

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.01
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 09.02.2023 № 02

О присуждении Дмитриеву Андрею Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Свободные колебания и динамическая устойчивость тонкостенных магистральных трубопроводов большого диаметра при подземной прокладке» по специальности 2.1.9. Строительная механика принята к защите 17.11.2022 (протокол заседания № 13) диссертационным советом 24.2.380.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 2 ноября 2012 года № 714/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.02.2014 года №55/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.03.2014 года №126/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25.05.2016 года №590/нк., приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.12.2017 года №1246/нк., приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 30.01.2019 года №37/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.01.2022 года №86/нк.

Соискатель Дмитриев Андрей Викторович, «17» декабря 1979 года рождения.

В 2002 году соискатель окончил Тюменскую государственную архитектурно-строительную академию по специальности «Промышленное и гражданское строительство» с присуждением квалификации «Инженер». С 2018 по настоящее время соискатель обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» по направлению подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства» по направленности «Строительная механика» (заочная форма обучения).

Работает старшим преподавателем на кафедре строительной механики, в ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре строительной механики в ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Соколов Владимир Григорьевич, доктор технических наук, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», кафедра строительной механики, профессор.

Официальные оппоненты:

Вельмисов Петр Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», кафедра «Высшая математика», профессор;

Смирнова Любовь Николаевна, кандидат технических наук, АО «НИЦ «Строительство», г. Москва, кафедра «Строительные сооружения, конструкции и материалы», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», город Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Видюшенковым Сергеем Александровичем (кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Прочность материалов и конструкций») и Смирновым Владимиром Игоревичем (доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Прочность материалов и конструкций»), указала, что диссертация Дмитриева А.В. на тему «Свободные колебания и динамическая

устойчивость тонкостенных магистральных трубопроводов большого диаметра при подземной прокладке» написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Основные научные результаты диссертации в достаточном количестве опубликованы в российских и международных рецензируемых научных изданиях. Соискатель корректно ссылается на авторов и источники заимствования материалов. Результаты научных работ, выполненных автором, соответствующим образом отмечены в диссертации. Таким образом, диссертация Дмитриева Андрея Викторовича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, и соответствует критериям пп. 9-11, 13-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика (технические науки).

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

Научные работы, опубликованные в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утверждённый ВАК РФ и приравненные к ним:

1. Соколов, В.Г. Свободные колебания подземных прямолинейных тонкостенных участков газопроводов / В. Г. Соколов, А. В. Дмитриев // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 2(73). – С. 29-34. – DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-2-29-34. (0,7 п.л., авторский вклад 50 %)

2. Дмитриев, А. В. Исследование параметра длины и продольной сжимающей силы по определению частот свободных колебаний подземных тонкостенных газопроводов большого диаметра / А. В. Дмитриев, В. Г. Соколов, А. В. Березнев // Транспортные сооружения. – 2019. – Т. 6. – № 3. – С. 36. (0,5 п.л., авторский вклад 33 %)

3. Дмитриев, А. В. Зависимость частот свободных колебаний тонкостенного подземного газопровода большого диаметра от глубины заложения / А. В. Дмитриев // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 6(57). – С. 49. (0,3 п.л., авторский вклад 100 %)

4. Соколов, В. Г. Колебания подземных тонкостенных магистральных трубопроводов с учетом внутреннего давления и продольной силы / В. Г. Соколов, Ю. В. Огороднова, А. В. Дмитриев, А. М. Масленников // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 5(76). – С. 105-112. – DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-5-105-112. (0,4 п.л., авторский вклад 25 %)

5. Дмитриев, А. В. Исследование частоты свободных колебаний для трубопроводов с различными физико-механическими свойствами материала / А. В. Дмитриев // Транспортные сооружения. – 2020. – Т. 7. – № 1. – С. 3. – DOI 10.15862/04SATS120. (0,5 п.л., авторский вклад 100 %)

6. Дмитриев, А. В. Динамический расчёт подземного тонкостенного трубопровода с учётом влияния демпфера / А. В. Дмитриев, В. Г. Соколов // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 2. – С. 5. (0,4 п.л., авторский вклад 50 %)

7. Дмитриев, А. В. Частотные характеристики трубопровода большого диаметра с потоком жидкости в упругой грунтовой среде с учётом внутреннего давления / А. В. Дмитриев, В. Г. Соколов, А. В. Березнев // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 6. – С. 5. (0,4 п.л., авторский вклад 33 %)

