

**Заключение диссертационного совета Д 212.223.03  
на базе Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный  
университет» Министерства образования и науки Российской  
Федерации по диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 31 марта 2016 г. № 3

О присуждении Островской Надежде Владимировне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод расчета и оптимизации параметров пластических демпферов в системах сейсмоизоляции» по специальности 05.23.17 – Строительная механика принята к защите 21 января 2016 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 212.223.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 2 ноября 2012 года № 714/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 февраля 2014 года № 55/нк, приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 марта 2014 года №126/нк.

Соискатель Островская Надежда Владимировна, 1985 года рождения, в 2008 году окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» по специальности «Прикладная механика». С 2008 по 2012 гг. Островская Н.В. обучалась в заочной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования

«Санкт-Петербургский государственный морской технический университет».

С июня 2015 года являлась экстерном ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» для сдачи кандидатского экзамена по специальности 05.23.17 – Строительная механика. С октября 2015 года является лицом, прикрепленным к ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» на кафедру механики для подготовки диссертации на соискание степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

В настоящее время работает старшим преподавателем кафедры «Сопротивления материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» Министерства образования и науки российской Федерации.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации на кафедре механики.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Рутман Юрий Лазаревич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра «Механика», профессор-консультант.

**Официальные оппоненты:**

**Индейкин Андрей Викторович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», кафедра «Теоретическая механика», заведующий.

**Цейтлин Борис Вениаминович**, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории динамики и сейсмостойкости

сооружений АО «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева», дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Мельниковым Борисом Евгеньевичем, заведующим кафедрой сопротивления материалов, доктором технических наук, профессором, и утвержденном заместителем проректора по научной работе, доктором технических наук, доцентом Сергеевым Виталием Владимировичем, указала, что диссертация Островской Надежды Владимировны соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ по теме диссертации, общим объемом 3,45 п.л. (лично автором 2,37 п.л.), из них 5 статей, в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

**научные статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации:**

1. **Ковалева, Н.В.** Оценка эффективности параметров демпфирования в системах сейсмоизоляции [Текст] / Н.В. Ковалева, Ю.Л. Рутман // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 1(27). – С. 37–43. (0,1875 / 0,375 п.л.)

2. **Ковалева, Н.В.** Определение оптимальных параметров демпфирования в системах сейсмоизоляции [Текст] / Н.В. Ковалева, Ю.Л. Рутман, Г.В. Давыдова // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 5(40). – С. 107–115. (0,16 / 0,5 п.л.)

3. **Ковалева, Н.В.** Учет малоциклового усталости при оптимизации параметров демпфирования в системах сейсмоизоляции [Текст] / Н.В. Ковалева // Инженерно-строительный журнал, Специальный выпуск: Труды конференции «BEM&FEM–2013». – 2013. – № 9(44). – С. 49–55. (0,375 п.л.)

4. **Островская, Н.В.** Анализ основных подходов к проектированию параметров пластического демпфирования в системах сейсмоизоляции [Текст] / Н.В. Островская // Морские интеллектуальные технологии. – 2014. – № 3(24). – С. 61–66. (0,3125 п.л.)

5. **Островская, Н.В.** Определение параметров силовой диаграммы пластически деформируемого криволинейного стержня круглого сечения [Текст] / Н.В. Островская // Вестник гражданский инженеров. – 2015. – № 4(51). – С. 68–73. (0,3125 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала, заведующий кафедрой «Архитектура», д.т.н., профессор **Абакаров Абакар Джансулаевич**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– Сейсмическое воздействие может иметь различные спектральные характеристики, поэтому для практических расчетов систем сейсмоизоляции важно знать чувствительность параметров пластических демпферов к преобладающим периодам сейсмических колебаний грунтов. Судя по автореферату, этого исследования нет.

