

Отзыв

официального оппонента кандидата технических наук Яварова Александра Валерьевича 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

Актуальность рассматриваемой работы вызвана широким применением на практике тонкостенных трубопроводов большого диаметра. Для расчета динамических характеристик таких трубопроводов следует использовать не стержневые, а оболочечные модели. При этом важно иметь оценку границ применимости теории стержней и оболочек.

Структура диссертационной работы

Диссертационная работа имеет объем равный 130 страницам и включает введение, пять глав и заключение. Список использованной литературы содержит 145 источников, из которых 31 источник на английском языке.

Во введении сформулирована актуальность исследуемой темы и степень ее разработанности. Поставлены цели и задачи исследования.

В первом разделе проведен подробный анализ публикаций связанных с темой диссертационного исследования, рассмотрены задачи свободных колебаний, статической и динамической устойчивости трубопроводов с позиции стержневой теории и теории цилиндрических оболочек.

Во втором разделе получены и решены уравнения движения наземных тонкостенных прямолинейных участков магистральных газопроводов на основании геометрически нелинейном варианте полубезмоментной теории цилиндрических оболочек среднего изгиба. Для учета влияния грунта на внешнюю стенку трубы решена контактная задача «труба-грунт», где трубопровод взаимодействует с грунтом по узкой полосе. Получены решения по определению основных параметров контактной поверхности (глубина вдавливания контактной поверхности Δ , ширина полосы контакта b , угол в локальной системе координат зависящий от глубины вдавливания контактной поверхности φ_0), а так же функция распределения радиального давления грунта на внешнюю поверхность трубы, при помощи рядов Фурье. Получены и исследованы выражения для определения квадрата частот свободных колебаний и статической устойчивости газопровода на упругом грунтовом основании с учетом параметра продольной сжимающей силы, внутреннего рабочего давления и геометрических

характеристик. Установлен критерий применимости теории цилиндрических оболочек в виде относительной длины l^* , для определения наименьших частот свободных колебаний газопровода при наземной прокладке.

В третьем разделе на основании методики приведенной во второй главе решены задачи свободных колебаний и статической устойчивости наземных тонкостенных, прямолинейных нефтепроводов большого диаметра с потоком жидкости. Получено выражение для определения квадрата частоты свободных колебаний наземного нефтепровода с учетом внутреннего рабочего давления, параметра продольной сжимающей силы, упругого грунтового основания, скорости потока протекающей жидкости и геометрических характеристик. Используя критерий динамической устойчивости (когда частота ω_{mn} обращается в ноль) получено выражение для определения параметра критической продольной сжимающей силы для наземного нефтепровода, где дополнительно учтено влияние скорости потока протекающей жидкости. Здесь так же, как и во втором разделе установлен критерий применимости теории оболочек для определения минимальных частот свободных колебаний наземного нефтепровода в виде относительной длины трубы l^* , где в отличие от газопровода дополнительно учтено влияние присоединенной массы жидкости.

В четвертом разделе решены задачи параметрических колебаний и динамической устойчивости наземных тонкостенных прямолинейных газо- и нефтепроводов большого диаметра, при комплексном воздействии двух параметрических возбуждений для газопровода (нестационарное внутреннее рабочее давление, и продольная сжимающая сила), и трех для нефтепровода (нестационарное внутреннее рабочее давление, продольная сжимающая сила и скорость протекающей жидкости). Построены главные области динамической неустойчивости при помощи модифицированных диаграмм Айнса-Стретта, в зависимости от геометрических и механических характеристик трубопроводов.

В пятом разделе представленной работы, проведено сравнение и сопоставление частных случаев решений полученных в диссертации, с решениями других авторов как по стержневой теории при $m=1$, так и по теории оболочек при $m>2$.

В заключении работы приведены основные выводы по диссертации, и результаты исследования.

Научная новизна исследований и полученных результатов

1. Впервые решена контактная задача, где трубопровод взаимодействует с грунтом по узкой полосе контакта. Получены аналитические зависимости для определения параметров контактной поверхности. При помощи рядов Фурье произведено

разложение импульсной функции определяющей радиальное давление грунта на внешнюю поверхность трубы.

