

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

**«Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Московский пр., д.9, Санкт-Петербург, 190031
Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21
E-mail: dou@pgups.ru; http://www.pgups.ru
ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,
ИНН 7812009592/ КПП 783801001

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор
по научной работе
докт. техн. наук, проф.

Титова Т.С.

«16» марта 2026 г.

16.03.2026. № 005.01. 7/28
На № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I» на диссертационную работу Разова
Игоря Олеговича «**Аналитические методы динамического расчета
тонкостенных трубопроводов большого диаметра в виде
цилиндрических и тороидальных оболочек при наземном, частично
заглубленном и подземном размещении**», представленную в
диссертационный совет 24.2.380.01 на базе ФГБОУ ВО «Санкт-
Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
к защите на соискание
ученой степени доктора технических наук по специальности
2.1.9. Строительная механика

1. Актуальность темы диссертационной работы

В современном промышленном и гражданском строительстве
трубопроводные системы большого диаметра, функционирующие в
условиях высоких давлений и динамических нагрузок, относятся к
категории ответственных объектов повышенного риска. Широкое
применение тонкостенных конструкций в нефтегазовой отрасли, энергетике
и транспорте обусловлено требованиями металлоемкости и экономической
эффективности.

Несмотря на значительный прогресс в области статического расчета, динамическое поведение данных систем исследовано недостаточно полно. Ключевой проблемой эксплуатации является обеспечение виброустойчивости и надежности при сложных динамических воздействиях: вибрациях оборудования, сейсмических нагрузках и, что наиболее опасно, параметрическом возбуждении от пульсаций транспортируемого потока. В последнем случае возникает угроза экспоненциального роста амплитуд и потери динамической устойчивости в целых диапазонах частот, что не может быть спрогнозировано в рамках классических подходов.

Существующие нормативные методики, базирующиеся на стержневых моделях, обладают принципиальным ограничением: они не учитывают деформации контура поперечного сечения (овализацию) и влияние внутреннего давления и неоднородности материала (например, двухслойные трубы с защитными покрытиями) на частотный спектр. Для наземных, частично заглубленных и полностью подземных трубопроводов характер контактного взаимодействия с грунтовым основанием (по узкой полосе или по всему периметру) играет определяющую роль в формировании динамической жесткости системы, что требует построения принципиально новых расчетных моделей.

Таким образом, возникает научно-техническое противоречие между потребностью практики в надежном прогнозировании динамических режимов тонкостенных трубопроводов в реальных условиях прокладки и отсутствием аналитических методов, позволяющих с достаточной точностью учесть совокупность ключевых факторов: овализацию сечения, двухслойность стенки, упругость основания и параметрический характер нагружения.

Диссертационная работа Разова Игоря Олеговича направлена на разрешение данного противоречия. В ней впервые предложены усовершенствованные аналитические методы динамического расчета,

базирующиеся на расчетных моделях замкнутых цилиндрических и тороидальных оболочек, контактирующих с упругим основанием. Новизна работы заключается в одновременном учете в рамках единой модели таких факторов, как геометрическая нелинейность (овализация), внутреннее/внешнее давление, продольная сжимающая сила, температурное воздействие, скорость потока, а также инерционные и демпфирующие свойства присоединенной массы жидкости и обводненного грунта.

Разработка указанных методов расчета и анализ на их основе условий возникновения обычного и параметрического резонанса представляют собой актуальную и практически значимую задачу строительной механики, решение которой вносит существенный вклад в повышение надежности и безопасности магистральных и технологических трубопроводов.

2. Конкретное личное участие автора в получении результатов диссертации

Личное участие автора в получении всех теоретических положений, расчетных данных, формулировке выводов не вызывает сомнений и подтверждается обширной апробацией посредством публикаций в отечественных и зарубежных изданиях, докладами на всероссийских и международных конференциях.

