

Отзыв

**официального оппонента доктора технических наук, профессора
Якубовского Юрия Евгеньевича на диссертацию Разова Игоря
Олеговича «Аналитические методы расчета динамических
характеристик прямолинейных тонкостенных трубопроводов большого
диаметра при наземной прокладке», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.17 -Строительная механика**

Актуальность темы диссертационного исследования

Применение новых тонкостенных труб в строительстве магистральных трубопроводов является важным этапом для достижения высокой пропускной способности и экономической эффективности. В результате применения таких тонкостенных конструкций перед проектировщиками ставится ряд задач, связанных с обеспечением надежности на весь период эксплуатации. Одной из таких задач является динамический расчет, цель которого заключается в определении основных динамических характеристик, в частности, частот свободных колебаний, определение которых позволит избежать опасных резонансных явлений. Точность определения значений частот в первую очередь связана с выбором адекватной расчетной модели, которая будет наиболее полно отражать работу трубопровода в зависимости от укладки, сбора нагрузок и реальных условий эксплуатации. При строительстве трубопроводов существуют различные варианты укладки, например, надземный, подземный, подводный и наземный. Для каждого такого варианта необходимо разработать свою методику расчета, которая позволит учесть влияние внешних и внутренних факторов. Поэтому задачи, связанные с колебаниями, статической и динамической устойчивостью тонкостенных трубопроводов большого диаметра, являются актуальными.

Структура диссертационной работы

Представленная к защите диссертационная работа объемом 130 страниц состоит из введения, пяти глав и заканчивается основными выводами. Приведен список литературы из 145 наименований. Во введении

сформулирована актуальность исследуемой темы, степень её разработанности, постановка целей и задач исследования.

В первом разделе представленной работы проведен анализ публикаций по теме диссертации, при этом выделены задачи свободных колебаний стержней на примерах прямолинейных трубопроводов с потоком протекающей жидкости. Проведен анализ исследований тонкостенных трубопроводов на базе теории оболочек.

Из задач параметрических колебаний выделены вопросы устойчивости стержневых трубопроводов и рассмотрена динамическая устойчивость. Колебание и устойчивость оболочек исследовались с учетом взаимодействия с протекающей жидкостью.

Обзорный раздел охватывает большой объем публикаций по вопросам, рассматриваемым в диссертации. Автор работы при проведении анализа проявил достаточную скрупулезность и грамотность, показал умение ориентироваться в рассматриваемых вопросах.

В последующих разделах диссертации содержатся разработки, выполненные Разовым И.О., выносимые на защиту. Данные исследования имеют научную новизну и практическую значимость. Кратко остановимся на основных достижениях, представленных в соответствующих разделах данной работы.

Во втором разделе рассмотрены задачи свободных колебаний и статической устойчивости наземных тонкостенных прямолинейных участков магистральных газопроводов. Здесь решалась задача определения частот свободных колебаний газопровода на упругом основании грунта, с учетом продольной сжимающей силы, внутреннего рабочего давления и геометрических характеристик. Здесь решена контактная задача с учетом взаимодействия трубопровода с грунтом по узкой полосе. В решении использовано разложение импульсной функции, описывающее контактное давление в ряд Фурье. Выражение по определению параметра критической продольной сжимающей силы с учетом влияния внутреннего рабочего давления, упругого основания грунта и геометрических характеристик

получено в аналитическом виде.

В третьем разделе представленной работы рассмотрены вопросы свободных колебаний и статической устойчивости наземных тонкостенных, прямолинейных нефтепроводов большого диаметра. Здесь на основании методики, приведенной во второй главе, получено выражение для определения квадрата частоты свободных колебаний наземного нефтепровода с учетом внутреннего рабочего давления, параметра продольной сжимающей силы, упругого основания в виде грунта, скорости протекающей жидкости и геометрических характеристик исследуемой конструкции. Получено выражение для определения параметра критической продольной сжимающей силы для нефтепровода, в котором, в отличие от решения для газопровода, дополнительно учтено влияние скорости потока протекающей жидкости.

Критерий применимости теории оболочек для определения минимальных частот наземного нефтепровода установлен в виде относительной длины трубы l^* . При этом здесь учитывается толщина цилиндрической оболочки и присоединенная масса протекающей жидкости. Решение, представленное в третьем разделе, является более общим. В решении для газопровода не учитывается масса транспортируемого продукта.

