

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ермаковой Евгении Владимировны «ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК ПО КРИТЕРИЮ УПРУГОЙ ЭНЕРГИИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ»,

представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Диссертационное исследование Ермаковой Е.В. посвящено актуальной проблеме оптимизации формы тонких оболочек по определенному критерию. Энергия упругой деформации рассматривается как ключевой критерий при проектировании, позволяющий обеспечивать оптимальное сочетание показателей прочности, надежности и эффективности конструкций.

В ходе исследования Ермакова Е.В. обосновала использование критерия энергии упругой деформации при проведении оптимизации, а также показала, что с помощью данного критерия возможно значительно увеличить коэффициент безопасности конструкции и уменьшить её вес, что весьма существенно в экономическом аспекте. Также особое внимание было уделено исследованию влияния геометрических параметров, формирующих оптимальную форму арок, поверхностей вращения, на результат оптимизации формы.

Целью диссертационной работы является разработка методики оптимизации формы оболочек по критерию энергии упругой деформации на основе соединения параметрического и градиентного подхода. Необходимо отметить, что предложенная автором методика детально проработана, содержит в себе рекомендации по выбору оптимальных значений варьируемых параметров, а также алгоритм автоматизации расчета оптимизации формы на ЭВМ. Подтверждение использования методики в практической сфере повышает значимость проведенного исследования.

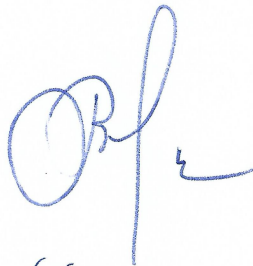
Замечаний по автореферату не имею, но в качестве вопроса хотелось бы узнать следующее:

Насколько широким, по мнению автора, предполагается внедрение разработанной методики в современное производство?

Диссертационная работа Ермаковой Е.В. представляет собой актуальное и значимое исследование, направленное на разработку новых подходов к оптимизации формы тонких оболочек с применением геометрических и варьируемых параметров максимального перемещения и радиуса фильтра. Полученные результаты свидетельствуют о возможности повышения прочностных, эксплуатационных, экономических и эстетических свойств конструкций через внедрение энергетического подхода.

В целом, диссертационное исследование Ермаковой Е.В. «Оптимизация формы тонких оболочек по критерию упругой энергии деформирования» является самостоятельным научным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, и отвечает критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН (протокол № УС-1 от 22.01.2024г.), а её автор, Ермакова Евгения Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Член-корреспондент РААСН,
профессор кафедры «Строительная и теоретическая механика»,
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет»,
доктор технических наук (05.23.17), профессор



Мондрус В.Л.

Подпись д.т.н., проф. Мондруса В.Л. заверяю

06.05.2026



Т. Н. Муртеева
начальник
управления по
работе с персоналом

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации Ермаковой Евгении Владимировны
«ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК ПО КРИТЕРИЮ УПРУГОЙ
ЭНЕРГИИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ»,

представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Диссертационное исследование Ермаковой Е.В. посвящено актуальному вопросу поиска оптимальной формы тонкостенных оболочечных конструкций. В качестве основного фактора при проектировании рассматривается энергия упругой деформации, поскольку данный критерий напрямую связан с энергоемкостью материала и способностью конструкции эффективно сопротивляться нагрузкам, что позволяет достичь оптимального соотношения между прочностью, надежностью и архитектурной формой.

Новизна диссертационной работы заключается в разработке методики поиска оптимальных форм оболочек по определяющим их срединную поверхность параметрам по критерию энергии упругой деформации, обосновано применение этого критерия. Также определены оптимальные границы и представлены рекомендации по выбору значений максимального перемещения и радиуса фильтра для отдельных классов задач.

К работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. В работе предложенные автором решения обозначены как методики, однако лучше было бы сформулировать их как метод.

2. Формулировка объекта исследования: лучше было бы «процесс определения...»

3. Положение № 2, выносимое на защиту: практическое применение не может являться положением, так как сами по себе расчеты не являются элементами научной новизны.

4. Подписи на рисунках в автореферате (особенно рис. 4, 7, 9) сложно прочитать.

5. На стр. 13 автореферата заявлено, что «наименьшее количество итераций для проведения оптимизационного процесса потребовалось методу внутренней точки ПРОПТ». Однако это не говорит о том, что этот метод позволяет получить решение быстрее. В зависимости от метода, одна итерация может занимать разное количество времени и вычислительных ресурсов.

