ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.054.02 НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 18.12.2017 г. № 2

о присуждении Федоровой Наталье Александровне, гражданке РФ, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование плоских конструкций из армированных волокнистых материалов» по специальности 01.02.04. – «Механика деформируемого твёрдого тела» принята к защите 4 сентября 2017 г., протокол № 4, диссертационным советом Д 003.054.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 15, приказ о создании диссертационного совета от 11.04.2012 № 105/нк.

Соискатель Федорова Наталья Александровна, 1956 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Асимптотический анализ задачи упругости для анизотропных оболочек» защитила в 1995 году в диссертационном совете, созданном на базе Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО АН СССР, работает в должности доцента кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности института космических и информационных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет (СФУ)».

Диссертация выполнена на кафедре прикладной математики и компьютерной безопасности института космических и информационных технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет (СФУ)»

Научный консультант – Немировский Юрий Владимирович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН.

Официальные оппоненты:

1. Адищев Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительной механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет»;
2. Голушко Сергей Кузьмич, доктор физико-математических наук, профессор, первый проректор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»;
3. Сенашов Сергей Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информатика экономических систем» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева».

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск, в своём положительном заключении, подписанном А.А. Батаевым, доктором технических наук, профессором, ректором ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», указала, что автором диссертационной работы разработан новый научно-методологический подход в создании плоских конструкций путем армирования семействами криволинейных волокон. В диссертации выполнен математический анализ и оптимизация деформаций плоских конструкций, которые эффективно упрочняются армированием и нуждаются в предварительном численном анализе. Совокупность результатов, изложенных в диссертации Н.А. Федоровой, можно квалифицировать как серьезное научное достижение в области математического моделирования армированных плоских конструкций.

Соискатель имеет 56 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 47 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 14 работ; две работы, имеющие правовую охрану. В этих работах отражены основные результаты диссертации и положения, выносимые на защиту. Все результаты получены соискателем лично, либо при её непосредственном участии.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Федорова Н.А. Решение плоской задачи упругой среды, армированной тремя семействами волокон // Вычислительные технологии. 2005. Т. 10. Спец. выпуск. С. 90–99.
2. Федорова Н.А, Немировский Ю.В. Моделирование деформирования плоских авиационных конструкций, армированных двумя семействами криволинейных волокон // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. Вып. 6(13). Красноярск, 2006. С. 38– 44.
3. Федорова Н.А. Интегро-интерполяционный метод решения плоской задачи для композита, армированного семейством криволинейных волокон }// Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2 (1) 2009. С. 112–120.
4. Немировский Ю.В., Федорова Н.А. Математическое моделирование плоских конструкций из армированных волокнистых материалов, Красноярск: СФУ, 2010. 136 с.
5. Немировский Ю.В., Федорова Н.А Армирование плоских конструкций по криволинейным ортогональным траекториям //Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. наук. Самара, 2010. № 5(21). С.96–104.
6. Федорова Н.А. Моделирование деформирования плоских конструкций со сложными криволинейными структурами армирования // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. Вып. 3(36). Красноярск, 2011. С. 92–98.
7. Федорова Н.А. Моделирование изогонально армированных кольцевых пластин в полярной системе координат // Журнал Сибирского федерального университета, математика и физика, 4(3) 2011. С. 400–405.
8. Немировский Ю.В., Федорова Н.А. Исследование рациональных структур криволинейного армирования в полярной системе координат // Вестн. Сам. Гос.тех.ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. Самара, 2013. № 1 (30). С. 233–244.
9. Немировский Ю.В., Федорова Н.А. Предельное деформирование дисков газовых и гидротурбин при различных структурах армирования // Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. Т. 56, № 7/3. С. 191–196.
10. Федорова Н.А. Математическое моделирование предельных деформаций плоских конструкций, армированных вдоль криволинейных траекторий // Вестник Сиб.гос.аэрокосмич.ун-та. Вып.1(53). Красноярск, 2014. С. 91–94.
11. Федорова Н.А. Управление криволинейными структурами армирования плоских конструкций // Известия Алтайского государственного университета. Серия математика и механика. 1/1(81) 2014. С. 130–133.
12. Немировский Ю.В., Федорова Н.А. Предельные деформации термоупругих плоских конструкций с криволинейным армированием// Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. Том 17, № 1. Красноярск, 2016. С. 73–78.
13. Галанин М.П., Федорова Н.А. Армирование плоских конструкций по изогональным траекториям // Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша. 2017. № 33. 16 с.
14. Немировский Ю.В., Федорова Н.А. Решение плоской задачи для металлокомпозита, армированного одним семейством криволинейных волокон // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2017. № 2 (32). С. 3–16.
15. N.A. Fedorova N.A., L.I. Shkutin Asymptotic form of the axisymmetric elasticity problem for an anisotropic cylindrical shell // J. Appl. Mech. Tech. Phys., 1981, № 5. P. 725–730.