3. Научная новизна исследований и полученных результатов

Анализ материала, изложенного в диссертации Разова Игоря Олеговича, позволяет сделать вывод, что в ней содержатся результаты, обладающие научной новизной. Основные из них:

– Предложена и обоснована расчетная модель тонкостенного трубопровода большого диаметра, рассматриваемого как одно- или двухслойная цилиндрическая, либо однослойная тороидальная оболочка. Модель обладает расширенным перечнем действующих нагрузок при наземном, частично заглубленном и подземном размещении.

– Разработан аналитический метод определения частот и форм свободных колебаний тонкостенных прямолинейных и криволинейных (однослойных и двухслойных) трубопроводов большого диаметра, отличающийся учетом влияния упругого основания при наземной, частично заглубленной и подземной схемах размещения при заданных нагрузках и температурном воздействии. Новизна подхода заключается в том, что в полученных решениях впервые одновременно учитываются внутреннее и внешнее давление, демпфирующие характеристики окружающей среды, скорость потока транспортируемой жидкости, присоединенные массы окружающей грунтовой среды и жидкости, параметр продольной сжимающей силы, температурное воздействие, инерционные силы и упругий отпор окружающего грунта;

– Предложен аналитический метод определения критических параметров (продольной сжимающей силы и внешнего давления) для тонкостенных прямолинейных и криволинейных трубопроводов. В отличие от классических подходов, метод базируется на критерии динамической устойчивости, что позволяет исследовать потерю устойчивости при наземном, частично заглубленном и подземном размещении;

– Установлены критерии применимости оболочечных и стержневых моделей для определения наименьших частот свободных колебаний тонкостенных трубопроводов большого диаметра в виде безразмерных параметров L^* и R^* , позволяющие выбирать расчётную схему в зависимости от геометрии, материала и условий эксплуатации;

– Разработан аналитический метод оценки динамической устойчивости тонкостенных оболочек при различных схемах размещения, основанный на сведении уравнений возмущенного движения к уравнениям Матье. С использованием модифицированных диаграмм Айнса–Стретта впервые построены области параметрического резонанса для трубопроводов большого диаметра с учетом совместного действия пульсирующих нагрузок,

температурного воздействия и свойств окружающей грунтовой среды, что дает инструмент для обоснования безопасных режимов эксплуатации.

4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выполненный анализ структуры диссертации и содержания по главам позволяет утверждать, что работа Разова И.О. с точки зрения научной и методологической составляющих является цельной завершенной работой. Принятые в работе допущения и ограничения обоснованы и отражены в полном объеме. Полученные результаты можно характеризовать как научно обоснованные разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в области рационального проектирования тонкостенных оболочечных конструкций.

5. Достоверность выводов

Достоверность сделанных выводов достигается применением известных и апробированных методов строительной механики и математики; хорошим соответствием частных случаев полученных в диссертации решений с решениями других авторов как по стержневой теории, так и по теории цилиндрических оболочек, апробацией работы на конференциях, различного уровня, в т.ч. международных. Частные случаи полученных выражений так же хорошо согласуются не только с аналитическими решениями, но и с численными (ПО ANSYS).

6. Научная и практическая значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

На основании детального анализа диссертации Разова И.О. можно сделать вывод о том, что полученные им в диссертационной работе результаты являются значимыми для развития теории и методов расчета тонкостенных цилиндрических и тороидальных оболочек,

взаимодействующих с упругой грунтовой средой, и могут быть использованы в научной, проектной и конструкторской деятельности.

7. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования

Разработанные соискателем методы и алгоритмы динамического расчета для определения частот и форм свободных колебаний, а также динамической устойчивости замкнутых цилиндрических и тороидальных оболочек в упругой среде можно рекомендовать к применению в проектных организациях, научных исследованиях и учебном процессе технических вузов.

Полученные аналитические выражения могут стать основой для верификации других методов и моделей, связанных с модальным анализом и динамической устойчивости оболочек в упругой среде.

Кроме того, выполненная работа формирует значительную научно-теоретическую базу и может быть предложена в качестве основы для дальнейших исследований в части расширения авторского подхода на другие классы задач, варианты нагрузок, воздействий и типы конструкций.

8. Публикации, апробация и внедрение результатов диссертационной работы

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 41 научной работе, в том числе: 19 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 7 – в научных изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, имеется одна монография.