6. На стр. 13 сказано, что d_{\max} составляет 5 % от ограничивающего параллелепипеда $V_{\text{Вох}}$. Но не сказано, от чего именно? От его линейного размера? Какого именно? Максимального, минимального? Или от чего-то другого?

7. На стр. 15 указаны этапы алгоритма, которые сформулированы как инструкция к ПО, но не как научный результат. Например: «Начало подготовительного процесса перед оптимизацией формы», «Переход в настройку...» и т.д.

8. На стр. 16 указываются конкретные значения максимального смещения и радиуса фильтра, вычисленные в метрах, для решения конкретных задач. Однако предварительно не описаны решаемые задачи – закрепление контура, прикладываемая нагрузка, параметры материала, геометрические параметры. Часть этих данных можно найти далее по тексту, но информация очень разрозненная и затрудняет интерпретацию результатов.

9. На стр. 20, заключение: фраза «блок-схема реализации математической модели в программе» кажется не совсем удачной. Обычно результатом является блок-схема алгоритма расчета в программе.

Данные замечания не снижают общей научной и практической ценности проведенного исследования.

Считаю, что диссертационная работа Ермаковой Е.В. «Оптимизация формы тонких оболочек по критерию упругой энергии деформирования» является самостоятельным научным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН (протокол № УС-1 от 22.01.2024г.); а её автор, Ермакова Евгения Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Профессор кафедры «Технологий информационного
и математического моделирования»
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»,
доктор технических наук
(2.1.9. Строительная механика), доцент



Семенов Алексей Александрович

05.05.2026

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,
190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д.4
Телефон: +7 (812) 575-05-49
e-mail: swsemenov@lan.spbgasu.ru



Подпись	<i>Семенов А.А.</i>
ЗАБЕРЯЮ	
Инициалы	<i>АА</i>
СПБГАСУ	
« 05 »	05 2026 г.

ОТЗЫВ

на автореферат и диссертацию Ермаковой Евгении Владимировны «ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК ПО КРИТЕРИЮ УПРУГОЙ ЭНЕРГИИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ»,

представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Диссертационная работа Ермаковой Е.В. посвящена исследованию актуальной научно-технической проблемы, заключающейся в поиске оптимальных форм конструкций типа оболочек. Особое внимание уделяется применению критерия энергии упругой деформации как фундаментального основания для достижения рациональных и экономически эффективных проектных решений. Минимизация материалоемкости и энергоемкости при одновременном обеспечении заданных показателей прочности и жесткости рассматривается как ключевая цель данного подхода. В работе рассматриваются важные задачи минимизации веса и увеличения резерва безопасности конструкции.

В рамках исследования была разработана комплексная методика, представляющая собой объединение параметрического и градиентного подходов. Данная методика направлена на определение оптимальной геометрической формы конструкций с учетом заданного энергетического критерия с использованием дополнительных параметров максимального перемещения и радиуса фильтра.

Отдельная часть работы посвящена сравнительному анализу эффективности применения трех градиентных методов оптимизации, а именно IPOPT, SNOPT и MMA, которые получили широкое распространение в современных инженерных расчетах. В рамках исследования определен наиболее эффективный метод для достижения оптимального решения в контексте рассматриваемой задачи.

Представляет большой интерес совмещение энергетического подхода с дополнительным подбором варьируемых параметров максимального перемещения и радиуса фильтра в целях повышения ресурса сопротивлению разрушению. В работе наглядно продемонстрировано значительное влияние данных параметров на конечный результат оптимизации.

Заслуживает особого внимания глубина проработки и систематизация рекомендаций по выбору оптимальных значений параметров максимального перемещения и радиуса фильтра. Данные рекомендации включают в себя: блок-схему реализации разработанной математической модели в среде компьютерного моделирования; алгоритм расчета оптимизации формы на базе электронно-вычислительной техники (ЭВМ); набор разработанных аналитических формул, предназначенных для подбора оптимальных значений указанных параметров применительно к конструкциям типа сферы и геликоида.

Результаты работы демонстрируют высокую теоретическую и практическую актуальность, что верифицируется объемом опубликованных работ, активным участием в научных мероприятиях и успешной апробацией полученных решений на практике.