В четвертом разделе решены задачи параметрических колебаний и динамической устойчивости тонкостенных прямолинейных газопроводов и нефтепроводов при наземной прокладке. Трубопроводы находятся в условиях нестационарного воздействия внутреннего рабочего давления, продольной сжимающей силы и протекающей жидкости (для нефтепровода). В рамках работ Н.Н. Боголюбова, Ю.А. Митропольского построены верхние и нижние границы областей динамической неустойчивости в зависимости от геометрических и механических характеристик исследуемой конструкции.

В последнем, **пятом разделе** представленной работы, проведено сопоставление результатов, полученных в диссертации с известными решениями отечественных и зарубежных ученых. Сравнение на частных упрощенных решениях показало вполне удовлетворительное соответствие. Методика имеет ясную практическую направленность и теоретическую

ценность.

Результаты проведенных исследований систематизированы в основных выводах, приведенных в заключении диссертации.

Научная новизна исследований и полученных результатов

1. Разработана расчетная схема наземного трубопровода с учетом взаимодействия трубы с грунтом по узкой полосе. Решена контактная задача «труба-грунт». Получены выражения для определения параметров контактной поверхности. Для описания радиального давления грунта на внешнюю поверхность трубы произведено разложение импульсной функции в ряд Фурье.
2. Получены аналитические зависимости для определения частот свободных колебаний наземных нефте- и газопроводов, подверженных действию стационарного внутреннего рабочего давления, потока жидкости (для нефтепроводов), продольной сжимающей силы и влияния грунтового основания при различных геометрических характеристиках.
3. Получены решения для параметра критической продольной сжимающей силы наземных нефтегазопроводов, приводящей к статической потере устойчивости.
4. Установлена граница применимости теории оболочек для определения наименьших частот свободных колебаний в виде относительной длины трубопровода l^* .
5. Решены задачи параметрических колебаний и динамической устойчивости наземных трубопроводов, подверженные нестационарным воздействиям двух параметрических возбуждений для газопровода и трех для нефтепровода.

Практическая значимость работы состоит в том, что предложенные решения определения основных динамических характеристик трубопроводов и выделение областей их динамической неустойчивости при стационарных и нестационарных потоках нефти и газа позволили расширить возможности по расчету трубопроводов.

Соответствие содержания публикаций положениям диссертации

По результатам выполненных научных исследований опубликовано 12 печатных работ, отражающих основное содержание диссертационной работы, в том числе 6 статей в рекомендуемых ВАК РФ научных журналах.

Несмотря на достаточно высокий научный уровень проведенных исследований по диссертации, имеются *следующие замечания*:

1. Необходимо пояснить, как учитывается изменение жесткости грунта на всей протяженности прокладки наземного трубопровода.
2. Насколько велико влияние эффекта Кармана, т.е. сплющивания (изменение формы) поперечного сечения трубы, на конечный результат ?
3. В выводах диссертации используется терминология «вероятность возникновения параметрического резонанса», «вероятность потери динамической устойчивости». Но исследование автора носят детерминированный характер. В стохастической постановке задача не решалась.
4. Структура диссертации построена так, что завершением работы является обоснование достоверности полученных решений. Автор сначала показывает результаты своих исследований, а потом говорит о достоверности полученных решений. Традиционно это делается в другом порядке.

Заключение

Диссертационная работа Разова Игоря Олеговича «Аналитические методы расчета динамических характеристик прямолинейных тонкостенных трубопроводов большого диаметра при наземной прокладке» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, написана грамотным техническим языком, достаточно апробирована. Публикации и автореферат полно отражают содержание диссертации. Автор диссертации самостоятельно получил новые научно-обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития строительной механики. В данной работе внесен определенный вклад в развитие теории расчета трубопроводов большого диаметра и весьма эффективно доказана значимость полученных

результатов на конкретных примерах.

Все вышеизложенное дает основание считать, что диссертационная работа отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», установленным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а автор работы, Разов Игорь Олегович, заслуживает ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 -«Строительная механика».

Заведующий кафедрой
прикладной механики
ФГБОУ ВО «Тюменский
государственный
нефтегазовый университет»
д. т. н., профессор

Якубовский Юрий Евгеньевич

625000, г.Тюмень, ул.Володарского, 38, Телефон/факс: +7 (3452) 25-69-70,
general@tsogu.ru

