

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Евдокимова Александра Александровича "Возбуждение и распространение упругих волн в протяженных смарт-структурах с активными пьезосенсорами", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела

Диссертационная работа А.А. Евдокимова посвящена исследованию волновых процессов в упругих слоистых волноводах с активными пьезоэлементами, которые получили название смарт-структуры. Примерами таких структур являются разрабатываемые для аэрокосмической промышленности распределенные системы непрерывного активного ультразвукового мониторинга состояния элементов конструкции авиалайнера, акустоэлектронные устройства на поверхностных акустических волнах и электромеханические устройства прецизионного позиционирования. В диссертационной работе исследуются особенности возбуждения бегущих волн тонкими гибкими пьезонакладками (пьезоактуаторами), распределение энергии пьезоисточника между генерируемыми волнами и ее перераспределение при дифракции на локальных препятствиях. Актуальность данной тематики определяется как указанными приложениями в сфере высоких технологий, так и логикой развития методов решения динамических задач теории упругости. Проводимые исследования направлены на повышение вычислительной эффективности разрабатываемых методов и физической наглядности результатов.

Основой для анализа особенностей формирования волновых полей и энергетических процессов, обусловленных строгим учетом источников и наличием препятствий, является традиционный для нашей школы механиков интегральный подход, основы которого заложены И.И. Воровичем, В.А. Бабешко и их учениками. В рамках данного подхода решение рассматриваемой задачи (волновое поле) строятся в виде интегральных представлений, использующих матрицу Грина исследуемой волноводной структуры. Такие представления дают возможность создавать малозатратные компьютерные модели, нацеленные на проведение быстрого параметрического анализа амплитудно-частотных и энергетических характеристик изучаемых волновых процессов.

В рамках данного подхода А.А. Евдокимов разработал ряд математических и компьютерных моделей для полосового пьезоактуатора, провел сопоставление диапазона их применимости, выполнил расчет оптимальных параметров возбуждения упругих волн в системе волновод-пьезонакладка и обобщил связную модель пьезоактуатора на пространственный осесимметричный случай. Для решения задач дифракции возбуждаемых бегущих волн на локальных препятствиях произвольного вида им была реализована гибридная численно-аналитическая схема, основанная на сопряжении конечно-элементного решения в локальной окрестности препятствия и/или источника с явным аналитическим представлением (модальным разложением) в полубесконечной внешней области. На этой основе рассчитываются коэффициенты прохождения и резонансные частоты рассеяния для упругих волн, набегающих на одиночные препятствия различного вида (рельефная поверхность, объемные полости и упругие включения), а также вычисляются

аналогичные характеристики для структур с множественными упругими включениями, которые демонстрируют наличие диапазонов прохождения и запираания, характерное для фоновых кристаллов. Численно исследуется механизм их формирования при увеличении числа препятствий.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением строгих математических методов, корректностью математических выкладок, а также тщательным контролем правильности работы созданных компьютерных программ путем численной проверки удовлетворения полученных решений исходным уравнениям и граничным условиям. Кроме того, проводилось сопоставление с результатами других авторов и/или с результатами, полученными другими методами.

Полученные результаты имеют как теоретическое, так и практическое значение. Они могут быть использованы при проектировании излучателей и приёмников ультразвуковой дефектоскопии, систем волнового мониторинга конструкций, в сейсмологии и сейсмостойком строительстве, в мехатронике, акустоэлектронике машиностроении и других областях науки и техники.

Исследования по теме диссертации А.А. Евдокимов начал на третьем курсе обучения и к настоящему времени накопил богатый опыт научно-исследовательской работы. В ходе ее проведения он продемонстрировал большую работоспособность и самостоятельность при решении возникающих задач. При реализации разработанных методов и проведении численных исследований А.А. Евдокимов продемонстрировал как отличное владение требуемым аппаратом фундаментальной математики (интегральные преобразования, комплексный анализ, асимптотические разложения, специальные функции и т.п.), так и умение работать с современными вычислительными системами. В частности, реализация гибридной схемы была осуществлена на основе сопряжения разработанного программного комплекса на языке Фортран, реализующего полуаналитическую модель в среде Visual Studio, со стандартным коммерческим конечно-элементным пакетом Comsol Multiphysics и Matlab R2016b, используя инструмент COMSOL LiveLink™ for MATLAB®.

Полученные результаты опубликованы в центральных отечественных журналах: "Акустический журнал" и "Прикладная механика и техническая физика", а также были представлены на ведущих зарубежных и отечественных конференциях: ICTSA 2017 (Вена, Австрия), ICU 2015 (Мец, Франция), Phenma 2015 (Азов, Россия) и др. Научная активность А.А. Евдокимова отмечена стипендиями Президента РФ и Администрации Краснодарского края.

Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком уровне и удовлетворяющее требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Считаю, что А.А. Евдокимов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела.

Доктор физико-математических наук,
профессор




21.05.18

Е.В. Глушков