

ОТЗЫВ

официального оппонента Голушко Сергея Кузьмича
на диссертацию **Федоровой Натальи Александровны**
«Математическое моделирование плоских конструкций из
армированных волокнистых материалов», представленную на
соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Актуальность темы диссертации

Механика композитных конструкций является интенсивно развивающимся направлением механики деформируемого твердого тела. В первую очередь это связано с широким применением композиционных материалов при изготовлении конструкций ответственного назначения и с необходимостью обеспечения надежности их функционирования, в том числе, в качестве объектов современного энергетического и химического машиностроения, авиационной, ракетно-космической, автомобильной и судостроительной техники. К настоящему времени достигнут существенный прогресс в развитии математического моделирования и методов расчета слоисто-волокнистых композитных конструкций, однако необходимость вскрытия и использования потенциальных возможностей повышения их прочности и жесткости, снижения веса и стоимости, в том числе за счет изменения внутренней структуры композиционных материалов, за счет нахождения оптимальных или рациональных структур армирования, делает эту проблему весьма актуальной. Представленная диссертационная работа Н.А. Федоровой посвящена исследованию именно такой проблемы, поэтому ее актуальность несомненна.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы, включающего 151 наименование. Общий объем диссертации составляет 238 страниц, включая 135 рисунков и 10 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель диссертационной работы, состоящая в разработке нового научно-методологического подхода в создании плоских конструкций путем армирования семействами непрерывных криволинейных волокон, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы, приведено краткое содержание работы по главам. Представлен обширный перечень международных и российских научных и научно-практических

конференций, на которых докладывались результаты диссертации, отмечен личный вклад автора в работах с соавторами.

В первой главе рассмотрена плоская задача линейной анизотропной теории упругости в криволинейной ортогональной системе координат, получены разрешающие системы уравнений для случаев биполярной, эллиптической, параболической, гиперболической, кардиоидальной систем координат. Проведено исследование типа получающихся систем дифференциальных уравнений в частных производных. Рассмотрен пример численного решения задачи об армированном эксцентрическом кольце в биполярной системе координат с использованием метода конечных элементов.

Во второй, третьей и четвертой главах построены разрешающие системы уравнений для случаев, соответственно, одного, двух и трех семейств армирующих волокон. Рассмотрены равнонапряженные, равнодеформируемые и нерастяжимые семейства армирующих волокон, а также различные их комбинации. Сформулированы структурные условия прочности композиционного материала для изотропного связующего и для различных семейств армирующих волокон.

Пятая глава диссертации посвящена постановке и решению задачи равнонапряженного армирования кольцевой пластинки двумя семействами волокон постоянного поперечного сечения, расположенными симметрично относительно радиального направления. Краевая задача для разрешающей системы обыкновенных дифференциальных уравнений решена численно с помощью методов Рунге-Кутты и Адамса.

В шестой главе рассмотрен осесимметричный случай плоской задачи линейной анизотропной теории упругости в полярной системе координат. Получена разрешающая система обыкновенных дифференциальных уравнений четвертого порядка относительно радиального и окружного перемещений для задачи осесимметричного деформирования армированной пластины. Изучено армирование по семействам траекторий, являющихся алгебраическими и логарифмическими спиралями.

В седьмой главе представлена методика расчета армированных вращающихся дисков для газовых и гидротурбин. Получена разрешающая система обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами относительно радиальных и окружных перемещений. Проведены численные расчеты вращающихся дисков с различными структурами армирования, показано влияние структур армирования на угловую скорость вращения и несущую способность таких конструкций.

В заключении сформулированы основные выводы по результатам выполненного диссертационного исследования.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертационной работе в рамках линейной анизотропной теории упругости:

- рассмотрены и исследованы новые постановки задач для сред, армированных одним семейством равнонапряженных или нерастяжимых волокон;
- получена разрешающая система уравнений для среды, армированной двумя семействами равнонапряженных или нерастяжимых волокон, найдены ее частные аналитические решения, получены зависимости решений от выбора формы контура, внешней нагрузки, интенсивностей армирования;
- получены разрешающие системы уравнений для сред, армированных тремя семействами равнонапряженных, равнодеформируемых или нерастяжимых волокон, а также для их различных комбинаций, найдены некоторые частные аналитические решения;
- разработана методика армирования плоской конструкции вдоль непрерывных семейств траекторий, являющихся алгебраическими и логарифмическими спиралями и изогональными к ним траекториями, для случая осесимметричного деформирования;
- получены новые численные решения осесимметричных задач для вращающихся армированных дисков газовых и гидротурбин, показано существенное влияние геометрии и структуры армирования на скорость вращения дисков.

Значимость результатов для науки и производства

Полученные в диссертационной работе результаты могут служить методической основой при проектировании и создании передовых образцов новой техники, для которых в качестве элементов конструкций выступают слоисто-волокнистые пластины и пластинчатые системы.

Недостатки в диссертации и автореферате

По материалам диссертационной работы имеется ряд замечаний.

1. Давая общую характеристику своей диссертационной работы, отмечая **актуальность** исследуемой проблемы, автор утверждает (см. стр. 3-4 автореферата), что *«...диссертация развивает новое, практически значимое направление математического и компьютерного моделирования армированных вращающихся дисков газовых и гидротурбин для элементов конструкций ответственного назначения — плоских элементов авиационной, машиностроительной и судостроительной техники, эффективных преград для гашения взрывных и ударных нагрузок...»*,

в то время как классы задач, связанные с исследованием поведения конструкций под действием взрывных и ударных нагрузок, в диссертации не рассматриваются.

