

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

В. В. Можаровский, К. Б. Казарян

*(УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель,
Институт механики НАН Республики Армения, Ереван)*

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ НЕОДНОРОДНЫХ И СЛОИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ

На основании проведенных совместных исследований в Гомельском государственном университете им. Ф. Скорины и Институте механики НАН Республики Армения по вопросам создания математических моделей и методов расчета напряженно-деформированного состояния слоистых систем из композитов, для статических [1] и динамических задач [2 – 5], механики неоднородных структур строится теория и алгоритм инженерного расчета, новые методики решения задач взаимодействия для слоистых систем из композитов, созданы современные инженерные методики расчета слоистых систем с учетом вязкоупругих физико-механических характеристик материалов, что позволяет эффективно применять новые инженерные подходы в машиностроении для расчета конструкций, подвергающихся силовым нагрузкам.

Рассмотрена краткая характеристика исследований и результатов, касающихся решения проблемы определения напряженного состояния взаимодействующих упругих слоистых тел (вязкоупругих материалов) и возникающих в этой связи задач. К настоящему времени, на основании классической теории упругости, в основном решены плоские локальные контактные задачи для изотропных тел, рассмотрены задачи для однородных анизотропных тел, получены фундаментальные сингулярные аналитические решения для ортотропного пространства. В литературе достаточно основательно рассмотрены методы расчета и исследования упругого и вязкоупругого поведения однородных и слоистых тел при статических и динамических силовых напряжениях. На основании совместных исследований, отраженных в работе [1], предложены методы нахождения напряженно-деформированного состояния различных покрытий из композитов, методы повышения триботехнических свойств

сопряжений используя материалы, упроченные путем армирования дисперсным или волокнистым наполнителем. Для расчета различных моделей расположения волокон в покрытии предлагается использовать метод граничных элементов. Построенный алгоритм расчета слоистых систем для тел неоднородной структуры [1], был апробирован для создания математической модели расчета изменяющегося давления при контакте жесткого цилиндрического индентора с вязкоупругой изотропной полосою жестко скрепленной с ортотропным основанием [6]. Решение контактной задачи сводится к интегральному уравнению с программной реализацией численного решения интегрального уравнения. Следует отметить, что техническое применение разработанных методик отражено в определении напряженно-деформированного состояния вязкоупругой трубы из неоднородных материалов под действием внутреннего давления. Представлены основные зависимости для расчета труб из неоднородных материалов. На основании полученных формул для нахождения деформаций создана компьютерная программа расчета деформаций в трубе, изменяющихся во времени. Приведена реализация расчетов напряженно-деформированного состояния в трубе и параметров ядер ползучести и релаксации [7].

Что касается исследований волновых процессов, происходящих в слоистых телах, то основательная теория была построена и отражена в совместных исследованиях, представленных в работах [4, 5]. Так в работе [5] предлагается математическая модель для исследования влияния свойства тонких покрытий на характеристики упругого волновода. Получены зависимости, определяющие фазовые скорости в изотропном слое с покрытием с различным геометрическими и физическими характеристиками. Построены асимптотические формулы, определяющие зависимость фазовой скорости от частоты, т. е. дисперсию. Установлено, что выбором упругих свойств покрытий можно увеличить или уменьшить фазовые скорости сдвиговых волн. Значительное продвижение по вопросу изучения динамики пьезоэлектрических поверхностных волн сдвига вблизи границы с несовершенной связью между слоем и полупространством, доложено и обсуждено на Международной конференции «Проблемы взаимодействия деформируемых сред» (1 – 6 октября 2018 г., г. Горис, Республика Армения), посвященной 75-летию Академии наук Республики Армения [4]. При исследовании, основное внимание уделяется распространению поверхностных волн сдвига в слоистых пьезокерамических средах (слой и полупространство) с несовершенной связью.

Связывание вдоль границы раздела считается несовершенным с предположением, что несовершенная связь является диэлектрически слабо проводящей. Численный анализ был реализован для керамического материала RZT-5H, показано влияния диэлектрического параметра на значения фазовой скорости.