2. АО «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева», г. Санкт-Петербург, ведущий научный сотрудник, д.т.н. **Альберт Июля Ушеревич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- 1) В связи с возможностью возникновения афтершоков, следует указать сроки восстановления исходных параметров пластических демпферов;
- 2) Приведенные автором данные об эффективности (степени снижения абсолютных ускорений и ограничении относительных смещений) при

использовании пластических демпферов не превосходят аналогичные данные для других типов демпферов. Следует более убедительно аргументировать выбор демпферов на основе металлических стрижней.

3. ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», профессор кафедры «Теоретическая механика», д.т.н., профессор **Уздин Александр Моисеевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечание:*

1) Следовало бы сравнить результаты оптимизации с аналогичными результатами, полученными А.А. Долгой для демпфера сухого трения (ДСТ) и Г.В. Давыдовой для демпфера вязкого трения. В частности, А.А. Долгой установлено наличие критического периода сейсмоизоляции. При периоде сейсмоизоляции оптимальный настройки сейсмоизоляции с ДСТ по трению не существует;

2) Автору следовало бы при оптимизации рассмотреть задачу минимизации смещений при ограничении ускорений. Во многих случаях такая постановка приводит к более эффективным решениям.

4. ООО «ТЕХСОФТ», г. Москва, заместитель генерального директора, д.т.н., профессор **Семенов Владимир Александрович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

1) На стр. 17 в двух верхних строках говорится о том, что «Согласно расчетам оптимальный коэффициент линейного демпфирования существует и равен 0,1 (рисунок 14, 15)». Но рисунок 15 соответствует зависимости ускорения от совсем другого параметра – параметра билинейной диаграммы;

2) Из таблицы на стр. 19 с результатами эксперимента не следует эффективность применения пластических демпферов;

3) Результаты сравнения относительных экспериментальных перемещений с относительными расчетными перемещениями (рис. 19) никак не прокомментированы.

5. «Центр исследований сейсмостойкости сооружений (ЦИСС) ЦНИИСК

им. В.А. Кучеренко, АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, заместитель руководителя, к.т.н. **Смирнова Любовь Николаевна.**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- 1) В качестве замечания следует указать на то, что в диссертации не был затронут и исследован вопрос о силовых характеристиках демпферов, представляющих собой стержни с двумя заделанными концами;
- 2) По тексту автореферата есть ряд опечаток и синтаксических неточностей, например: стр. 3, стр. 9.

6. ОАО «Трансмост», г. Санкт-Петербург, инженер-проектировщик I категории сектора разработки программных средств, к.т.н. **Долгая Анжелика Александровна.**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- 1) Из реферата не ясно, при каких значениях жесткости сейсмоизоляции проводились эти расчеты;
- 2) В формуле (17) присутствует спектральная плотность  $S(\omega)$ , но как ее задавать, не сказано. По этому вопросу имеются исследования к.т.н. Г.В. Давыдовой, требующие задания двухчастотной спектральной плотности. Из автореферата совершенно не ясно как это отражено в работе;
- 3) Представляется, что по объему работа сильно перегружена. Она раза в полтора превышает характерные квалификационные работы такого уровня. В связи с этим автор затрагивает часть вопросов поверхностно, что сказывается в частности на описании задач оптимизации;
- 4) Терминология, используемая в работе, требует разъяснений. Остановимся на двух терминах. В уравнении (1) используется символ  $\gamma$ , который назван коэффициентом линейного демпфирования. Другими специалистами  $\gamma$  используется для обозначения коэффициента неупругого сопротивления, а  $\gamma_1$  – затухание в долях критического. В разделе 4 используется понятие риска, автору следовало бы оговорить, что он понимает под риском.

7. ЗАО «Институт Гипростроймост Санкт-Петербург», начальник расчетного отдела, к.т.н. **Гузеев Роман Николаевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

1) Автор работы предлагает лишь один из вариантов алгоритма оптимизации параметров пластических демпферов, который в дальнейшем, при наличии аналитического аппарата для определения их основных характеристик, может быть усовершенствован и распространен на другие возможные варианты оптимизационных задач;

2) В автореферате не показано влияние частотного состава искусственных акселерограмм на оптимальные параметры пластических демпферов.

8. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технический университет», заведующий кафедрой математики, д.ф.-м.н. **Груздков Алексей Андреевич**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– В качестве замечания можно отметить, что в работе рассмотрена оптимизация только за счет изменения геометрических характеристик демпферов. Рассмотрение путей повышения эффективности демпфирования за счет подбора материала с наиболее подходящими свойствами могло бы повысить практическую значимость работы.

9. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, заведующий кафедрой динамики и прочности машин им. В.В. Болотина, к.т.н., доцент **Кузнецов Сергей Федорович**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– В качестве замечания по содержанию автореферата следует отметить, что остается неясным вопрос: производился ли в расчетной методике учет изменения силовой характеристики демпфирующих элементов в процессе циклического деформирования.

10. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», профессор кафедры строительной механики

корабля, к.т.н., доцент **Фрумен Александр Исаакович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

– Из автореферата работы не ясно как характеристики (тип) грунта, на котором установлено демпфируемое здание, влияют на параметры ПД и величину сейсмических рисков.

11. Научно-исследовательский центр «Эксперт», г. Санкт-Петербург, руководитель проекта, к.т.н. **Кузнецова Инна Олеговна**.

*Отзыв положительный, имеются замечание:*

1) Незначительные опечатки и несогласованные предложения (например, на стр. 6);

2) Из автореферата не ясно, как учитывалась погрешность полученных результатов при проведении натурных сейсмических испытаний сейсмоизолированного макета здания.

12. ФГБОУ ВО «Казанского государственного архитектурно-строительного университета», профессор кафедры механики, д.ф.-м.н., профессор **Каюмов Рашид Абдулхакович**.

*Отзыв положительный, замечаний нет.*

13. ООО «Газпром добыча Астрахань», главный механик, к.т.н. **Козырев Олег Николаевич**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– Основным недостатком можно считать не достаточно полное описание проводимых экспериментальных исследований.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в этой отрасли науки и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, спецификой и актуальностью их основных научных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** научная концепция оптимизации параметров пластических



демпферов систем сейсмоизоляции. Концепция включает в себя выбор критерия оптимизации (минимум абсолютных ускорений защищаемого объекта), системы ограничений (конструктивно возможные относительные перемещения) и разработку алгоритма оптимизации при стохастической постановке задачи;

**предложены** новые оригинальные формулы, описывающие силовые характеристики пластически деформируемых элементов различной конфигурации и поперечных сечений. Аналитическая форма определения силовых характеристик позволяет находить оптимальные параметры пластических демпферов в приемлемые для практического проектирования сроки;

**доказана** перспективность использования предложенной концепции оптимизации. Найденные в диссертации оптимальные параметры маятниковой системы сейсмоизоляции позволяют уменьшить сейсмический риск в 1.5–1.8 раза.

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

**доказана** новая методика, расширяющая возможности исследования пластического деформирования стержневых систем;

применительно к проблематике диссертации результативно **использован** широкий комплекс базовых методов исследования: аналитических и численных методов, современных методов теории упругости и пластичности, строительной механики, теории сейсмостойкости и сейсмического риска, методов теории оптимизации, экспериментальных методик;

**изложены** доказательства существования оптимальных параметров пластических демпферов, существенно повышающих эффективность их применения;

**раскрыты** противоречивые процессы, происходящие в системах сейсмоизоляции при воздействии на сооружение поличастотной сейсмической нагрузки;

**изучены** причинно-следственные связи влияния геометрии и

количества стержней в пластическом демпфере на обеспечение необходимого пластического ресурса устройства и увеличение надежности применяемой системы сейсмоизоляции;

**проведена модернизация** существующих методов и аналитических решений по расчету силовых характеристик пластически деформируемых элементов демпфера, а также по оптимизации параметров пластических демпферов, позволяющих учесть влияние ранее неучтенных факторов.