2. Литературный обзор, приведенный на страницах 8-13 диссертации, носит слишком общий характер, ряд важных работ, связанных с исследуемой проблемой, выпал из поля зрения автора, в частности, цикл работ Амелиной (Морозовой) Е.В. «Анализ деформирования упругих композитных круглых пластин, круговых и эксцентрических колец».
3. Обосновывая **достоверность** полученных результатов, автор ссылается (см. стр. 5 автореферата и стр. 19 диссертации) на корректность «...постановок рассматриваемых задач и методов их решения...», в то время как практически все классы рассматриваемых в диссертации задач являются некорректными, т.к. использование дополнительных к основной системе уравнений требований равнонапряженности или нерастяжимости арматуры, условий постоянства поперечных сечений армирующих волокон, приводит к краевым и начально-краевым задачам для переопределенных систем дифференциальных уравнений, решение которых не всегда существует, а если существует, то не всегда является единственным.
4. В диссертационной работе не нашел отражения еще один аспект, связанный с исследованием корректности рассматриваемых задач, а именно: являются ли полученные решения для дисков и пластин с равнонапряженными или нерастяжимыми семействами армирующих волокон устойчивыми относительно малых технологических изменений искомых параметров, в частности, углов и интенсивностей армирования? Целесообразность необходимости такого исследования подтверждается, в частности, характером полученных в диссертации решений для интенсивностей армирования (см. рис. 2.5 на стр. 70 главы 2, рис. 3.1 и рис. 3.2 на стр. 89 главы 3).
5. Диссертационная работа в значительной степени опирается на структурную модель армированного слоя с одномерными волокнами, разработанную и опубликованную Ю.В. Немировским в 1968 году. Из материалов диссертации неясно, при каких значениях физико-механических параметров и для каких типов композитов использование данной модели оправдано и могут ли полученные в диссертации результаты обобщены на случай иных структурных моделей волокнистых композитов и, в частности, на структурную модель армированного слоя с двумерными волокнами, разработанную Ю.В. Немировским?
6. На стр. 38 диссертации, в таблице 1.1, приведены значения интенсивности армирования и предельных нагрузок для различных типов арматуры

квадратной пластины, находящейся под действием равномерной нагрузки. Автором отмечено, что «...изменение структуры армирования существенно влияет на предельную нагрузку...». Соглашаясь с данным выводом, тем не менее хотелось бы получить разъяснения, благодаря чему, снижая величину интенсивности армирования со значения 0.2 до значения 0.05, удастся увеличивать предельные нагрузки для квадратной пластины с арматурой первого типа с 6200 до 7600 кГ/см², а с арматурой второго типа - с 7400 до 7900 кГ/см². Анализировался ли случай квадратной изотропной пластины и чему равен уровень предельной нагрузки в этом случае?

7. Подводя итог полученным в главе 3 результатам, автор утверждает (см. стр. 19-20 автореферата и стр. 117 диссертации), что «...введение изогонального армирования ... порождает разные типы разрешающей системы дифференциальных уравнений (гиперболический, эллиптический, смешанный тип). Следовательно, приводит к различным постановкам краевых задач и позволяет получить многообразие структур армирования, что дает возможность управлять напряженно-деформируемым состоянием конструкции». Соглашаясь с данным выводом, необходимо добавить, что введение изогонального армирования порождает также и серьезные математические трудности, связанные с исследованием типа получающихся разрешающих систем дифференциальных уравнений и выбором адекватных численных методов для их решения.
8. В тексте автореферата и диссертации имеются неточности и опечатки, в частности, при перечислении отечественных исследователей (см. стр. 7 автореферата и стр. 10 диссертации), которым «...удалось добиться серьезных результатов благодаря развиваемому новому подходу в построении структурной механики произвольных типов слоисто-волоконистых конструкций» указан И.П. Вахмянин, тогда как правильно следовало указать И.Т. Вохмянин.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. По теме диссертации опубликовано 47 печатных работ, из которых 14 статей опубликовано в изданиях из списка ВАК РФ, а также опубликована монография «Математическое моделирование плоских конструкций из армированных волокнистых материалов». Полученные результаты прошли хорошую апробацию на широком ряде международных и российских научных и научно-практических конференций.

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

Диссертационная работа Федоровой Н.А. соответствует специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела, а по своей направленности и методам исследования может быть отнесена к физико-математическим наукам.

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию диссертационной работы и отражает ее основные результаты, положения и выводы.

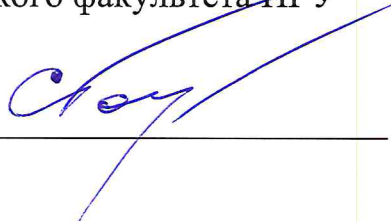
Заключение о соответствии работы требованиям ВАК

Диссертация «Математическое моделирование плоских конструкций из армированных волокнистых материалов» является законченной научно-квалификационной работой, направленной на решение актуальной проблемы механики деформируемого твердого тела, соответствует требованиям пп. 9,10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени доктора наук, а ее автор, **Федорова Наталья Александровна**, достойна присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Я, Голушко Сергей Кузьмич, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Федоровой Н.А.

Официальный оппонент

Первый проректор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», доктор физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела, профессор кафедры математического моделирования механико-математического факультета НГУ



С.К. Голушко

30 ноября 2017 г.

Почтовый адрес, телефон, адрес электронной почты:

630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, тел. (383) 336-40-00,
e-mail: rector@nsu.ru

Подпись д.ф.-м.н. С.К. Голушко заверяю

Ученый секретарь НГУ, к.х.н.



Е.А. Тарабан