Проведенные совместные исследования дают основу для построения дальнейшего углубленного и перспективного направления исследований. Проблема аналитического и численного исследования задач механики деформируемого твердого тела в случае тел сложной геометрии и неоднородного строения (слоистых систем, изделий и покрытий из композиционных материалов), представляет практический интерес и предполагает не только исследование деформационных процессов, инициированных интенсивными импульсными нагрузками при контактном взаимодействии, но и моделирование волновых процессов приводящих в конечном итоге к частичному или полному разрушению тела. Решение этой важной научно-технической проблемы является перспективным направлением для дальнейшего развития современных методов расчета элементов конструкций из композиционных материалов, основная научная сущность развития – это создание аналитическо-численного решения задач динамики элементов механических и слоистых систем, изделий и покрытий из композиционных материалов с учетом особенностей контактного взаимодействия и физико-механических характеристик материалов усложненных граничных условий вязкоупругих эффектов.

Для достижения выше поставленных целей требуется решить следующие задачи:

- разработать новые математические модели и методы исследования волновых процессов в упругих элементах машин и конструкций, возникающих при контактировании тел из композитов;
- создать алгоритмы расчета напряженно-деформированного состояния слоистых систем с учетом трибологических эффектов;
- создать аналитически-численные алгоритмы расчета напряженно-деформированного состояния анизотропных слоистых систем изделий и покрытий из композиционных материалов с учетом особенностей контактного взаимодействия и физико-механических характеристик материалов и новых магнито-электро-вязкоупругих сред;
- построить новые методики решения задач сопряжения динамики слоистых систем из композитов;

– создать современные инженерные методики расчета контактного взаимодействия слоистых систем с учетом динамики элементов механических анизотропных и вязкоупругих характеристик конструкционных материалов.

Актуальность дальнейшего развития работы определяется возможностью создания основных принципов и разработки теоретических основ управления напряженным состоянием слоистых тел в условиях статических и динамических контактных воздействий с учетом явлений анизотропии и вязкоупругости, что является ценным вкладом при построении инженерных методик расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкций из композитов, в применении разработанных методик в инженерных расчетах для слоистых реономных материалов как для макро так для наносистем, применяющихся для создания и построения современных методик расчета конструкций и трибологических систем, подвергающихся силовым контактными нагружениям (детали машин, шины в автомобилестроении и авиастроении и др.).

Работа выполнена при поддержке БРФФИ – ГКН Арм., грант T17APM-034, AV16-42.

Литература

1 Boundary element method in determining the stress-strain state of composite coating in tribological systems / V. V. Mozharovsky [et al.] // Ukrainian Conference in Applied Mathematics, L'viv, September 28 – 30, 2017 / Ivan Franko National University of Lviv. – L'viv, 2017. – P. 76-77.

2 Ghazaryan, K. B. Shear waves in a two-phase oppositely polarized viscoelastic piezoelectric waveguide / K. B. Ghazaryan, V. V. Mozharovsky, S. K. Ohanyan // Topical problems of continuum mechanics: material's V International Conference with a Special Session in Honor of Alexander Manzhirrov's 60th Birthday, Tsaghkadzor, October 2 – 7, 2017 / Institute of mechanics of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia. – Tsaghkadzor, 2017. – P. 174-176.

3 Generalized Love waves in bi-material waveguide with viscous slip interface / K. Ghazaryan [et al.] // Modern problems of Mechanics and Mathematics: material's International Conference, L'viv, May 22 – 25, 2018.: in 3 vol. / Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics NAS of Ukraine; edited by Academician of NAS of Ukraine A. M. Samoilenko and Academician of NAS of Ukraine R. M. Kushnir. – L'viv, 2018. – Vol. 1. – P. 144-145.

4 Piezoelectric shear surface waves near an imperfectly bonded interface between layer and half-space / K. B. Ghazaryan [et al.] // The problems of interaction of deformable media: material's IX International Conference dedicated to the 75th anniversary of NAS RA, Goris, October 1 – 6, 2018 / Institute of Mechanics of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia. – Goris, 2018. – P. 331-335.

5 Распространение сдвиговых волн в плоском изотропном слое с тонкими покрытиями / В. М. Белубекян [и др.] // Проблемы физики, математики и техники. – 2017. – № 4. – С. 40-43.

6 Можаровский, В. В. Реализация решения контактной задачи о вдавлении жесткого цилиндрического индентора в изотропную вязкоупругую полосу на ортотропном основании / В. В. Можаровский, Д. С. Кузьменков, Н. А. Марьяна // Проблемы физики, математики и техники. – 2018. – № 2. – С. 51-56.

7 Можаровський, В. В. Методика розрахунку напружено-деформованого стану шаруватих труб з урахуванням явищ повзучості і релаксації / В. В. Можаровський, Е. А. Голубова, Д. С. Кузьменков // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. фізико–математичні науки. – 2017. – № 3. – С. 151-156.