К работе имеются следующие замечания и вопросы, которые не снижают её научной и практической значимости, но требуют дополнительного уточнения:

1. На странице 47 диссертации сказано, что арка испытывает лишь круговые усилия $N(\varphi)$ с нормальным напряжением $\sigma(\varphi)$, что не соответствует постановке задачи в расчетной схеме на рисунке 2.3, где приложена равномерная нагрузка q , вызывающая не только сжатие, но и изгиб (что изложено в любом учебнике по строительной механике). Автору в своей

методике следовало бы учесть сжимающие напряжения не только сжатия, но и изгиба, либо приложить нагрузку по нормали к круговой оси, либо рассмотреть параболическое очертание арки, соответствующей «безмоментной» работе

2. В подходе, описываемом в параграфе 2.4.1. (рис.2.3) нигде не указано, как выбирается точка O_1 и, соответственно, главный начальный радиус r . Визуально на рисунке непохоже и по тексту не подтверждено, что эта точка – центр окружности (в общем случае – центр кривизны). При выборе различных положений этой точки величины интегралов будут абсолютно разные. Автору следует больше обращать внимание на точность повествования при подготовке научных работ.
3. Арка является элементом механики стержневых систем, а не оболочечных, и поэтому формально интеграл накопления энергии (2.40) к такой стержневой системе не применим. Автору следовало бы перейти к интегралу по площади под контуром арки, либо рассматривать цилиндрические оболочки.
4. Монотонное уменьшение функции энергии (2.46) следовало бы проиллюстрировать графиком. Монотонность уменьшения энергии формально не доказана.
5. На стр.52 вывод о том, что оптимальная форма арки становится ближе к полукруглой
 - а) некорректно сформулирован, т.к. «абсолютной» оптимальности не существует, всегда необходимо указывать по какому критерию;
 - б) неточен, т.к. по результатам исследования следовало бы указать количественную величину расхождения «оптимальных» углов по двум критериям.

В целом, замечания 1-5 применимы и к другим (пространственным) задачам, которые автор решает в диссертации.

6. Формулы (4.1) и (4.2) противоречат друг другу: во-первых, одна и та же величина описывается схожими формулами, отличающиеся друг от друга в 20 раз; во-вторых, неясно почему переход в проценты абсолютной величины происходит через умножение на коэффициент 0,05 непонятной размерности. Автору следует более строго подходить к описанию математических формул, параметров и зависимостей.
7. Несмотря на большое количество решенных автором задач, в тексте диссертации и автореферата недостаточно ясно и подробно описана суть практической значимости проделанного научного исследования. В частности, следовало бы в текст работы включить постановку и решение задачи расчета купола православного храма в честь иконы Божьей Матери «Отрада и Утешение», не ограничиваясь только актом о внедрении.

По актуальности, научной новизне и практической значимости, а также по структуре, содержанию и оформлению диссертационное исследование Ермаковой Е.В. «Оптимизация формы тонких оболочек по критерию упругой энергии деформирования» является самостоятельным научным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук и отвечает требованиям, предъявляемым соответствующими нормативными актами п.п. 9 и 14 Положения о присуждении учёных степеней ВАК РФ, утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от «24» сентября 2013 года № 842 (в действующей редакции), а также критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном

учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН (протокол № УС-1 от 22.01.2024г.), а её автор, Ермакова Евгения Владимировна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Доктор технических наук,
специальность 2.1.9. Строительная механика,
доцент,

Некоммерческая организация «Фонд-
региональный оператор капитального ремонта
общего имущества в многоквартирных домах»,
главный специалист

отдела подготовки капитального ремонта №2

тел.: +7(812) 703 57 30

эл.почта: vrybakov@fkr-spb.ru

Рыбаков Владимир Александрович

**СТАРШИЙ
СПЕЦИАЛИСТ
ПО КАДРАМ ОРГАНИЗАЦИИ**



Подпись Рыбакова В.А. удостоверяю _____

« 07 » мая 2026г

Сведения об организации: Некоммерческая организация «Фонд-региональный оператор капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах»
Адрес: 191023, Россия, Санкт-Петербург, площадь Островского, д.11

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ермаковой Евгении Владимировны
**«ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК ПО КРИТЕРИЮ УПРУГОЙ
ЭНЕРГИИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ»**,
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.1.9. Строительная механика

Диссертация Ермаковой Е.В. посвящена актуальной теме, связанной с оптимальным проектированием конструкций типа оболочек по критерию энергии упругой деформации. Применение критерия энергии упругой деформации при оптимизации является важной задачей, поскольку позволяет достичь наиболее эффективных и рациональных решений, минимизируя затраты материала и энергии при обеспечении требуемой прочности и жесткости конструкции.