Результаты исследования и методы динамического расчета тонкостенных трубопроводов в виде цилиндрических и тороидальных оболочек приняты в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (Москва) и для использования в учебном процессе ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» при изучении дисциплины «Теория расчета пластин и оболочек».

Апробация работы

Основные результаты диссертации представлены в докладах на 16 научных конференциях. Также диссертация обсуждалась на научных семинарах ФГБОУ ВО СПбГАСУ и ФГБОУ ВО НИУ МГСУ.

На основании этого, можно сделать вывод о достаточной апробации результатов диссертационной работы Разова И.О.

9. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация и автореферат выполнены в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК по содержанию и оформлению работы. При этом согласно сформулированной цели научной работы, ее научной новизне, установленной практической значимости диссертация Разова Игоря Олеговича на тему «Аналитические методы динамического расчета тонкостенных трубопроводов большого диаметра в виде цилиндрических и тороидальных оболочек при наземном, частично заглубленном и подземном размещении» соответствует паспорту научной специальности 2.1.9. Строительная механика, в части п.2 – «Линейная и нелинейная механика конструкций, зданий и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета»; п.3 – «Аналитические методы расчета зданий, сооружений и их элементов на прочность, жесткость, устойчивость при статических, динамических, температурных нагрузках и других воздействиях»; п.12 – «Исследование и моделирование нагрузок и воздействий на здания и сооружения».

10. Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

- 1) Не ясно как учитывается изменение жесткости упругого основания на всей протяженности трассы трубопровода;
- 2) Почему рассмотрены только шарнирные граничные условия?
- 3) В работе не понятно, сколько членов ряда для различных волновых чисел m и n удерживается при определении частот свободных колебаний;

4) Предложенные критерии применимости стержневой и оболочечной модели в виде параметра L^* и R^* , основанные на совпадении частот при $m=1$ и $m=2$, представляют большой практический интерес. Однако в формулах присутствует множество параметров (температура, давление, упругий отпор). Существует ли опасение, что искомая граница может «размываться» или существенно изменяться в зависимости от комбинации этих факторов?

5) В работе отмечено, что при увеличении продольной сжимающей силы область неустойчивости расширяется и «стремится занять всю свободную область графика». Не противоречит ли это физическому смыслу, так как стремление частоты к нулю (статическая потеря устойчивости) должно, наоборот, сужать область параметрического резонанса вблизи этого состояния?

Указанные замечания не влияют на достоверность и корректность основных выводов и предложений автора и не снижают научно-практической значимости выполненной работы.

11. Общее заключение

Диссертация Разова И.О. на тему «Аналитические методы динамического расчета тонкостенных трубопроводов большого диаметра в виде цилиндрических и тороидальных оболочек при наземном, частично заглубленном и подземном размещении» подготовлена автором самостоятельно, обладает структурностью изложения материала, 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 отечественных и международных рецензируемых научных изданиях.

Соискатель корректно ссылается на авторов и источники использованных материалов. Результаты научных работ, выполненных автором, соответствующим образом отмечены в диссертации.

Таким образом, диссертация Разова Игоря Олеговича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, и соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к докторским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика (технические науки).

Диссертационная работа и отзыв обсуждены на расширенном заседании кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».

Присутствовало 22 человека. Результаты голосования: «за» – 22 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет. Протокол № 6 от 11 марта 2026 г.

Заведующий кафедрой

«Механика и прочность материалов и конструкций» к.т.н., доцент



Видюшенков
Сергей Александрович

Профессор кафедры

«Механика и прочность материалов и конструкций» д.т.н., профессор



Голоскоков
Дмитрий Петрович

Я, Титова Тамила Семеновна, даю своё согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы Разова Игоря Олеговича, и их дальнейшую обработку.

Первый проректор – проректор по
научной работе ФГБОУ ВО ПГУПС
д.т.н., профессор



Титова Тамила Семеновна

СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ:

Полное наименование: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Адрес: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9

Телефон: 8 (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21

Адрес электронной почты: dou@pgups.ru