

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу
Денисова Григория Валентиновича
«Аналитический метод расчета заглубленных
магистральных трубопроводов при сейсмическом воздействии
с учетом локальных колебаний»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности
05.23.17 – Строительная механика

Актуальность темы диссертации

В рецензируемой работе рассматривается одна из наиболее сложных конструкций для расчета на сейсмические воздействия – подземный трубопровод. Современная урбанизированная территория пронизана различного рода трубопроводами. При землетрясениях трубопроводные системы серьезно повреждаются, а нормы их расчета не соответствуют инженерным потребностям. Современные программные средства, основанные на МКЭ, теоретически могут учесть особенности сейсмических колебаний любых сложных объектов. Однако задать исходные данные так, чтобы учесть динамическое взаимодействие трубопровода с грунтом засыпки и дневной поверхностью является сложной задачей. При этом крайне сложно оценить результаты расчета, в которых трудно выделить влияние тех или иных особенностей колебаний системы. С указанной точки зрения рецензируемая работа позволяет достаточно просто проанализировать и оценить некоторые важные особенности сейсмических колебаний трубопроводов. Это обуславливает актуальность темы диссертации.

**Оценка содержания диссертации, ее завершенности в целом,
замечания по оформлению диссертации.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 111 наименований, включая 11 иностранных источников.

Общий объем диссертации составляет 99 страниц, в том числе 51 рисунок и 3 таблицы и список литературы на 7 стр.

Прежде, чем переходить к рассмотрению разделов работы следует отметить, что автор не придерживается привычной для рецензента формы изложения, в которой четко выделяется состояние вопроса, цель и метод исследований и далее следуют собственные исследования автора. Отсутствие детального обзора методов расчета трубопроводов приводит к некоторой неопределенности при формулировании цели исследования. Тем не менее, работа получилась достаточно интересной, а при желании может быть использована в широкой инженерной практике. По форме диссертация похожа на работы, представляемые в Европе и США для получения степени PhD. Там работа больше похожа на подробный обзор, в который вкраплены собственные результаты соискателя.

Обратимся к анализу глав диссертации.

Во введении обоснованы тема и задачи исследования, актуальность рассматриваемой проблемы, формулируются задачи исследования, дается краткая характеристика работы. Важным элементом введения является обзор современных методов расчета трубопроводных систем. Правда, обзор весьма краток, но основные подходы к проблеме в нем затронуты. Некоторые важные детали, например, разные скорости распространения волн в грунте и трубе, разжижение грунта, проскальзывание трубы относительно грунта, отражение волн от дневной поверхности и т.д., которые относятся к проблеме, но не учитываются в работе, следовало бы упомянуть в обзорной части. Тогда сразу бы стало ясно место исследований диссертанта в общей задаче обеспечения сейсмостойкости трубопроводов.

Первая глава диссертации рассматривает проблему роли различных форм при анализе колебаний сложных конструкций. Сама по себе проблема весьма сложная и не имеет до настоящего времени приемлемого решения. Однако автор и не пытается подойти к решению проблемы. В достаточно

популярной форме в главе описаны известные проблемы учета вклада разных форм в общую картину колебаний сложных систем. Зачем появилась эта глава, становится ясным после прочтения выводов и дальнейшего изложения. Автор в дальнейшем решает описанные проблемы для стержня на упругом основании. Иными словами, главу можно рассматривать как обоснование цели исследования.

Вторая глава посвящена решению задач о колебаниях стержней на упругом и вязкоупругом основании. Вообще говоря, материал представляет безусловный интерес и имеет практическую значимость. Оценку исследований диссертанта осложняет отсутствие обзора и нечеткость описания исходных посылок. Например, в работе нет четкой постановки задачи, не сказано явно, что рассматриваются установившиеся колебания под действием гармонического перемещения в начале координат. В автореферате четкая постановка имеется. Решение для задачи без затухания известно. В той или иной форме оно приводится в справочнике проектировщика «Динамический расчет специальных инженерных сооружений и конструкций», в учебнике В.А. Киселева «Строительная механика. Специальный курс». В известных публикациях отмечается влияние упругого основания на затухание колебаний и изменение групповой скорости. Что касается уравнения колебаний балки на вязкоупругом основании, то здесь можно отметить работы О.Я. Шехтер (1963 г.), А.И. Цейтлина (1964 г.), а также исследования колебаний рельсовых плетей бесстыкового пути. В процессе изложения автор не указывает, что является его достижением, а что заимствовано из литературных источников. Новизна исследований отмечается только в заключении к главе, где сказано, что автор претендует на получение частоты отсечки для балок на вязкоупругом основании. По нашему мнению это соответствует действительности. Представляет интерес также оценка возможности возникновения бегущих волн в трубопроводах от точечного источника и длина зон распространения таких волн.