Работы, опубликованные в изданиях, индексируемых в международных базах данных научного цитирования (Scopus и Web of Science):

8. Sokolov, V. Influence of the length parameter of an underground oil pipeline on the frequency of free oscillation / V. Sokolov, I. Razov, A. Dmitriev // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 03024. – DOI 10.1051/e3sconf/202016403024. (0,6 п.л., авторский вклад 33 %)

9. Dmitriev, A. Influence of longitudinal force and internal pressure on the frequency of free vibrations of an underground oil pipeline / A. Dmitriev, V. Sokolov, A. Bereznyov // E3S Web of Conferences, Rostov-on-Don, 20–23 октября 2020 года. – Rostov-on-Don, 2020. – P. 01010. – DOI 10.1051/e3sconf/202021701010. (0,6 п.л., авторский вклад 33 %)

Работы, опубликованные в других изданиях:

10. Дмитриев, А. В. Определение критической силы подземного магистрального газопровода при динамическом расчёте / А. В. Дмитриев, В. Г. Соколов // Нефть и газ: технологии и инновации: Материалы Национальной научно-практической конференции, Тюмень, 07–08 ноября 2019 года / Отв. редактор П.В. Евтин. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 144-147. (0,1 п.л., авторский вклад 50 %)

11. Дмитриев, А. В. Определение критического внешнего давления подземного полиэтиленового трубопровода при динамическом расчёте / А. В. Дмитриев // Нефтегазовый терминал: материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 28–29 мая 2020 года / Под общей редакцией С. Ю. Подорожникова. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 147-152. (0,1 п.л., авторский вклад 100 %)

12. Дмитриев, А. В. О влиянии внутреннего давления на частоты свободных колебаний подземного тонкостенного магистрального нефтепровода / А.В. Дмитриев, В.Г. Соколов // Проблемы прочности материалов и конструкций в транспортном строительстве : Международная научно-практическая конференция, посвященная 175-летию со дня рождения профессора Н.А. Белелюбского, Санкт-Петербург, 18–20 мая 2021 года. – Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2021. – С. 72-81. (0,1 п.л., авторский вклад 50 %)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ООО «Единый Технический Центр» г. Санкт-Петербург, генеральный директор, кандидат технических наук по специальности 05.23.17 - Строительная механика, **Шулайкин Анатолий Юрьевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– К замечаниям следует отнести то, что отсутствует экспериментальные исследования, связанные с диссертационной работой.

– Не понятно, каким образом учитывается масса присоединённой жидкости в трубе.

2. ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», заведующий кафедрой «Строительные конструкции и технологии строительства» кандидат технических наук, доцент **Дудина Ирина Васильевна.**

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В работе не понятно, сколько членов ряда для различных волновых чисел m и n удерживается при определении частот собственных колебаний и производилась ли оценка сходимости ряда.

– В работе исследуется параметр продольной сжимающей силы? Следует пояснить природу происхождения данной силы, а так же каким образом в реальной ситуации можно измерить её величину.

3. ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» г. Благовещенск, заведующий кафедрой строительного производства и инженерных конструкций, кандидат технических наук по специальности 05.23.17 - Строительная механика, доцент **Окладникова Елена Викторовна.**

Отзыв положительный, имеются замечания:

– При выводе уравнения движения элемента срединной поверхности используется геометрически нелинейный вариант полубезмоментной теории оболочек среднего изгиба. Ставится вопрос, зачем в дальнейшем при записи уравнения движения в перемещениях происходит линеаризация. Не проще было бы применить линейную теорию?

– Отсутствует анализ выбора граничных условий участка трубопровода, обусловленных схемой его закрепления на опорах (в работе исследовано только шарнирное опирание).

4. ООО «Газпром добыча Астрахань» г. Астрахань, ведущий инженер отдела главного механика администрации, кандидат технических наук **Халявкин Алексей Александрович.**

Отзыв положительный, имеется замечание:

– Вместе с тем следует отметить, что возможности получения аналитических решений для сложных задач, поставленных в диссертации, весьма ограничены. Их удалось получить только при введении целого ряда упрощений расчетных схем.

К таким упрощениям относятся:

- гипотеза полубезмоментного состояния цилиндрической оболочки, приводящая к теории цилиндрических оболочек Власова, справедливой для оболочек средней длины;

- шарнирное закрепление участка трубопровода;

- стационарный поток жидкости в трубе и т.д.

5. ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, доцент кафедры уникальных зданий и сооружений, кандидат технических наук по специальности 05.23.17 - Строительная механика, доцент **Колесников Александр Георгиевич**.

