

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совета по защите диссертаций Д 02.05.07 при Белорусском национальном техническом университете по диссертационной работе Ле Динь Нгуен «Длинноволновое деформирование и колебания двух- и трехслойных балок и пластин с учетом контрастности упругих свойств слоев и поверхностных эффектов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела

Специальность и отрасль науки, по которым присуждается ученая степень

Диссертация Ле Динь Нгуен относится к отрасли физико-математических наук и соответствует специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела.

Научный вклад соискателя в решение научной задачи с оценкой его значимости

Новые асимптотически корректные соотношения для полей перемещений и напряжений для двух- и трехслойных балок и пластин с высокой контрастностью упругих свойств слоев, а также для ультратонких балок с учетом поверхностных напряжений в рамках теории упругости Гуртина-Мёрдока, новые дифференциальные уравнения типа Тимошенко-Рейсснера, учитывающие контрастность упругих свойств и наличие поверхностных напряжений, которые являются значительным вкладом в развитие теории деформирования слоистых балок и пластин, а также малоразмерных упругих тел.

Конкретные научные результаты, за которые присуждена ученая степень

Соискателю присуждается ученая степень кандидата физико-математических наук за новые научно обоснованные результаты теоретических исследований в области механики деформируемого твёрдого тела, включающие:

- новые математико-механические модели двух- и трехслойных балок и пластин с высококонтрастными упругими свойствами, включающие асимптотически корректные соотношения для полей перемещений и напряжений, которые в отличие от известных моделей удовлетворяют граничным условиям на внешних и интерфейсных поверхностях без введения корректирующих коэффициентов на сдвиг, а также разрешающие уравнения типа Тимошенко-Рейсснера для эквивалентных однослойных балок и пластин, которые дают возможность с асимптотической точностью порядка $O(\varepsilon^3)$ по аспектному числу $\varepsilon \ll 1$ тонкостенного элемента, определять ее собственные частоты и декременты колебаний;

- математико-механическую модель ультратонкой (толщиной ≥ 6 нм) полосы-балки, включающую асимптотически корректные соотношения для перемещений и напряжений, удовлетворяющие уравнениям баланса сил на внешних поверхностях в рамках поверхностной теории упругости Гуртина-Мёрдока, а также разрешающее уравнение, описывающее длинноволновые колебания и явление самопроизвольной потери устойчивости с учетом поверхностных напряжений, включая остаточные;

новые зависимости собственных частот микро- и наноразмерных балок, изготовленных из стекла с нанесенными пленками железа толщиной 100 нм, а также нанобалок из алюминия, никеля и кремния (толщиной ≥ 6 нм) с различными кристаллографическими ориентациями поверхности, от остаточных поверхностных напряжений, которые показали, что учет поверхностной плотности, а также положительных остаточных напряжений на поверхностях нанобалок толщиной 6,5 нм из алюминия приводит к увеличению фундаментальной частоты на 10 %;

- зависимости критической длины от толщины ультратонких нанобалок (толщиной от 6 до 10 нм), изготовленных из никеля и кремния, и используемых в качестве сенсорных элементов в микро- и наномеханических системах (МЭМС и НЭМС), при которых имеет место явление самопроизвольной потери устойчивости (самовыпучивание) под действием отрицательных (сжимающих) остаточных поверхностных напряжений.

Достоверность полученных результатов подтверждается их сравнением с результатами, полученными на основе хорошо апробированных альтернативных моделей, а также корректным использованием поверхностной теории упругости Гуртина-Мёрдока с поверхностными константами упругости и остаточными напряжениями для различных материалов, полученными методом атомистического моделирования.

Рекомендации по использованию результатов исследования

Результаты исследований могут использоваться в проектных организациях для оценки напряженно-деформированного состояния и прогнозирования динамических характеристик тонких слоистых элементов, изготовленных из высококонтрастных материалов; могут быть использованы при проектировании сверхчувствительных тонких элементов различных МЭМС и НЭМС, таких как сенсоры, резонаторы, нановыключатели, наноинженеры, наноинженеры и др., при чтении специальных курсов по механике деформируемых твердых тел, аналитическим методам теории пластин и оболочек в высших учебных заведениях.

Председатель совета, д.ф.-м.н., профессор
Ученый секретарь совета, к.ф.-м.н., доцент

Ю.В. Василевич
Н.И. Ширвель