Инженера обнадеживает, что выявленные диссертантом эффекты реализуются лишь для очень высокочастотных колебаний. Автор приводит пример километровых зон распространения для периода 0.03 с, рассматривая при этом возможность уменьшения амплитуды волн в 100 раз. Инженеры в области сейсмостойкого строительства оперируют с периодами от 0.1 с до 2-3 с, а после уменьшения амплитуды в 4 раза колебания становятся не значимыми. Но возможность распространения волн на несколько десятков метров тоже имеет значение.

Третья глава посвящена анализу прохождения волны по волноводу при наличии на нем сосредоточенной массы. Материал достаточно интересен и из него следует вывод, что возникающие в этом случае «ловушечные» формы колебаний являются высокочастотными и не должны учитываться в динамических расчетах на сейсмику.

Зачем-то автор в выводах написал, что они могут иметь определяющее значение, что обещано показать в главе 5. Видимо и этот вывод следует поместить в конце главы 5.

Так же, как и во второй главе, изложение диссертанта затрудняет выявление его собственных достижений.

Четвертая глава посвящена анализу влияния неоднородности основания на прохождение волн в трубе. Рецензенту не известны исследования по этому вопросу, однако диссертант ссылается на две монографии известных авторов (С.П. Тимошенко и Д.А. Индейцев). Хотелось бы выделить, что заимствовано из этих источников и что получено лично автором.

Вообще говоря, выводы по разделу, описывающие особенности прохождения волн по трубе в зонах неоднородностей, достаточно интересны, но они относятся к высокочастотным колебаниям. Диссертант многократно приводит фразу-ссылку, что «сейсмические частоты не превышают 35 Гц (Бирбраер, 1998; Тяпин, 2013)» и работает с частотами 31, 34 Гц и т.п. Хотелось бы отметить, что А.Г. Тяпин и А.Н. Бирбраер работают с АЭС, и

для них важна не прочность конструкции, а работоспособность оборудования. С точки зрения прочности частоты выше 20 Гц нет смысла рассматривать.

Пятая глава, хоть и короткая, но достаточно важная. В ней диссертант отмечает, что напряжения в трубопроводах должны складываться из напряжений при общей деформации трубы с грунтовым массивом и локальных напряжений, обусловленных волновыми эффектами при проходе волной неоднородностей. Даются общие формулы оценки указанных напряжений. По-видимому, их можно использовать для расчета трубопроводов на действие проектных (относительно слабых, частых) землетрясений, предполагающих упругую работу системы. Для МРЗ учет кратковременных пиковых перегрузок требует дополнительных исследований. Возможно, особенно в стальных трубопроводах, они не будут опасны для конструкции.

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

Автором сформулировано 14 основных результатов и выводов.

Первый вывод – констатирующий. Он касается наличия у строительных конструкций смещенного (дискретного и сплошного) спектра частот. Вывод не вызывает сомнений, но и не является новым.

Второй вывод отмечает наличие локальных форм колебаний в сложных системах. С этим постоянно сталкиваются инженеры-расчетчики. Он не вызывает сомнений и не является новым.

Третий вывод – о необходимости проведения сложных и трудоемких расчетов для анализа влияния локальных форм колебаний, безусловно, справедлив и тоже не нов.

Вообще говоря, первые три вывода можно рассматривать, как обоснование исследований диссертанта. Они констатируют сложившееся состояние вещей и указывают на полезность работы диссертанта.

Четвертый вывод основан на исследованиях диссертанта. Описание влияния демпфирования на характер распространения волн в стержне на упругом основании обосновано в работе и имеет научный и практический интерес.

