

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Нгуен Зыонг Фунга

на тему «Исследование вибропоглощающих свойств пластины под воздействием нестационарных волн различного вида»

по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертация Нгуен Зыонг Фунга посвящена построению численно-аналитического описания вибропоглощающих свойств волновых барьеров в грунте. В модель заложена возможность учёта различных конструктивных схем виброзащитных препятствий, а также различных свойств грунтового массива по разные стороны от преграды.

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена необходимостью защиты зданий и сооружений от вибрационных воздействий, распространяющихся в грунтовом массиве в сейсмоопасных регионах или в городской черте вблизи подземных и наземных транспортных объектов.

Рассматриваемые соискателем математические модели применимы для описания взаимодействия затухающих волн, распространяющихся в грунтовом массиве, с вертикальными волновыми барьерами. Построение непротиворечивого математического описания является необходимым для повышения эффективности процесса проектирования виброзащитных препятствий, достоверной оценки их вибропоглощающих свойств, обеспечения необходимого уровня гашения колебаний в защищаемом сооружении. Продуманность и обоснованность выбора конструкции волновых барьеров неразрывно связана с высокой степенью точности выполняемых расчётов, обеспечиваемой предложенной соискателем моделью, что минимизирует риски при эксплуатации защищаемых сооружений.

Для эффективной вибрационной защиты требуется сооружение преград значительной протяжённости, в частности, в случае защиты от сейсмических воздействий волновой барьер должен целиком охватывать защищаемую область. Поэтому актуальной является также задача оптимизации материалоёмкости

Уд. док. № 03 06 20 22
обеспечения МАИ

преграды, обеспечивающей требуемый уровень вибропоглощения. В сравнении с методом конечных элементов, часто используемым для численного моделирования работы вертикальных волновых барьеров в грунте, численно-аналитическая модель реальных физических процессов, происходящих при прохождении волной защитного барьера, может быть более эффективно использована для построения оптимизационного алгоритма.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения диссертации обоснованы корректной постановкой задачи, основанной на подробном анализе моделей и методов моделирования распространения волн в упругой среде и вибропоглощающих свойств сейсмических барьеров. Основные выводы и рекомендации соответствуют проведённым исследованиям и полученным результатам.

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты апробированы на конференциях российского и международного уровня, в том числе:

- VI-VII международных научных семинарах «Динамическое деформирование и контактное взаимодействие тонкостенных конструкций при воздействии полей различной физической природы» (г. Москва);
- XXIV-XXVII международных симпозиумах «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред им. А. Г. Горшкова» (г. Москва).

Кроме этого, по результатам диссертационного исследования опубликованы 15 печатных работ, из которых 2 входят в перечень ВАК и 4 – в базу Scopus.

Достоверность и новизна, полученных результатов

Достоверность результатов, полученных в ходе диссертационного исследования, обеспечивается корректным использованием основных положений теории упругости, механики сплошной среды и акустики, а также обоснованным применением апробированных аналитических и численных методов для решения задач, поставленных в диссертации.

В ходе настоящего исследования получены следующие новые результаты:

- построена численно-аналитическая модель взаимодействия затухающих волн различной формы, распространяющихся в упругой среде, с преградами различной конфигурации;

- создан метод оценки поглощающих свойств виброзащитной преграды;
- созданная модель позволяет вычислять значения напряжений и перемещений в любой точке грунтового массива за виброзащитной преградой.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в построении новой модели взаимодействия затухающих волн с вертикальной преградой в грунтовом массиве, с учётом различных физических и геометрических свойств преграды и грунтовых массивов, расположенных по разные стороны от неё.

Практическая значимость диссертационного исследования состоит в создании метода оценки вибропоглощающих свойств волновых барьеров в грунте. Предложенный подход может быть использован при проектировании виброзащитных препятствий и при решении задач оптимизации их конструкций.

Оценка содержания диссертации, её завершенности

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Общий объём диссертации составляет 118 страниц, в текст входят 22 рисунка и 3 таблицы. Библиографический список состоит из 115 наименований.

Диссертация представляет собой логичную, завершённую научно-исследовательскую работу, направленную на решение актуальной задачи и содержащую обоснованные новые и значимые результаты.

Во введении обоснована актуальность решаемой задачи, сформулированы цель работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, основные положения, выносимые на защиту, охарактеризованы методы исследования, обоснована достоверность полученных результатов. Приводятся сведения об апробации полученных результатов и опубликованных по теме исследования печатных работах.