Проведена большая работа по созданию методики, основанной на соединении параметрического и градиентного подхода, для поиска оптимальной формы по энергетическому критерию.

В процессе исследования проведена оптимизация формы оболочек тремя градиентными методами IPOPT, SNOPT и MMA, которые в настоящее время активно используются в оптимизационных задачах. Выполнено сравнение методов друг с другом и найден наиболее эффективный метод поиска оптимального решения.

Представляет большой интерес совмещение энергетического подхода с дополнительным подбором варьируемых параметров максимального перемещения и радиуса фильтра в целях повышения ресурса сопротивлению разрушению. В работе наглядно продемонстрировано значительное влияние данных параметров на конечный результат оптимизации.

Стоит отметить глубину проработки рекомендаций по выбору оптимальных значений параметров максимального перемещения и радиуса фильтра, которые включают блок-схему реализации математической модели на компьютере, алгоритм расчета оптимизации формы на ЭВМ, а также разработанные формулы по подбору оптимальных значений для сферы и геликоида.

Результаты работы демонстрируют высокую теоретическую и практическую актуальность, что верифицируется объемом опубликованных работ, активным участием в научных мероприятиях и успешной апробацией полученных решений на практике.

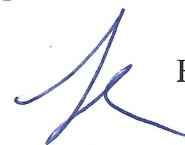
К работе имеется следующее замечание, которое не снижает её научной и практической значимости, но требует дополнительного уточнения:

Решение задач оптимизации по энергетическому критерию автор выполнял с использованием методов IPOPT, SNOPT и MMA. Для весовой оптимизации стержневых и

пластинчатых систем широко используется метод проекции градиента. В автореферате отсутствует обоснование исключения этого метода из набора вычислительных алгоритмов для оптимизация формы оболочек.

В целом, диссертационное исследование Ермаковой Е.В. «Оптимизация формы тонких оболочек по критерию упругой энергии деформирования» является самостоятельным научным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук и отвечает критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН (протокол № УС-1 от 22.01.2024г.), а её автор, Ермакова Евгения Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования»,
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»,
кандидат технических наук (05.23.17), доцент



Нестеров И.В.

Подпись к.т.н., доц. Нестерова И.В. заверяю



ЧАЛЬНИК УПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА
Е.А. ЯМЩИКОВА

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

Адрес: 127055, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д.9, стр.9

Тел.: +7 (495) 274-02-74 доб. 3701

E-mail: info@rut-miit.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ермаковой Евгении Владимировны
**«ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК ПО КРИТЕРИЮ УПРУГОЙ
ЭНЕРГИИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ»**,
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.1.9. Строительная механика

В диссертационной работе Ермаковой Е.В. рассматривается актуальная проблема проектирования оптимальных конструкций по критерию энергии упругой деформации. Оптимизация формы представляет собой неотъемлемый этап проектирования, который позволяет повысить эффективность использования материалов и снизить риски при эксплуатации конструкций путем целенаправленного поиска оптимальной геометрической конфигурации.

Цель диссертации заключается в предложении новой методики, основанной на соединении параметрического и градиентного подхода, к поиску оптимальной формы по энергетическому критерию.

Особое внимание в диссертации уделено процессу минимизации энергии упругой деформации, который приводит к снижению напряжений и деформаций в оболочке. Результаты исследования подтверждают преимущество использования критерия энергии упругой деформации в контексте комплексного улучшения эксплуатационных и экономических показателей конструкции.

Немаловажной частью исследования является выявление параметров оптимизации, которые оказывают значительное влияние на конечный результат. Автором успешно разработаны рекомендации по выбору оптимальных значений параметров максимального перемещения и радиуса фильтра. Дополняет разработку блок-схема реализации математической модели на компьютере, а также алгоритм проведения оптимизации формы по критерию энергии упругой деформации.

К работе имеется следующее замечание, которое не снижает её научной и практической значимости, но требует дополнительного уточнения:

Из автореферата неясно, чем был обусловлен выбор сферической и геликоидальных оболочек в качестве тестовых примеров для оптимизации формы градиентными методами.

