

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Вячкина Евгения Сергеевича «Разработка методов, алгоритмов и программного обеспечения для математического моделирования слоистых структур, содержащих объемно-несжимаемые слои», представленную на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Представленные исследования были инициированы в рамках сотрудничества между кафедрой математики и математического моделирования Новокузнецкого института (филиала) Кемеровского государственного университета и Институтом теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН. В диссертации сотрудника этой кафедры Седовой Е.А. «Определение параметров волновых процессов в анизотропных оболочках вращения при обтекании жидкостью», защищенной в 2009 г. решались связанные задачи упругого деформирования стенок канала и оболочек тел вращения при их взаимодействии с потоком вязкой несжимаемой жидкости. Одной из трудностей при решении этих задач было объединение в единый комплекс программ расчета течения жидкости и упругого деформирования, разработанные в разных средах программирования и использующие разные способы дискретизации задачи, и алгоритмы получения решения. Этапом на пути решения этих проблем стали исследования, представленные в диссертации сотрудника этой же кафедры Васильевой Е.И. «Математическое моделирование ламинарного течения вязкой среды в каналах произвольной формы», защищенной в 2013 г. В этой работе реализован регуляризационный подход и построена математическая модель течения вязкой сжимаемой среды с обратимым реологическим уравнением в предельном случае переходящим в реологическое уравнение несжимаемой ньютоновой жидкости. Такой подход дает возможность использовать наиболее общую вариационную постановку задачи и построить конечно-элементную модель течения вязкой среды.

В диссертации Вячкина Е.С. сделан следующий шаг, который позволяет с помощью единого алгоритма решать задачи, математические модели которых, содержат особенности: это задачи расчета напряженно-деформированного состояния изделий из объемно-несжимаемого материала, для которого коэффициент Пуассона равен 0,5, и задачи о течении вязкой несжимаемой жидкости, для которой модуль объемной вязкости стремится к бесконечности. Эти модели необходимы для описания деформируемых слоистых структур из полимерных композиционных материалов, широко распространенных в технике в качестве элементов силовых конструкций. Обеспечение их прочности в эксплуатации и устранение дефектов при изготовлении требует математического моделирования процессов упругого и вязкого



деформирования, что свидетельствует об актуальности проведенных исследований.

В ходе выполнения работы были получены значимые результаты по каждому из направлений, указанных в специальности:

- построена математическая модель статического деформирования осесимметричных слоистых структур, содержащих упругие ортотропные и упругие объемно-несжимаемые слои;
- построена математическая модель стационарного вязкого течения в осесимметричных слоистых структурах, содержащих ортотропные слои с конечной и бесконечно большой объемной вязкостью;
- разработана численная схема интегрирования уравнений равновесия и вязкого течения осесимметричных структур, содержащих объемно-несжимаемые слои;
- разработана методика и программное обеспечение для расчёта напряжений и деформаций упругих осесимметричных опор, содержащих слои из ортотропных композиционных материалов и слои эластомера;
- разработана методика и программное обеспечение для расчёта напряжений и скоростей вязкого течения слоистых элементов конструкций в процессе непрерывной пултрузии.

Необходимо отметить, что при построении моделей используется единый метод регуляризации некорректной по А.Н. Тихонову задачи о деформировании объемно-несжимаемой среды, в котором явно вычисляется предел решения регуляризованной задачи, а при разработке численного алгоритма построена система базисных аппроксимирующих функций, отвечающих условию отсутствия дивергенции. Выполнен большой объем работы по исследованию сходимости численного решения, ее зависимости от начального значения параметров модели и размеров конечных элементов. Дана оценка его погрешности.

Эти исследования в сочетании проведенными сравнениями результатов расчетов с точными решениями и результатами натурного эксперимента позволяют сделать вывод об адекватности разработанных моделей и возможности использования созданного пакета программ для решения сложных практических задач.

При работе над диссертацией Вячкин Е.С. продемонстрировал способность использовать современные численные и аналитические методы, способность получать новые значимые результаты и проводить их анализ. Автор диссертации является квалифицированным специалистом, обладает качествами, необходимыми для научного работника, высокой работоспособностью и самостоятельностью. Положительно характеризуется коллегами и студентами Новокузнецкого института (филиала) Кемеровского государственного университета.

Результаты работы (алгоритмы расчета, программа для ЭВМ и результаты численного моделирования) использованы в АО «Центральный научно-



исследовательский институт специального машиностроения» при разработке методики расчёта напряженно-деформированного состояния многослойных упругих опор и в ООО «Компания «Армопроект»» при разработке методики расчёта слоистых элементов конструкций в процессе пултрузионного формирования, что подтверждено соответствующими документами.

Работа по содержанию, оформлению и публикациям, в которых отражены все основные результаты, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор физико-математических наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник  
Института теоретической и прикладной механики  
им. С.А. Христиановича СО РАН,  
01.02.05– Механика жидкости, газа и плазмы

Адрес: 630090, г. Новосибирск,  
ул. Институтская, 4/1  
Тел. 8-913-450-87-08  
e-mail aulchsm@mail.ru

Аульченко  
Сергей Михайлович

Подпись докт. физ.-мат. наук, в.н.с. Аульченко С.М. удостоверяю.

*Зав. кафедрой*



*Г. М. Крамарев*