В первой главе выполнен достаточно полный обзор различных причин возникновения вибрационных воздействий в грунтовом массиве, методов оценки их интенсивности, типов волн, распространяющихся в грунте и видов виброзащитных мероприятий. В первой части обзора, посвященной источникам вибраций, отмечается, что при описании вибраций, возникающих в грунтовом массиве от

транспорта, тяжёлого производственного оборудования и т.д., в большинстве случаев не возникает необходимости учёта работы грунта в пластической стадии. Во второй части приводятся методы оценки вибрационных воздействий, в том числе в соответствии с российскими нормами проектирования. Автором указано, что из всех видов вибраций – стационарных, импульсных и стохастических – в диссертационном исследовании рассматривались только воздействия в виде одиночного затухающего импульса. В третьей части перечислены некоторые ключевые расчётные модели грунтов, такие как модель фильтрационной консолидации, модель предельного равновесия, модели линейного и нелинейного деформирования грунтов. В разделе, посвящённом разным типам объёмных и поверхностных волн, автор отмечает, что в диссертации рассматриваются источники вибраций, заложенные глубоко в грунтовом массиве, в связи с чем поверхностные волны не рассматриваются. Приводится обзор волновых барьеров различной конструкции. Отмечаются зарубежные исследования, посвященные выявлению корреляции геометрических и физических характеристик барьеров с интенсивностью виброзащитного эффекта. В конце первой главы сформулирована постановка задачи – рассматривается вертикальная пластина в грунтовом массиве, на которую набегают плоские или цилиндрические затухающие волны, причём предусмотрена возможность учёта волн, отражённых от преграды. Кроме этого, сформулированы начальные и граничные условия, что позволяет в дальнейшем корректно решать поставленную задачу.

Во второй главе строится описание движения грунтового массива как однородной упругой изотропной среды. Уравнения движения записываются относительно скалярного и векторного потенциалов перемещений в грунте. После разложения функций, входящих в уравнение движения, в тригонометрические ряды применяется преобразование Лапласа, и в пространстве изображений в безразмерном виде определяются значения напряжений и деформации в любой точке грунтового массива, находящегося перед преградой, а также на границе этого массива и преграды. Рассматриваются как плоские, так и цилиндрические волны. Постоянные модели определяются численно.

В третьей главе рассматривается движение вибрационного барьера в виде однородной пластины и его взаимодействие с затухающими волнами различной конфигурации. В качестве модели барьера использовалась пластина Кирхгофа-Лява. Также, как и к уравнению движения грунтового массива, к сформулированному

уравнению движения пластины применялось преобразование Лапласа. С использованием значений перемещений средней линии преграды и напряжений в грунтовом массиве, выраженных через кинематические параметры пластины, возможно определить в пространстве изображений значения перемещений и напряжений в любой точке грунтового массива, расположенного за барьером. Ввиду значительной сложности полученных соотношений, автор осуществляет переход в пространство оригиналов с использованием численных методов Ф. Дурбина. На конкретном примере автором продемонстрирована возможность определения напряжений и перемещений в различных точках грунтового массива. В частности, приведено сравнение амплитуд нормальных перемещений, полученных при наличии волнового барьера, с амплитудами при распространении волны в сплошном массиве грунта.

В четвертой главе задача взаимодействия затухающих волн, распространяющихся в грунте, решается для трёхслойной пластины, где внешние несущие слои являются упругими и изотропными, а внутренний слой обладает ортотропными свойствами. В качестве модели трёхслойного барьера использована модель Паймушина В.Н. В систему уравнений движений входят все физические и геометрические характеристики слоев пластины, что позволяет достоверно моделировать её динамическое поведение. Аналогично третьей главе после всех преобразований и получения выражения для напряжений и перемещений в грунтовом массиве за барьером, продемонстрированы результаты, полученные для трёхслойной пластины с заданными характеристиками.

В пятой главе производится сравнительный анализ виброзащитных свойств двух пластин различной конструкции – однородной сплошной пластины, выполненной из стали, и трёхслойной пластины В.Н. Паймушина, несущие слои которой выполнены из стали, а промежуточный слой – из алюминиевых листов, объединённых в ячеистую структуру. Геометрия сплошной пластины подбиралась так, чтобы она была эквивалентна по жёсткости трёхслойной пластине. Из результатов, полученных с использованием построенных численно-аналитических моделей, видно, что трёхслойная пластина более эффективно поглощает волновые воздействия в сравнении с однородной пластиной. Этот результат можно считать косвенным подтверждением корректности построенной модели, так как в различных

источниках отмечается, что более эффективными являются виброзащитные барьеры, выполненные из нескольких слоев различной плотности и жёсткости.