2. На основании геометрически нелинейном варианте полубезмоментной теории цилиндрических оболочек и теории потенциального течения стационарного потока жидкости получены и исследованы выражения для определения квадрата частоты свободных колебаний наземных тонкостенных нефте- и газопроводов большого диаметра, подверженных действию внутреннего рабочего давления, продольной сжимающей силы, скорости потока протекающей жидкости, и влияния упругого грунтового основания при различных геометрических характеристиках.

3. Получены аналитические зависимости для определения параметра критической продольной сжимающей силы наземных нефте- и газопроводов, приводящей к потери статической устойчивости.

4. Установлен критерий применимости теории оболочек для определения наименьших частот свободных колебаний нефте- и газопроводов в виде относительной длины l^* .

5. Разработана методика оценки динамической устойчивости нефте- и газопроводов при наземной прокладке с использованием системы уравнений Матье. Впервые получены решения задачи динамической устойчивости нефтепровода при комплексном воздействии трех параметрических возбуждений (нестационарного внутреннего рабочего давления, продольной сжимающей силы, и скорости потока протекающей жидкости). Построены области динамической неустойчивости при помощи модифицированных диаграмм Айнса-Стретта. Полученные диаграммы позволяют оценить влияние геометрических и механических характеристик на размеры, и расположение областей динамической неустойчивости.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации

В рассматриваемой диссертации подробно рассмотрен вопрос свободных колебаний, статической и динамической устойчивости наземных тонкостенных нефтегазопроводов большого диаметра. Получены аналитические решения, и показана методика оценки динамической устойчивости трубопроводов при нестационарном воздействии.

Изучение сделанных выводов и полученных научных результатов позволило установить, что соискатель достаточно глубоко владеет рассматриваемым вопросом. Сформулированные выводы полно отражают полученные в диссертации решения и эффект влияния геометрических и механических параметров на динамические

характеристики трубопроводов. Автором корректно использованы апробированные методы и уравнения строительной механики и математики (например метод Фурье). Полученные в диссертации частные случаи решений хорошо согласуются с решениями других авторов как по стержневой теории, так и по теории цилиндрических оболочек.

Практическая значимость работы

Полученные автором диссертации решения могут быть использованы при проектировании линейных сооружений совместно с компьютерными программами, давая качественную оценку величин динамических параметров трубопроводов.

Также в качестве возможного приложения работы следует указать на использование полученных решений в качестве верификационных задач для программ, в которых реализованы различные численные методы.

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.

К выполненной работе имеются следующие **замечания**:

1. Решения задач получены без учета присоединенной массы грунта, окружающего трубопровод.
2. Не учтен односторонний характер связи, моделирующей работу грунта.
3. В диссертации на стр. 47 автор пишет: «При этом следует иметь в виду, что участок газопровода теряет устойчивость как тонкостенный стержень с учетом деформации поперечных сечений, а не как короткая цилиндрическая оболочка при осевом сжатии, теряющая устойчивость за счет местного выпучивания стенок». Следует пояснить, чем обосновывается данный вывод.
4. Аналитические решения в настоящее время представляют особую ценность с позиции верификации программ, реализующих численные методы расчета инженерных конструкций. В работу следовало добавить сравнение полученных аналитических решений с результатами расчетов в прикладных программах.

Заключение

Диссертационная работа Разова Игоря Олеговича «Аналитические методы расчета динамических характеристик прямолинейных тонкостенных трубопроводов большого диаметра при наземной прокладке» выполнена на актуальную тему, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решаются задачи свободных колебаний, статической и динамической устойчивости наземных тонкостенных трубопроводов большого диаметра имеющих важное хозяйственное значение. Работа апробирована на конференциях и семинарах различного уровня, в т.ч. и международного.

Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации. Автор самостоятельно получил новые научно-обоснованные технические решения, которые могут быть использованы в расчетах трубопроводов как на стадии проектирования, так и при проведении технической экспертизы.

Несмотря на отмеченные по работе замечания всё вышеизложенное даёт 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 присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 - «Строительная механика».

Руководитель группы

ООО «ИСП Георекострукция», к.т.н.

Яваров Александр Валерьевич

Измайловский пр., 4, офис 418, Санкт-Петербург, 190
8 (812) 575-37-66, yavarov_av@mail.ru