Пятый вывод о влиянии затухания на частоту отсечки обоснован диссертантом и имеет научную новизну и практическую значимость.

Шестой вывод о длине распространения волн от источника обсуждался при рассмотрении содержания работы. По нашему мнению длина участка распространения, значимая для инженера, сильно (раз в 100) завышена, но вывод имеет научное и практическое значение, а полученные формулы могут использоваться с учетом интересующих инженера частот воздействия и падения уровня напряжений в трубе.

Седьмой вывод о влиянии точечной массы на характер колебаний стержня интересен, но известен.

Восьмой вывод о коэффициентах отражения и прохождения волн через преграду в виде сосредоточенной массы, представляет безусловный интерес, но автору следует указать новизну разработки по сравнению с известными работами Д.А. Индейцева, А.Д. Сергеева и С.С. Литвина.

Девятый вывод о напряжениях при отражении высокочастотных волн от включения обоснован в работе и представляет научный и практический интерес.

Десятый вывод о влиянии протяженного включения на характер колебаний стержня важен. Он представляется очевидным и, вряд ли, может считаться новым.

Одиннадцатый вывод – констатирующий. В работе действительно приведены формулы для коэффициентов отражения и преломления продольных волн.

Двенадцатый вывод о локальном повышении напряжений в месте изменения свойств грунта не вызывает вопросов и детально обоснован в работе.

Тринадцатый вывод – констатирующий. В работе действительно получены формулы для оценки напряжений в местах трубопровода с массовыми и жесткостными неоднородностями.

Четырнадцатый вывод указывает на возможность существенного повышения напряжений в локальных областях появления неоднородностей по длине трубопровода. Вывод обоснован и имеет научное и практическое значение. Особенности его использования для расчета на ПЗ и МРЗ обсуждались выше. Скорее всего, фактические напряжения будут меньше полученных вследствие проскальзывания трубопровода в грунте.

Достоверность и научная новизна полученных результатов подтверждается использованием апробированных методов теории колебаний, соответствием результатов исследований опыту прошлых землетрясений и экспериментальным данным, также соответствием результатов работы данным других исследований, работающих в этой области.

Ценность для науки и практики.

Из рецензируемой работы можно сделать один простой и важный вывод – резонансных динамических эффектов при сейсмическом воздействии на трубопроводы ожидать не следует, а локальный рост напряжений вследствие волновых процессов в системе возможен и должен учитываться. Сам по себе этот вывод имеет большое практическое значение. Он упрощает анализ результатов сложных конечно-элементных расчетов.

Представляют практический интерес и оценочные расчетные формулы в главе 5 диссертации.

Нужно сказать, что модель диссертанта значительно ближе подходит к расчету рельсовых плетей, чем к расчету трубопроводов. В связи с этим все результаты автора можно напрямую использовать при динамических расчетах рельсового пути.

Хотелось бы отметить, что, несмотря на непривычное расположение материала и определенные недостатки изложения, представленный материал имеет научную красоту и изящество. Рецензент прочитал работу внимательно и с большим интересом, что вызвало, по-видимому, значительное количество замечаний.

По работе необходимо высказать следующие замечания:

1) *Имеются общие замечания по оформлению. На рисунках не стержень опирается на пружины, а пружины подвешены к стержню, как латша. Рисунки MathCad выглядят сплошным серым пятном. Обозначения на рисунках оставлены из программы и не соответствуют тексту. Это относится ко всем рисункам. Например, рис.1.1.4 по оси ординат читаем VALU, единицы измерения не указаны, чему соответствуют кривые на рисунке не указано. В программе они цветные, а в работе все серое и не различимое. Далее единицы измерения в одних местах КГ, в других Н, напряжение и давление то в кг/см^2 , то в МПа, частота то в Гц, то в рад/с. В результате сам автор путается, например, на стр.35 «период колебаний грунта 0,66-0,73 с (8,6-9,5Гц)», а надо рад/с; уже говорилось о рисунках, но пояснения к формулам тоже не везде идеальны, например на стр.28 читаем « c_p - скорость распространения сейсмической волны, С - скорость распространения сейсмической волны». Сказанное оставляет неприятный осадок и затрудняет прочтение работы.*