Теоретические результаты и численные эксперименты в работах [1 – 15] принадлежат соискателю, обсуждение и интерпретация результатов проводились совместно с соавторами.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов: от Александровой Надежды Ивановны, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудник Института горного дела СО РАН, г. Новосибирск; Локтева Алексея Алексеевича, доктора физико-математических наук, заведующего кафедрой «Транспортные средства» Федерального государственного учреждения высшего образования «Российский государственный университет транспорта (МИИТ)», г. Москва; Мищенко Андрея Викторовича, доктора технических наук, профессора кафедры «Обще профессиональные дисциплины» Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирское высшее военное командное училище», г. Новосибирск; Повещенко Юрия Андреевича, доктора физико-математических наук, профессора, ведущего научного сотрудника Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр» Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук (ИПМ им. М.В. Келдыша РАН), г. Москва; Радченко Владимира Павловича; доктора физико-математических наук, заведующего кафедрой «Прикладная математика и информатика» Самарского государственного технического университета, г. Самара.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность диссертационного исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, имеются следующие замечания.

1. Нет обоснования физического смысла, необходимости и эффекта от применения критерия нерастяжимости арматуры, который наряду с критерием равнонапряженности широко используется в диссертации. Имеет ли смысл данный критерий при отсутствии теплового воздействия? Речь в нем идет о механической компоненте деформации?

2. Как согласуется исходная постановка задачи со случаем использования четного числа армирующих волокон различных типов (траекторий)? Нарушается при этом симметрия пластины при расположении данных семейств в некоторых локальных областях (слоях)?

3. Чем обусловлено ограничение на процент армирования на с. 16?

4. К условным недостаткам можно отнести достаточно небольшое число публикаций в журналах и изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus, мелкий масштаб рисунков 11-14 автореферата, а так же факт использования необщепринятых терминов и наименований, например, вызывает сомнение термин «функция Баландина».

5. К сожалению, соискатель ограничился лишь упругой областью, поэтому все модели – линейные, хотя построение их решений и анализ представляет серьезные математические трудности. Кроме этого, неправомерно использовать термин «предел прочности» для металлических материалов в упругой области и связывать это с разрушением материала в локальной области интегрирования уравнений.

6. Соискатель часто упоминает методики армирования плоской конструкции, подразумевая чисто математические исследования влияния структуры и типа армирующих элементов на НДС конструкции. Но здесь возникает естественный вопрос «технологичности» этих схем армирования (рис. 3-8 автореферата) на практике: существует ли оснастка для таких схем армирования и возможно ли вообще их реализовать чисто технически.

7. В цели работы указывается на разработку нового научно-методического подхода в создании армированных конструкций, однако в положениях, выносимых на защиту, просто перечислен ряд частных, (хотя и сложных) задач. Здесь желательно было бы сформулировать в виде отдельного пункта заявленную в цели работы новую концепцию, которая бы объединяла все позиции положений, выносимых на защиту.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается авторитетностью и компетентностью официальных оппонентов и широкой известностью достижений ведущей организации в области науки, по которой выполнена диссертация.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