Отзыв положительный, имеется замечание:

– В формуле 1 автореферата приведены коэффициенты α_1 и α_2 , которые приняты 0,75 и 0,25 соответственно и определяются подбором в зависимости от грунтовых условий. Не ясно, какой грунт выбран для дальнейшего исследования и как определить коэффициенты для других видов грунта.

6. ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва главный инженер, кандидат технических наук, доцент **Волынец Игорь Григорьевич**.

Отзыв положительный, имеется замечание:

– К замечаниям следует отнести то, что в работе следовало бы произвести сравнение теоретических результатов с экспериментальными данными.

7. ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», г. Архангельск: заведующий кафедрой транспорта, хранения нефти, газа и нефтегазопромыслового оборудования, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 - Геоэкология, профессор **Губайдуллин Марсель Галиуллович**; доцент кафедры инженерных

конструкций, архитектуры и графики, кандидат технических наук по специальности 01.02.03 - Строительная механика, **Коновалов Анатолий Юрьевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

1. Из автореферата не ясно, какие магистральные трубопроводы автором отнесены к тонкостенным? При соотношении $h/R = 1/30$ (стр. 13), т.е. при толщине стенки 16 мм вряд ли их можно считать тонкостенными.

2. В работе рассматривается только шарнирный вариант закрепления участка трубопровода. Было бы целесообразно учесть и другие способы (жёсткое, комбинированное) и выяснить, как влияют условия закрепления на частоты собственных колебаний.

3. Подземный трубопровод имеет большую протяженность, следует учитывать изменение коэффициента постели разнородных грунтов на трассе;

4. Следовало бы усилить практические выводы применительно к работам при проектировании и сооружении трубопроводов с использованием тонкостенных труб, и в каких случаях это оправдано. Тогда и экономический эффект был бы очевиден!

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью в данной области науки, компетентностью в вопросах теории и практики расчетов цилиндрических оболочек на динамические воздействия, способностью определить научную и практическую ценность диссертации, актуальностью их научных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан аналитический метод определения частот собственных колебаний для тонкостенного подземного трубопровода большого диаметра, при одновременном учёте глубины заложения, упругого отпора грунта, внешнего давления грунта на стенку трубопровода, присоединённой массы грунта, продольной сжимающей силы, внутреннего рабочего давления для различных размеров поперечного сечения и длины рассматриваемого участка, в том числе с учётом влияния демпфера. Так же предложен метод

исследования параметрического резонанса для подземного трубопровода с учётом демпфера;

предложен метод решения нахождения частот собственных колебаний, который основан на применении нелинейного варианта полубезмоментной теории оболочек среднего изгиба Муштари – Галимова. В качестве расчётной схемы для трубопровода большого диаметра принята замкнутая цилиндрическая оболочка. Данная расчётная модель, в отличие от стержневой, позволяет учесть деформацию поперечного сечения, вызванную влиянием внешнего давления грунта, внутреннего рабочего давления, упругого отпора грунта;

доказано, что минимальные частоты собственных колебаний реализуются при волновых числах $n=1$, $m=2$, что соответствует оболочечным формам колебаний, а деформация поперечного сечения происходит за счёт сплющивания с образованием 2-х полувогн;

введено понятие критического параметра длины рассматриваемого участка трубопровода. Если значение параметра длины меньше критического, то частоту следует определять по теории оболочек, если больше, то по теории стержней.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость расчета частот собственных колебаний для тонкостенных трубопроводов большого диаметра (диаметр свыше 1000 мм, $h/R=1/20.....1/50$) с применением расчётной схемы в виде замкнутой цилиндрической оболочки;

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы: геометрически нелинейный вариант полубезмоментной теории оболочек среднего изгиба и теории потенциального течения жидкости, метод Бубнова – Галеркина, метод разделяющихся переменных Фурье, метод Боголюбова – Митропольского;

изложен аналитический метод определения частот собственных колебаний для подземного тонкостенного трубопровода большого диаметра, позволяющий одновременно учесть множество факторов;

раскрыты границы применимости теории стержней и теории оболочек для расчёта частот собственных колебаний в зависимости от длины рассматриваемого участка;

изучена зависимость влияния на частоту свободных колебаний упругого отпора грунта, внутреннего рабочего давления, продольной сжимающей силы, глубины заложения для различных параметров тонкостенности и длины рассматриваемого участка;

проведена модернизация выражений для определения частот собственных колебаний в отношении тонкостенных трубопроводов большого диаметра, полученных В.П. Ильиным, В.Г. Соколовым, применительно к подземным трубопроводам.

