиуса фильтра.
7. Разработан алгоритм оптимизационного расчета формы сферической оболочки и геликоидальной на ЭВМ по критерию энергии упругой деформации с оптимальными границами значений максимального перемещения и радиуса фильтра.

**Соответствие пунктам паспорта научной специальности.**

Диссертация Ермаковой Евгении Владимировны «Оптимизация формы тонких оболочек по критерию энергии упругого деформирования» по своему содержанию, предмету и методам исследования соответствует специальности 2.1.9. *Строительная механика* и следующему пункту Паспорта специальности: п.5 «Теория и методы оптимизации конструкций зданий и сооружений».

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.** По теме диссертационного исследования за последние пять лет опубликовано 9 научных работ в научных журналах и сборниках трудов конференций, а также в одном свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ.

***Публикации в изданиях, включенных в Перечень РУДН/ВАК:***

1. Ермакова, Е.В. Современные возможности программного обеспечения для оптимизации формы оболочек / Е.В. Ермакова, М.И. Рынковская // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. – 2023. – Т. 19. – № 2. – С. 220-232.

2. Ермакова, Е.В. Влияние радиуса фильтра на оптимизацию формы оболочки / Е.В. Ермакова, М.И. Рынковская // *Вестник гражданских инженеров*. – 2024. – Т. 4. – № 105. – С. 23-34.

***Публикации в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus, Web of Science:***

3. Ermakova, E.V. The use of shells in the architecture of the concert halls / E.V. Ermakova, M.I. Rynkovskaya // *Curved and Layered Structures*. – 2021. – Vol.8. – Pp. 61-69.

4. Ermakova, E. Shape Optimization of a Shell in Comsol Multiphysics / E. Ermakova, T. Elberdov, M. Rynkovskaya // Computation. – 2022. – Vol.10. – P. 54.

5. Ermakova, E. Modern software capabilities for shape optimization of shells / M. Rynkovskaya, E. Ermakova // Vietnam Journal of Science and Technology. – 2024. – Vol.62. – Pp. 184-194.

6. Ermakova, E. Shape optimization of the cylindrical shell with three types of directrix curves / E. Ermakova, M. Rynkovskaya // Structures. – 2024. – Vol. 64. – P. 10.

#### ***Публикации в сборниках трудов конференций (Scopus):***

7. Ermakova, E., Rynkovskaya, M. Using Shape Optimization Settings in Comsol Multiphysics for Efficient Structural Design of Shells / E. Ermakova, M. Rynkovskaya // Shell and Spatial Structures. IWSS 2023. Lecture Notes in Civil Engineering. – 2023. – Pp. 427-435.

8. Ermakova, E.V. Gridshell Structures in Moscow: A Review of Design, Construction, and Applications / L.N. Somarriba Sokolova, E.V. Ermakova // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 457. – P. 11.

#### ***Публикации в сборниках трудов конференций:***

9. Ермакова, Е.В. Оптимизация формы оболочек в Comsol Multiphysics / Е.В. Ермакова, М.И. Рынковская // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума / ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов, Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2023. – 436 с.

#### ***Публикации, опубликованные ранее пятилетнего периода***

10. Ермакова, Е.В. Формирование пластики оболочек в концертном зале / Е.В. Ермакова, М.И. Рынковская // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 3. – № 49. – С. 53-61.

11. Ermakova, E.V. Helical surfaces and their application in engineering design / L.N. Somarriba Sokolova, David Leonardo Rodriguez Infante, Jean Paul Vladimir, E.V. Ermakova // IJAST. – 2020. Vol.29(2). – Pp. 1839-1846.

#### ***Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:***

12. Ермакова Е.В. Оптимизация формы сферы по критерию энергии упругой деформации с использованием варьируемых параметров / Е.В. Ермакова // Свидетельство о государственной регистрации ЭВМ №2025693323. – 27.11.2025.

### *Участие в международных конференциях:*

1. 20-22 октября 2021 г. International Conference on Engineering Research, Российский университет дружбы народов (РУДН), г. Москва (докладчик).
2. 31 июля-5 августа 2022 г. WCCM-APCOM, г. Иокогама, Япония (докладчик).
3. 17-21 мая 2023 г. VIII Международный симпозиум Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов (докладчик).
4. 26-28 июня 2023 г. Italian Workshop on Shell and Spatial Structures – IWSS, г. Турин, Италия (докладчик).
5. 18-22 сентября 2023 г. International Scientific and Practical Symposium «The Future of the Construction industry: Challenges and Development Prospects» (FCI-2023), Московский государственный строительный университет (МГСУ), г. Москва (докладчик).
6. 22-23 ноября 2023 г. LXXVII Международная научно-практическая конференция «Архитектура. Строительство. Транспорт. Экономика», г. Санкт-Петербург (докладчик).
7. 1 декабря 2023. V Всероссийская научно-практическая конференция «Проектирование и расчёт строительных конструкций и оснований», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург (докладчик).
8. 21-24 мая 2025. IX Международный симпозиум Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС), г. Пенза (докладчик).
9. 1-3 июля 2025. Международная научная конференция «Актуальные вопросы строительства. Надежность строительных конструкций. Энергосбережение. Экологическая безопасность. Искусственный интеллект», Московский государственный строительный университет (МГСУ), г. Москва (докладчик).
10. 8-9 октября 2025. Всероссийская конференция с международным участием «Технологии промышленного и гражданского строительства», Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва (докладчик).

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Диссертационная работа Ермаковой Евгении Владимировны рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. *Строительная механика*.

Заключение принято на заседании кафедры технологий строительства и конструкционных материалов инженерной академии РУДН им. Патриса Лумумбы 19.02.2026., протокол №2022-10-04/05.

Присутствовало на заседании 33 чел.

Результаты голосования: «за» – 33 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Председательствующий на заседании:  
заведующий кафедрой технологий и  
конструкционных материалов  
инженерной академии РУДН  
доктор технических наук, профессор

  
Языев С.Б.

Подпись Языева С.Б. удостоверяю.

Ученый секретарь ученого совета  
инженерной академии РУДН

  
Самусенко О.Е.