* сформулирована разрешающая система уравнений для среды, армированной одним семейством непрерывных криволинейных волокон при различных механических условиях равнодеформируемости или нерастяжимости волокон;
* сформулирована разрешающая система уравнений для среды, армированной двумя семействами волокон в направлениях ортогональных и изогональных к ним траекторий;
* выполнена постановка краевых задач для семейств равнонапряженных и нерастяжимых волокон с различными упругими свойствами и установлена зависимость решений от выбора интенсивностей армирования, формы контура, внешней нагрузки, условий равнонапряженности;
* сформулирована разрешающая система уравнений для различных комбинаций армирования тремя нерастяжимыми и равнонапряженными семействами волокон. Решена задача об определении граничного контура и установлена взаимосвязь между граничным контуром и нагрузками в рассматриваемой конфигурации трех семейств криволинейных волокон;
* разработана методика армирования плоской конструкции вдоль непрерывных семейств траекторий, являющихся алгебраическими и логарифмическими спиралями и изогональными к ним траекториями, в осесимметричной постановке задачи. Выявлено, что за счет управления геометрическими параметрами армированной пластины (угол выхода арматуры на внутреннем контуре, начальная интенсивность армирования) и криволинейной укладкой армирующих семейств волокон можно получать конструкцию с заранее заданными прочностными свойствами.
* разработана методика расчета криволинейно армированных вращающихся дисков газовых и гидротурбин. Исследовано влияние структур армирования на предельную угловую скорость вращения, являющуюся важной рабочей характеристикой турбинного диска, определяющей его несущую способность.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

* построена математическая модель армирования плоских конструкций вдоль непрерывных криволинейных траекторий;
* развиты новые математические постановки задач об армировании одним, двумя и тремя семействами непрерывных криволинейных волокон при различных механических условиях равнодеформируемости или нерастяжимости волокон;
* получена и исследована разрешающая система для среды, армированной двумя семействами волокон в направлениях ортогональных и изогональных к ним траекторий; поставлены краевые задачи для семейств равнонапряженных и нерастяжимых волокон с различными упругими свойствами;
* найдены аналитические решения для интенсивностей армирования двумя семействами волокон, направленных вдоль траекторий ортогональных систем координат и изогональных к ним траекторий, при условии постоянства сечений волокон;
* разработана методика армирования плоских конструкции вдоль непрерывных спиралевидных траекторий и им изогональных в осесимметричной постановке задачи;
* получена математическая модель армированных вращающихся дисков газовых и гидротурбин.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

* предложенное в работе многообразие структур армирования по криволинейным траекториям позволяет создавать композиционные материалы с заранее заданными прочностными свойствами;
* результаты численных экспериментов для армированного диска газовой турбины показали, что может быть достигнуто существенное (в 1,5 – 2 раза по сравнению с однородным диском) увеличение предельной скорости вращения диска за счет выбора структур армирования следующими двумя семействами волокон: 1) семейство спиралей Архимеда и семейство логарифмических спиралей, 2) семейство логарифмических спиралей и семейство ''спицы велоколеса'', 3) семейство логарифмических спиралей и им изогональных траекторий;
* для вращающегося диска гидротурбины численные результаты для структуры армирования двумя семействами волокон (семейство логарифмических спиралей и семейство «спицы велоколеса») выявили, что ограничения на предельные значения напряжений допускают повышение числа оборотов в минуту гидротурбины только за счет изменения направлений траекторий армирующих волокон, при этом расход арматуры изменяется незначительно.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

* математические модели построены в рамках плоской задачи линейной неоднородной теории упругости в условиях термоупругого анизотропного деформирования на основе структурной модели;
* в работе корректно использованы апробированные аналитические и численные методы исследования;
* для ряда задач установлено хорошее соответствие численных и аналитических результатов математического моделирования, полученных как с помощью известных методов, так и с помощью предложенных автором;
* установлено качественное соответствие теоретических решений с известными результатами других авторов, полученными, в том числе, с использованием других методов.

**Личный вклад соискателя состоит:**

* в разработке математических моделей рационального проектирования плоских армированных конструкций вдоль непрерывных криволинейных траекторий;
* в разработке численных алгоритмов, компьютерных программ и проведении численных расчётов;
* в разработке аналитических методов решения и получении аналитических решений конкретных задач;
* в анализе и интерпретации аналитических и численных результатов.

На заседании 18.12.2017 диссертационный совет принял решение присудить Федоровой Н.А. учёную степеньдоктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 12, против присуждения учёной степени – 2, недействительных бюллетеней – 2.

Председатель

диссертационного совета,

академик РАН Аннин Б.Д.

Учёный секретарь

диссертационного совета,

д.ф.-м.н. Кургузов В.Д.

Дата оформления заключения: 27.12.2017

Печать организации.