2) Общее замечание относится к факторам, влияющим на сейсмостойкость трубопроводов. К ним традиционно относят процессы динамического воздействия трубы с грунтом. Это разная скорость распространения волн в трубе и наличие волн, отраженных от поверхности. Разная скорость распространения волн приводит к проскальзыванию трубы относительно грунта и разрыву трубы возникающими силами трения. Отраженные от поверхности волны могут существенно исказить картину колебаний трубопровода. Автор выявил новые аспекты колебаний трубопроводов. Следовало бы указать их роль при оценке сейсмостойкости по сравнению с другими факторами. Например, проскальзывание трубопровода в грунте должно приводить к снижению напряжений в месте отражения волн.

3) В главе 1 следует отметить, что разделение спектра системы на дискретную и сплошную части существенно зависит от величины и механизма демпфирования в системе.

4) На стр. 28 автор ошибочно указывает, что в работе Л.Н. Дмитривской в качестве воздействия «принимается некая условная гармоническая функция». У нее воздействие принято в виде суперпозиции импульса скорости и высокочастотного (случайного) процесса, причем параметры воздействия увязаны с параметрами очага.

5) В главе 2 вводится показатель демпфирования. Он определяется в работе одним коэффициентом неупругого сопротивления γ , причем не указывается, к какому материалу этот коэффициент относится. В стальной трубе $\gamma \approx 0.04$, в грунте $\gamma \approx 0.1-0.2$; большое значение имеет излучение энергии трубой в грунтовой массив, для однородного основания в пересчете на γ , оно может превышать 0.3-0.5. По-видимому, для аккуратного учета демпфирования надо решать конечно-элементную задачу для системы с неоднородным демпфированием. Как это увязать с принятой расчетной моделью, пока не ясно.

б) По главе 3 следует четко выделить, в чем новизна исследований автора по сравнению с аналогичными исследованиями других авторов, в частности, см. Д.А. Индейцев, А.Д. Сергеев, С.С. Литвин. Особенности резонансных колебаний упругих волноводов с инерционными включениями. ЖТФ, 2000, т. 70, Вып. 8, стр. 8.

Публикация основных положений диссертации.

Основные положения диссертации опубликованы в 13 печатных работах автора и доложены на 5 конференциях. Из 13 публикаций – 2 единоличные, 11 публикаций представлены в журналах списка ВАК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценивая диссертационную работу Денисова Григория Валентиновича в целом, можно утверждать, что она является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям п.9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям в которой содержится решение задачи, важной для развития строительной механики. В работе предложена методика и получены расчетные формулы для оценки дополнительных напряжений в трубопроводах, вызванных волновыми процессами в них при сейсмических воздействиях. Полученные результаты могут применяться для оценки сейсмостойкости трубопроводов, а также для оценки динамических эффектов в рельсовых плетях.

Результаты исследований представлены в научных публикациях и апробированы на конференциях различного уровня. Автореферат соответствует основным идеям и выводам диссертации.

Замечания по диссертации, высказанные выше, не влияют на общую положительную оценку выполненной работы.

Представленная диссертация и автореферат соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор диссертации – Денисов Григорий Валентинович – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – «Строительная механика».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук,
профессор ФГБОУ ВПО «Петербургский
государственный университет путей
сообщения Императора Александра I»,
профессор кафедры «Теоретическая механика»,
заместитель заведующего
по научно-исследовательской работе

*А**7*

Уздин Александр Моисеевич

Член Российской (РАСС) и Европейской (EAEE) ассоциаций по сейсмостойкому строительству, член EERI (США), член международной ассоциации по специальным методам сейсмозащиты (ASSISi), член РОМГГиФ, ISSMGE, эксперт Лиги экспертов Межправительственного совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ

190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Тел. 8 (812) 457-82-49, 457-89-25

E-mail: dou@pgups.edu; <http://www.pgups.ru>

Подпись руки	<i>А.М. Уздина</i>
Секретарю.	<i>1</i>
Ведущий Слу:	ния персоналом
университета	Г.Е. Егоров
<i>21. ноября 2014 г.</i>	