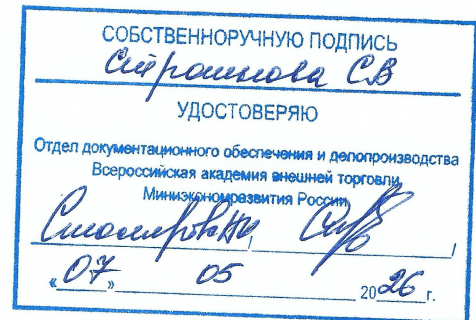
В целом, диссертационное исследование Ермаковой Е.В. «Оптимизация формы тонких оболочек по критерию упругой энергии деформирования» является самостоятельным научным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук и отвечает критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования

«Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН (протокол № УС-1 от 22.01.2024г.); а её автор, Ермакова Евгения Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

И.о. заведующего кафедрой информатики и математики,
ведущий научный сотрудник центра анализа данных,
ФГБОУ ВО «Всероссийская академия внешней торговли
Министерства экономического
развития Российской Федерации»,
к.т.н. (05.04.02)

Страшнов С.В.

Подпись к.т.н. Страшнова С.В. заверяю



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Всероссийская академия внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации"
Адрес: 119285, Российская Федерация, город Москва, муниципальный округ Раменки, Воробьевское шоссе, дом 6А
Тел.: +7 (499) 143-12-35
E-mail: info@vavt.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ермаковой Евгении Владимировны «ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ТОНКИХ ОБОЛОЧЕК ПО КРИТЕРИЮ УПРУГОЙ ЭНЕРГИИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ»,

представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

В настоящее время большое внимание уделяется проектированию конструкций, которые удовлетворяют необходимым требованиям по прочности, надежности и эффективности при минимальных затратах материала. В диссертационной работе Ермаковой Е.В. рассматривается актуальная проблема оптимизации формы оболочек по критерию энергии упругой деформации. Энергия упругой деформации является распространенным критерием в вопросах оптимизации формы и топологии конструкций.

К **научной новизне** относятся следующие полученные автором данные:

- сведения о влиянии геометрических параметров на результат оптимизации оболочек по критерию энергии упругой деформации при равномерно-распределенной и гидростатической нагрузках;
- методика выбора оптимальной формы оболочек параметрическим методом с внедрением градиентной методики;
- исследование варьируемых параметров максимального перемещения и радиуса фильтра.

Практическая и теоретическая значимость работы заключается в том, что получена новая методика оптимизации формы по критерию энергии упругой деформации с рекомендациями по подбору варьируемых параметров максимального перемещения и радиуса фильтра.

Необходимо отметить, что автореферат выполнен в соответствии с требованиями, изложенными в ГОСТ Р 7.0.11-2011; содержание автореферата соответствует паспорту специальности 2.1.9. Строительная механика; результаты исследования отражены в необходимой степени и апробированы на различных научно-технических конференциях.

Можно отметить хорошую степень проработанности поставленной проблемы, а также полноту описания новой методики, основанной на соединении энергетического подхода с параметрическим по критерию энергии упругой деформации.

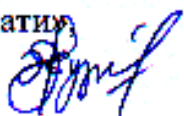
Однако по представленному реферату следует сделать замечание о том, что отсутствует пояснение обозначений и в контексте оптимизации формы сферической оболочки.

Данное замечание не снижает общей положительной оценки диссертационной работы Ермаковой Е.В.

Диссертация Ермаковой Е.В. «Оптимизация формы тонких оболочек по критерию упругой энергии деформирования» является самостоятельным научным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук и отвечает

критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН (протокол № УС-1 от 22.01.2024г.); а её автор, Ермакова Евгения Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Профессор кафедры «Информационные системы»
НАО «Таразского университета им. М.Х. Дулати»
доктор технических наук (01.02.04), доцент



Нуримбетов А.У.

Подпись д.т.н., доц. Нуримбетова А.У. заверяю

04.05.2026 г.



НАО «Таразский университет им. М.Х. Дулати»,
Адрес: 080000, Республика Казахстан, Жамбылская область, город Тараз, Аулие-Атинский район,
улица Ибраима Сулейменова, дом 13.
Тел.: +7 (7262) 43-24-02.