В заключении представлены основные выводы, следующие из полученных автором результатов.

В приложении А приведены использованные в диссертации численные методы обращения преобразования Лапласа.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Автором впервые разработаны численно-аналитические модели, имеющие значительную аналитическую и практическую ценность. Исследования, выполненные в работе, подтверждают их внутреннюю непротиворечивость и корректность. Однако сравнение результатов, полученных в диссертации, с данными физического эксперимента или с результатами моделирования взаимодействия затухающих волн с пластиной в грунте, полученными с использованием альтернативных численных методов, дополнительно подтвердило бы достоверность модели.
2. В качестве источника вибрационных возмущений автором рассматривается только одиночный импульс, тогда как известно, что в зависимости от частоты вибрационных возмущений периодического характера, распространяющихся в грунте, волновые барьеры могут демонстрировать различную эффективность вибропоглощения. Кроме того, вибрации, возникающие от транспорта, промышленного оборудования и сейсмических воздействий, в большинстве случаев носят периодический, прерывистый или недетерминированный характер.
3. Насколько можно судить по отечественным и зарубежным публикациям, в том числе упомянутым в первой главе диссертации, наиболее часто сейсмические препятствия в виде заполненных траншей значительной протяжённости выполняются из железобетона или, реже, из вязкоупругих материалов. Поэтому пример, рассматриваемый в третьей и пятой главах диссертации, носит несколько абстрактный характер, так как сплошная стальная пластина высотой 12 м и толщиной 6,7 см представляется крайне невыгодным решением с точки зрения стоимости, а также установки её в проектное положение, организации стыков и т.п.

4. Графики изменения максимальных значений амплитуд в зависимости от расстояния от источника и положения перед вибрационной преградой и за ней позволили бы более наглядно продемонстрировать эффект снижения вибраций при устройстве виброзащитных барьеров.
5. Несмотря на весьма подробный обзор литературных источников, не упомянуты труды Е.Н. Курбацкого по оценке сейсмостойкости зданий и сооружений, а также работы коллектива авторов под руководством Т.Р. Рашидова, направленные на решение прикладных задач сейсродинамики, причем в монографиях Т.Р. Рашидова и его коллег присутствует значительный объём результатов конечно-элементного моделирования работы виброзащитных преград различных типов.
6. В тексте диссертации присутствуют некоторые опечатки, искажающие смысл. К примеру, на с. 66 присутствует ссылка на выражение (3.20) вместо (3.15), на с. 67 - на (3.27) вместо (3.22) и др.

Перечисленные замечания не снижают качества проведённого исследования, и не являются препятствием для положительной оценки диссертационной работы.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, содержит основные положения диссертационной работы, цель и задачи исследования, обоснованную научную новизну защищаемых автором положений.

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. М.: Стандартинформ. – 2012.

Диссертация полностью соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», по пунктам 10, 11 и 14, а именно:


- Диссертация обладает внутренним единством и содержит новые, полученные лично автором результаты, что соответствует п. 10 Положения о присуждении ученых степеней.
- В соответствии с п. 11 Положения о присуждении ученых степеней, основные результаты исследования опубликованы в двух статьях, входящих в перечень ВАК РФ, и в двух статьях, входящих в международную базу Scopus.

- В диссертации присутствуют все необходимые ссылки на авторов и источники заимствования в соответствии с п. 14 Положения о присуждении ученых степеней

Заключение

Диссертация Нгуен Зыонг Фунга на соискание учёной степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, посвященной решению актуальной научной задачи и содержащей новые результаты, что отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а её автор, Нгуен Зыонг Фунг, заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Официальный оппонент
Бадьина Елена Сергеевна,
кандидат технических наук,
05.23.17 – Строительная механика,
127994, Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9,
+7-(495)-609-21-16, shepitko-es@mail.ru,
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», РУТ(МИИТ)
доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования»


(подпись)

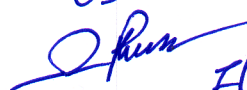
Бадьина Е.С.
(инициалы, фамилия)

« 31 » мая 2022 г.



Подпись Бадьиной Е.С.
Завещаю
Директор ЦКДЭС
С.Н. Коржин

С отзывом о замечаниях
03.06.2022.


Нгуен Зыонг Фунг.