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

**разработан** и внедрен метод оптимизации параметров пластических демпферов, что подтверждается справкой о внедрении;

**разработана** методика аналитического расчета, которая позволяет проводить эффективный поиск оптимальных параметров пластических демпферов в приемлемые для проектирования сроки;

**определены** перспективы практического использования теории: работа является дальнейшим развитием и качественным усовершенствованием теории физически нелинейной стержневой модели, а также теории оптимизации параметров демпфирования в системах сейсмоизоляции. Полученная методика аналитического определения силовых диаграмм пластически деформируемых элементов может быть применена в различных моделях, а также в учебном процессе технических вузов. Предложенный метод расчета и оптимизации параметров пластических демпферов можно использовать в проектно-конструкторских организациях при проектировании систем сейсмоизоляции различного назначения и конструкции;

**создана** инженерная методика уменьшения среднеквадратических значений абсолютных ускорений защищаемого объекта и сейсмического риска, а, следовательно, повышения надежности сейсмоизолируемой конструкции;

**представлены** практические рекомендации для обеспечения

необходимого пластического ресурса демпферных стержней в условиях циклического нагружения.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*для экспериментальных работ* удовлетворительное согласование теоретических результатов с **экспериментальными данными**, полученными в ходе натурных испытаний макета здания;

**теория** построена на известных и апробированных уравнениях и математических моделях, методах строительной механики, теории пластичности и упругости. Результаты, полученные автором, согласуются с результатами эталонных задач;

**идея** базируется на анализе существующих методик, научных разработок и статистических данных по поведению сооружений и систем сейсмоизоляции при землетрясениях;

**использованы** сравнения частных случаев, полученных из общих формул, приведенных в диссертации, с решениями других авторов, полученных для стержневых моделей по теории упругости и пластичности;

**установлено**, что полученные автором результаты имеют научное и практическое значение для исследования работы пластических демпферов в системах сейсмоизоляции при нестационарных сейсмических воздействиях, а также обладают необходимой научной новизной. Сравнение частных случаев решений, полученных в диссертации, с решениями других авторов по стержневой теории показало качественное и количественное соответствие;

**использованы** современные методы сбора, поиска и обработки литературных источников по теме исследования, в том числе по зарубежным базам данных научных статей (например, eLIBRARY.RU – Научная электронная библиотека).

**Личный вклад** соискателя состоит в выполнении всех этапов диссертационной работы и подготовке основных публикаций по выполненной работе. При непосредственном участии автора решены задачи:

– установлен критерий оптимизации пластических демпферов в системах

сейсмоизоляции: в качестве целевой функции выбран минимум абсолютных ускорений защищаемого объекта, а в качестве ограничений выбраны конструктивно возможные относительные перемещения; разработанный метод определения оптимальных параметров пластических демпферов позволяет уменьшить сейсмический риск в 1.5–1.8 раза;

– получены аналитические зависимости в безразмерном виде для силовых характеристик пластически деформируемых элементов различной конфигурации и поперечных сечений, которые позволяют находить оптимальные параметры пластических демпферов в приемлемые для практического применения сроки;

– разработан метод определения пластического ресурса демпфера в условиях циклического нагружения, который позволяет определить используемый и утрачиваемый пластический ресурс стержней, а также регулировать эти параметры с помощью варьирования геометрии и количества стержней в пластическом демпфере;

– апробация результатов исследования при разработке и производстве сейсмоизолирующих опор СМ-859 (разработчик – ОАО «КБСМ», г. Санкт-Петербург, изготовитель – ОАО «Спец-М», г. Пермь); на различных конференциях и семинарах, в том числе и международных; а также в качестве учебно-методического материала на кафедре сопротивления материалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургского государственного морского технического университета»;

– проведен анализ результатов экспериментальной проверки эффективности применения пластических демпферов в ходе натурных сейсмических испытаний макета здания с системой сейсмоизоляции маятникового типа на динамические воздействия адекватные нагрузкам при землетрясении, обработка и интерпретация экспериментальных данных.

На заседании 31 марта 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Островской Надежде Владимировне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА

Д 212.223.03

доктор технических наук

профессор

В.И. Морозов

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

СОВЕТА Д 212.223.03

доктор технических наук, профессор

Л.Н. Кондратьева

«31» марта 2016 г.