

**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 22 декабря 2015 г. № 11

О присуждении Разову Игорю Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Аналитические методы расчета динамических характеристик прямолинейных тонкостенных трубопроводов большого диаметра при наземной прокладке» по специальности 05.23.17 – Строительная механика принята к защите 15 октября 2015 г., протокол № 9 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, утвержденном 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 Разов Игорь Олегович, 1990 года рождения, в 2012 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет» по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы». С 2012 по 2015 гг.

Разов О.И. обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет» по специальности 05.23.17 – Строительная механика, в настоящее время работает ассистентом кафедры «Строительная механика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

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

**Научный руководитель** - доктор технических наук, доцент Соколов Владимир Григорьевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра «Строительная механика», заведующий.

**Официальные оппоненты:**

**Якубовский Юрий Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет», кафедра «Прикладная механика», заведующий.

**Яваров Александр Валерьевич**, кандидат технических наук, ООО «Институт строительного проектирования «Геореконструкция», руководитель группы, дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении,

подписанном Невзоровым Николаем Ивановичем, заведующим кафедрой «Прочность материалов и конструкций», кандидатом технических наук, доцентом, Кухаревой Анной Сергеевной, кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры «Прочность материалов и конструкций», и утвержденном и.о. ректора, доктором технических наук, профессором Блажко Людмилой Сергеевной, указала, что диссертация Разова Игоря Олеговича 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 12 опубликованных работ по теме диссертации, общим объемом 5,44 п.л. (лично автором 3,27 п.л.), из них 6 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. **Разов, И.О.** Свободные колебания наземных газопроводов, обжатых продольной силой, с учетом упругого основания грунта [Текст] / В.Г. Соколов, И.О. Разов // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – №1(36). – С. 29–32. (0,46 п.л. / 0,23 п.л.)

2. **Разов, И.О.** Исследования свободных колебаний наземных тонкостенных газопроводов большого диаметра [Текст] / И.О. Разов // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – №4(39). – С. 100–104. (0,57 п.л. / 0,29 п.л.)

3. **Разов, И.О.** Свободные колебания и статическая устойчивость нефтепровода большого диаметра с учетом потока жидкости, продольной сжимающей силы и упругого основания [Текст] / В.Г. Соколов, И.О. Разов // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – №1(42). – С. 49–53. (0,57 п.л. / 0,29 п.л.)

4. **Разов, И.О.** Параметрические колебания и динамическая устойчивость магистральных газопроводов при наземной прокладке [Текст] / В.Г. Соколов, И.О. Разов // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – №2(43). – С. 65–68. (0,46 п.л. / 0,23 п.л.)

5. **Разов, И.О.** Параметрические колебания и динамическая устойчивость магистральных нефтепроводов большого диаметра при наземной прокладке [Текст] / И.О. Разов // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – №4(45). – С. 58–62. (0,57 п.л. / 0,29 п.л.)

6. **Разов, И.О.** Напряжения и перемещения на контактной поверхности наземного трубопровода большого диаметра [Текст] / И.О. Разов // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – №3(50). – С. 105–108. (0,346 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВПО «Приокский государственный университет», г. Орел, заведующий кафедрой «Городское строительство и хозяйство», д.т.н., профессор **Турков Андрей Викторович**,

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- 1) Представляется, что следовало бы привести сопоставления полученных автором решений с соответствующими результатами, определенными с помощью специализированных конечно элементных программно-алгоритмических комплексов промышленного типа;
- 2) Возможно наличие дополнительного фактора – сейсмическое воздействие на конструкцию трубопровода на деформируемом основании.

2. ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет», профессор кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов», д.т.н., профессор **Юрьев Александр Гаврилович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- 1) «Относительное удлинение» и «относительное перемещение» на с.8 могут быть квалифицированы и как деформации;
- 2) Сила  $F_э$  на с.10 определяется как критическая сила Эйлера;

3) Вместо «упругого основания грунта» на с.12. уместно «упругого грунтового основания».

3. ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», профессор кафедры «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование», д.т.н., профессор **Мамаев Леонид Алексеевич**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– Следовало бы рассмотреть примыкание прямолинейных участков к криволинейным.

4. ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург, заведующий кафедрой прикладной математики, д.т.н., профессор **Голоскоков Дмитрий Петрович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

1) В автореферате сказано, что используются уравнения движения, полученные на основе геометрически нелинейной полубезмоментной теории цилиндрической оболочки. Неясно, как проводилась линеаризация основных уравнений;

2) Хорошо бы пояснить, как получено гидродинамическое давление (формула 13 на стр.11), т.е. показать постановку и решение задачи о потенциальном течении;

3) На стр. 13 приведены критические силы, полученные на основе динамического критерия устойчивости. Исследование возмущенного движения оболочки является значительно более сложной задачей, чем исследование положений её равновесия. Хорошо бы пояснить формулировку динамического критерия.

5. ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» профессор кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов», д.т.н., профессор **Иванов Вадим Андреевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- 1) Следует уточнить влияние температуры стенки трубопровода на его устойчивость;
- 2) Пояснить работу газопровода при наличии пригрузов.

6. ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург, заведующий кафедрой теоретической механики, д.т.н., доцент **Сухотерин Михаил Васильевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- 1) В автореферате не объяснена природа появления продольных сжимающих усилий в трубопроводе и их порядок;
- 2) Отсутствует анализ выбора граничных условий участка трубопровода, обусловленных схемой его закрепления на опорах.

7. ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова», г. Архангельск, профессор кафедры инженерных конструкций и архитектуры, д.т.н., профессор **Лабудин Борис Васильевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

- 1) Наземный трубопровод имеет большую протяженность, следует учитывать изменение коэффициента постели разнородных грунтов на трассе;
- 2) Для уменьшения объемов вычислений было бы уместно выполнить планирование численных исследований.

8. ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительной механики **Игнатьев Владимир Александрович**.

*Отзыв положительный, замечаний нет.*

9. ООО «Газпром добыча Астрахань», г. Астрахань, главный механик,

**к.т.н. Козырев Олег Николаевич**

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– Отсутствуют экспериментальные исследования, связанные с диссертацией.

**10. ООО «Газпром добыча Астрахань», г. Астрахань, начальник отдела физико-химических исследований, к.т.н. Пичугин Дмитрий Алексеевич**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

1) Необходимо рассмотреть работу трубопровода в полузаглубленном исполнении;

2) В автореферате не отражено влияние изменения внутреннего напряжения от температуры на колебания трубопроводов.

**11. ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», доцент кафедры прикладной математики и информатики, к.т.н. Семенов Алексей Александрович.**

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

– Следовало бы учесть изменение жесткости подстилающего слоя грунта на частоты свободных колебаний в зависимости от периода года (зима-лето).

**12. ФГБОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет», заведующий кафедрой общетехнических дисциплин Института лесных, инженерных и строительных наук, д.т.н., профессор Колесников Геннадий Николаевич.**

*Отзыв положительный, замечаний нет.*

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** методика решения контактной задачи «труба-грунт» где трубопровод взаимодействует с грунтом по узкой полосе. При помощи рядов Фурье получено выражение для определения радиального давления грунта на внешнюю поверхность трубы. Определены основные параметры контактной поверхности: глубина вдавливания контактной поверхности; ширина полосы контакта; угол, зависящий от глубины вдавливания контактной поверхности, а также функция распределения давления грунта на внешнюю поверхность трубы, которая распределена по параболической зависимости. Полученные решения, на стадии проектирования, позволяют наиболее полно учесть влияние упругого основания грунта на частоты свободных колебаний наземных трубопроводов.

**разработаны** аналитические решения по определению частот свободных колебаний и статической устойчивости наземных прямолинейных тонкостенных трубопроводов большого диаметра, подверженных действию стационарного внутреннего рабочего давления, продольной сжимающей силы, скорости потока протекающей жидкости и упругого основания грунта, при различных геометрических характеристиках, что позволит избежать опасных резонансных явлений, и увеличить надежность трубопроводов на весь период эксплуатации;

**разработана** методика оценки динамической устойчивости наземных тонкостенных нефте – и газопроводов большого диаметра, подверженных нестационарным воздействиям внутреннего рабочего давления, продольной сжимающей силы и скорости потока протекающей жидкости (для нефтепровода), с построением областей динамической неустойчивости при помощи модифицированных диаграмм Айнса-Стретта;

**предложены** решения задач в аналитическом виде по определению частот свободных изгибных колебаний, статической и динамической устойчивости наземных напорных нефте – и газопроводов на основании единой расчетной модели тонкостенного трубопровода большого диаметра в виде цилиндрической оболочки для прямых трубопроводов;

**доказана** эффективность аналитического метода динамического расчета трубопроводов большого диаметра для получения практических результатов;

**введены** новые термины для обозначения величин, характеризующих свободные и параметрические колебания наземных трубопроводов.

