

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Нгензи Жана Клода  
«Анализ нелинейных колебаний упругих прямоугольных  
пластинок в вязкой среде с изменяемой вязкостью  
при наличии внутренних резонансов», представленной  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

Диссертационная работа Жана Клода Нгензи «Анализ нелинейных колебаний упругих прямоугольных пластинок в вязкой среде с изменяемой вязкостью при наличии внутренних резонансов» посвящена определению условий возникновения внутренних резонансов, характеризующихся взаимодействием форм нелинейных свободных колебаний тонких пластинок в вязкой среде, что соответствует заявленной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела (физико-математические науки) и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к кандидатским диссертациям. На основании разработанной модели проведен анализ свободных затухающих колебаний упругих пластин в вязкой среде, описываемой с использованием дробной производной, в условиях различных внутренних резонансов, а также анализ влияния параметра дробности на происходящий при этом процесс перекачки энергии.

**Актуальность темы диссертации.** Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью прогнозирования явлений существенного увеличения амплитуд колебаний тонких пластинок, находящихся в вязкой среде. Поскольку такое нарастание амплитуд конструктивных элементов может существенно повлиять на характер эксплуатации всей конструкции, направление исследований также представляет несомненный практический интерес. Актуальность рассматриваемой тематики подтверждается и тем обстоятельством, что научные исследования выполнялись в рамках проектной части государственного задания Министерства образования и науки РФ в сфере научной деятельности «Новый подход к изучению нелинейных колебаний тонких вязкоупругих тел, демпфирующие свойства которых определяются дробными операторами Ю.Н. Работнова и другими операторами дробного порядка» (проект № 7.22.2014/К).

**Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту.** Основные результаты, полученные в данной диссертации, являются новыми. В диссертационной работе получено решение системы нелинейных уравнений свободных колебаний упругой пластинки относительно ее перемещений во взаимно перпендикулярных направлениях с использованием метода малого параметра и метода многих



временных масштабов для случая, когда на пластинку действуют силы вязкого сопротивления, описываемые производной Римана-Лиувилля дробного порядка. В зависимости от степени малого параметра, связанного с коэффициентом, описывающим вязкость среды, определены различные типы внутреннего резонанса и для каждого типа внутреннего резонанса получены системы уравнений относительно амплитуд и фаз колебаний.

Также к новым результатам, имеющим несомненный научный и практический интерес, следует отнести феноменологический анализ колебаний пластинки, находящейся в различных условиях внутреннего резонанса, на основании фазовых портретов, построенных для разных значений параметров пластинки, а также анализ влияния параметра дробности на характер свободных колебаний и на преобразование энергии между взаимодействующими модами колебаний.

**Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Заключительные выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными и достоверными, так как они обеспечиваются использованием высокоэффективных методов решения, в частности метода малого параметра, метода многих временных масштабов и метода последовательных приближений, а также строгостью математических преобразований. В частных случаях (при равенстве параметра дробности нулю или единице) полученные в диссертационной работе решения переходят в известные решения для свободных колебаний пластинок в вязкой среде. Также достоверность результатов подтверждается качественным сопоставлением полученных теоретических результатов с экспериментальными данными.

**Опубликованность результатов диссертации в научной печати.** Все основные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в научной печати. Автором диссертации опубликованы 5 научных работ, из них 2 статьи в научных журналах, индексируемых в библиографических и реферативных базах данных Web of Science, Scopus и Compendex, 3 статьи в материалах и трудах конференций. Все результаты диссертации апробированы на конференциях и научных семинарах. Считаю, что требования ВАК Российской Федерации к опубликованности результатов в научной печати выполнены.

**Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК Российской Федерации.** Диссертационная работа написана на достаточно хорошем научном уровне, хорошо структурирована. Изложение материала в диссертации четкое и связное. Автореферат правильно и точно отражает содержание диссертационной работы.

**Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.** Содержание диссертационной работы, используемые соискателем методы исследования и интерпретации полученных результатов,



свидетельствуют о владении принципами механики деформируемого твердого тела и математического решения сложных задач на уровне математических преобразований и численных расчетов, что позволило преодолеть нетривиальные и существенные трудности при решении поставленных в диссертации задач. Научная квалификация Жана Клода Нгензи соответствует ученой степени кандидата физико-математических наук, на которую он претендует.

### **Замечания**

Несмотря на достоинства диссертационной работы, необходимо сделать следующие замечания:

1. Недостаточно полным представляется обзор и список литературных источников, в частности, имеющих отношение к применению производных дробного порядка и ядер релаксации с дробными производными для описания различных физико-механических процессов и явлений.

2. В диссертации отсутствуют сведения (определение) и соотношение для малого параметра, к тому же неясно, всегда ли при реализации метода малого параметра используется один и тот же малый параметр. Также в диссертации отсутствуют пояснения к некоторым используемым в уравнениях и их решениях обозначениям, например к обозначениям, принятым в уравнениях (28), (29). Из-за отсутствия формул для перехода к безразмерной системе уравнений (1)-(3) не вполне понятно, каким образом можно перейти к размерным величинам, в частности к частотам, определяемых формулами (15) и (17).

3. Системы уравнений (58)-(60), (61)-(63) и (64)-(66) получены после стандартных преобразований по методу малого параметра посредством приравнивания выражений при одинаковых степенях при малом параметре. В этом случае остается неясным за счет какого параметра  $k$  осуществляется переход от системы уравнений (61)-(63) к соответствующим системам для исследования колебаний при вязкости первого и второго порядка.

4. В диссертации и автореферате имеются стилистические неточности, а также опечатки по тексту диссертации (стр. 7, 10, 79, 81 и др.).

**Заключение.** В целом диссертация представляет собой законченную квалификационную научную работу в рамках выбранного направления, выполнена на высоком научном уровне, содержит новые научно обоснованные результаты, которые вносят существенный вклад в развитие механики деформируемого твердого тела.

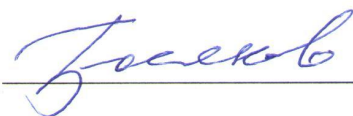
Диссертационная работа Жана Клода Нгензи «Анализ нелинейных колебаний упругих прямоугольных пластинок в вязкой среде с изменяемой вязкостью при наличии внутренних резонансов», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» является законченной

квалификационной научной работой, самостоятельно подготовленной соискателем, которая по уровню научной новизны, практической значимости соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, а ее автору может быть присуждена ученая степень за новые научно обоснованные результаты, имеющие важное значение, а именно:

- определение условий возникновения внутренних резонансов, характеризующихся взаимодействием форм нелинейных свободных колебаний тонких пластинок при действии сил вязкого сопротивления, описываемых производной Римана-Лиувилля дробного порядка;
- определение различных типов внутреннего резонанса в зависимости от степени малого параметра, связанного с коэффициентом, описывающим вязкость среды, и формулировку разрешающих систем уравнений относительно амплитуд и фаз колебаний и для каждого типа внутреннего резонанса;
- феноменологический анализ колебаний пластинки, находящейся в различных условиях внутреннего резонанса, на основании фазовых портретов, построенных для разных значений параметров пластинки, а также анализ влияния параметра дробности на характер свободных колебаний и на преобразование энергии между взаимодействующими модами колебаний.

#### Официальный оппонент

Доцент кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент



С. М. Босяков

Адрес Белорусского государственного университета:  
БЕЛАРУСЬ, 220030 Минск, проспект Независимости, 4  
Телефон: +375 17 2095345  
e-mail: [bosiakov@bsu.by](mailto:bosiakov@bsu.by), [bosiakovsm@gmail.com](mailto:bosiakovsm@gmail.com)