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

разработан аналитический метод определения частот собственных колебаний для подземного тонкостенного трубопровода большого диаметра;

определены границы применимости теории стержней и теории оболочек для расчёта частот собственных колебаний в зависимости от длины рассматриваемого участка;

создана общая методика определения частот свободных колебаний при одновременном учёте внешнего давления грунта, упругого отпора грунта, присоединённой массы грунта, продольной сжимающей силы, внутреннего рабочего давления, скорости течения нефти, присоединённой массы нефти, геометрических характеристик сечения;

представлены рекомендации о возможности применения методики отстройки по частотным характеристикам с целью исключения резонансных явлений, а также динамического расчёта для труб большого диаметра при подземной прокладке, как вновь строящихся, так и реконструируемых магистральных трубопроводов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ при выполнении численных экспериментов был использован программно-вычислительный комплекс MathCad, а полученные результаты численных расчетов и экспериментов могут быть

легко воспроизведены в любых аналогичных системах компьютерной алгебры, таких как Mathematica, Maple и т.п.;

теория обоснована применением известных и апробированных уравнений и методов строительной механики;

идея базируется на геометрически нелинейном варианте полубезмоментной теории оболочек среднего изгиба Муштари – Галимова;

использованы ранее полученные научные результаты в области определения частот собственных колебаний с применением расчётной схемы в виде замкнутой цилиндрической оболочки;

установлена научная новизна предложенной методики расчета частотных характеристик для тонкостенного трубопровода большого диаметра и их качественная согласованность с результатами, полученными другими авторами;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации по теме исследования, а также сертифицированные программно-вычислительные комплексы для проведения расчётов и численного анализа.

Личный вклад соискателя состоит в том, что непосредственно им получены следующие научные результаты: выведены выражения по определению частот собственных колебаний при различных волновых числах m и n , позволяющие одновременно учесть внешнее давление грунта, упругий отпор грунта, присоединённую массу грунта, продольную сжимающую силу, внутреннее рабочее давление, скорость течения нефти, присоединённую массу нефти, а так же демпфер; установлены границы применимости для подземного тонкостенного трубопровода большого диаметра; решена задача динамической устойчивости для подземного трубопровода с учётом влияния демпфера.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Понимаете, это довольно сложно воспринимается, потому что не понятно геометрические размерности, непонятно, что создает внешнее воздействие, которое приводит к колебаниям. Непонятны сами формы колебания по своей очерёдности, потому что когда рассматривают участки

трубопроводов, то берут конкретный участок, к которому приложено конкретное воздействие (либо поперечное, либо продольное), поэтому реакция трубопровода будет менее - более понятна, а вот здесь непонятно о чём идёт речь. Мы говорим о деформации поперечного сечения?

2. Вы взяли в виде отпора грунта модель Винклера и ситуация рассмотрена для упругого полупространства. Почему Вы не взяли другую модель?

3. Вы используете некую нелинейную теорию оболочек, но потом чтобы найти собственные частоты Вам приходится линеаризовать некоторое уравнение. Почему тогда в выводах вы пишете, что используете нелинейную теорию?

Соискатель Дмитриев А.В. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Я рассматриваю различные формы колебаний в зависимости от волновых чисел m и n (n -волновое число в продольном направлении, m -волновое число в окружном направлении). Длина рассматриваемого участка в аналитическом выражении рассматривается её параметром, а при определении частот собственных колебаний волновое число $n = 1 \dots 6$, $m = 1 \dots 6$. Результаты расчёта показали, что минимальные частоты реализуются при $n = 1$, $m = 2$, что соответствует оболочечным формам колебаний, а на обсуждение вынесены частоты собственных колебаний при $n = 1$, $m = 1, 2, 3$, остальные значения частот собственных колебаний выше.

2. Тема будущих исследований.

3. Только нелинейный вариант полубезмоментной теории способен ухватить деформацию поперечного сечения, то есть эффект Кармена, это произведено при помощи параметра $1/R_2^*$ (изменение кривизны в деформированном состоянии), а так же параметром ϑ_2 , линейная теория не позволяет этого сделать.

На заседании 09.02.2023 диссертационный совет принял решение - за решение актуальной научно-практической задачи по динамическому расчету в области нахождения частот собственных колебаний для тонкостенного трубопровода большого диаметра при подземной прокладке с

09.02.2023