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

**доказаны** и результативно использованы расчетные зависимости, основанные на геометрически нелинейной полубезмоментной теории оболочек и теории потенциального течения идеальной несжимаемой жидкости;

применительно к проблематике диссертации результативно использован широкий комплекс базовых методов исследования: аналитических методов, методов теории колебаний, строительной механики и теории упругости.

**изложены** элементы геометрически нелинейной полубезмоментной теории оболочек применительно к динамическому расчету магистрального трубопровода большого диаметра;

**раскрыты** и исследованы новые зависимости в изучении колебаний статической и динамической устойчивости наземных нефте – и газопроводов большого диаметра;

**изучены** причинно-следственные связи влияния суммарных факторов на увеличение надежности наземных тонкостенных трубопроводов большого диаметра;

**проведена модернизация** существующих методов и аналитических решений по расчету наземных трубопроводов, позволяющих учесть влияние ранее неучтенных факторов.

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

**разработаны** методики динамического расчета тонкостенных прямолинейных участков магистральных трубопроводов при наземной прокладке;

**определены** перспективы практического использования теории: работа является дальнейшим развитием и качественным усовершенствованием теории колебаний трубопроводов с позиции цилиндрических оболочек

среднего изгиба. Теоретический материал по определению частот свободных колебаний, статической и динамической устойчивости трубопроводов можно использовать в проектно-конструкторских организациях при проектировании наземных тонкостенных трубопроводов большого диаметра и в учебном процессе строительных и нефтегазовых вузов.

**создана** инженерная методика для решения задач динамики, в том числе задач динамической устойчивости;

**представлены** практические рекомендации для обеспечения надежной и безаварийной эксплуатации трубопроводов большого диаметра.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

удовлетворительное совпадение частных случаев полученных результатов с результатами **экспериментальных работ** других авторов;

**теория** построена на известных и апробированных уравнениях и математических моделях, методах строительной механики и согласованностью результатов, полученных автором, с результатами эталонных задач;

**идея базируется** на анализе существующих методик, научных разработок и статистических данных аварийных ситуаций;

**использованы** сравнения частных случаев, полученных из общих формул, приведенных в диссертации с решениями других авторов по стержневой теории и теории оболочек.

**установлено**, что полученные автором результаты имеют большой научный и практический интерес в области исследования колебаний, статической и динамической устойчивости тонкостенных трубопроводов большого диаметра при наземной прокладке, а также обладают необходимой научной новизной. Сравнение частных случаев, полученных в диссертации решений, с решениями других авторов по теории оболочек и 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 в выполнении всех этапов диссертационной работы. При непосредственном участии автора решены задачи:

– впервые решена контактная задача «труба-грунт» с учетом взаимодействия трубы с грунтом по узкой полосе, определены основные параметры контактной поверхности и функция распределения радиального давления грунта на внешнюю поверхность трубы при помощи рядов Фурье и их дифференцирования;

– получены выражения для определения квадрата частот и форм свободных колебаний магистральных тонкостенных нефте – и газопроводов большого диаметра при наземной прокладке с учетом влияния внутреннего рабочего давления, параметра продольной сжимающей силы, упругого основания грунта, потока жидкости (для нефтепровода) и геометрических характеристик;

– получены выражения для определения параметров критической продольной сжимающей силы, при которой нефте- или газопровод теряет статическую устойчивость;

– установлен критерий применимости теории цилиндрических оболочек для определения наименьших частот свободных колебаний наземных тонкостенных нефте – и газопроводов большого диаметра в виде относительной длины  $l^*$ ;

– разработана методика исследования динамической устойчивости наземных нефте – и газопроводов с построением областей динамической неустойчивости на плоскости заданных параметров, в результате нестационарных воздействий двух параметрических возбуждений для газопровода и трех для нефтепровода.

На заседании 22 декабря 2015 года диссертационный совет принял решение присудить Разову Игорю Олеговичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 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 14, 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

«22» декабря 2015 г.