

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 30 сентября 2016 года публичной защиты диссертации Манабаева Кайрата Камитовича «Модификации приближенных методов расчета напряженно-деформированного состояния конструкций из вязкоупругих и композиционных материалов» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

На заседании присутствовали 20 из 26 членов диссертационного совета, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

1.	Христенко Юрий Федорович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р техн. наук	01.02.04
2.	Васенин Игорь Михайлович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
3.	Пикущак Елизавета Владимировна, ученый секретарь диссертационного совета	канд. физ.-мат. наук	01.02.05
4.	Архипов Владимир Афанасьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
5.	Биматов Владимир Исмагилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
6.	Герасимов Александр Владимирович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
7.	Глазунов Анатолий Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
8.	Глазырин Виктор Парфирьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
9.	Зелепугин Сергей Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
10.	Крайнов Алексей Юрьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
11.	Люкшин Борис Александрович	д-р техн. наук	01.02.04
12.	Макаров Павел Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
13.	Прокофьев Вадим Геннадьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
14.	Скрипняк Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
15.	Старченко Александр Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
16.	Тимченко Сергей Викторович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
17.	Черепанов Олег Иванович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
18.	Шрагер Геннадий Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
19.	Шрагер Эрнст Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
20.	Якутенко Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05

Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор технических наук, старший научный сотрудник Христенко Юрий Федорович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить К.К. Манабаеву учёную степень кандидата физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.13
на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.09.2016 г., № 271

О присуждении **Манабаеву Кайрату Камитовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Модификации приближенных методов расчета напряженно-деформированного состояния конструкций из вязкоупругих и композиционных материалов»** по специальности **01.02.04** – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 04.07.2016 г., протокол № 262, диссертационным советом **Д 212.267.13** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 203-161 от 08.02.2008 г.).

Соискатель **Манабаев Кайрат Камитович**, 1985 года рождения.

В 2008 г. окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский политехнический университет».

В 2012 г. очно окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Работает в должности ассистента кафедры теоретической и прикладной механики в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теоретической и прикладной механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Светашков Александр Андреевич**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», кафедра теоретической и прикладной механики, профессор.

Официальные оппоненты:

Радченко Андрей Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», институт кадастра, экономики и инженерных систем в строительстве, директор

Люкшин Петр Александрович, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория механики полимерных композиционных материалов, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Пермский национальный исследовательский политехнический университет**», г. Пермь, в своем положительном заключении, подписанном **Труфановым Николаем Александровичем** (доктор технических наук, профессор, кафедра «Вычислительная механика и математика», заведующий кафедрой) и **Куликовым Романом Георгиевичем** (кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра «Вычислительная механика и математика», доцент), указала, что актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью развития перспективных подходов и приближенных методов численного моделирования расчета задач линейной вязкоупругости для более точного прогнозирования квазистатического НДС элементов конструкций из полимерных и композиционных материалов.

В рамках развития теории приближенных решений задач линейной вязкоупругости соискателем разработана методика определения эффективных по времени модулей, позволяющая получать более высокую степень точности аппроксимации линейно-вязкоупругих свойств по сравнению с известными эффективными по времени модулями; получены выражения и установлены свойства новых эффективных по времени модулей смешанного типа и модулей типа Хашина-Штрикмана; для двухкомпонентного изотропного композита получены выражения новых эффективных характеристик на основе итерационного и средне-геометрического преобразования классических модулей; впервые разработан алгоритм реализации приближенного быстросходящегося итерационного метода расчета НДС двумерных плоских задач линейно-вязкоупругости в среде комплексов метода конечных элементов, позволяющий получать решения краевых задач механики полимерных и композиционных материалов с заданной точностью. Разработанные автором модифицированные методы могут быть использованы при решении широкого круга задач линейной вязкоупругости, при решении задач об определении напряженно-деформированного состояния упругих композитных материалов, в стандартных инженерных программах метода конечных элементов – для создания расчетных модулей, ориентированных на расчет квазистатического вязкоупругого поведения.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 7 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 6, (из них 1 статья в журнале, индексируемом Scopus), в сборнике трудов международной научно-технической конференции – 1. Общий объем публикаций – 2,35 п.л., авторский вклад – 0,84 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Светашков А. А. Модификации эффективных модулей типа Хашина-Штрикмана для двухкомпонентного изотропного композита / А. А. Светашков, Н. А. Куприянов, **К. К. Манабаев** // Физическая мезомеханика. – 2015. – Т. 18, № 6. – С. 57–65. – 0,56 / 0,17 п.л.

2. Светашков А. А. Эффективные по времени вязкоупругие модули типа Хашина-Штрикмана / А. А. Светашков, Н. А. Куприянов, **К. К. Манабаев** // Физическая мезомеханика. – 2013. – Т. 16, № 2. – С. 33–39. – 0,44 / 0,13 п.л.

3. Светашков А. А. Приближенный алгоритм решения задач линейной вязкоупругости / А. А. Светашков, Н. А. Куприянов, **К. К. Манабаев** // Вычислительная механика сплошных сред. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 292–299. – 0,50 / 0,15 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На автореферат поступило 4 положительных отзыва. Отзывы представили:

1. **А.Н. Потапов**, д-р техн. наук, доц., профессор кафедры строительного производства и теории сооружений Южно-Уральского государственного университета (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, *без замечаний*.
2. **В.Н. Лейцин**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий лабораторией фундаментального и прикладного материаловедения Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград, *с замечаниями*: на рис. 4 отсутствует легенда приведенных зависимостей; кажется не убедительным вывод о «более высокой степени аппроксимации линейно-вязкоупругих свойств по сравнению с эффективными характеристиками лагранжевого и кастильяного типов».
3. **В.В. Аксенов**, д-р техн. наук, заведующий лабораторией подземной робототехники Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, *с замечаниями*: уместно было бы в автореферате привести график зависимости кривой изменения во времени удельного объемного содержания для формул модулей объемного поведения; представленные в заключении результаты работы носят в основном констатирующий характер.
4. **А.А. Адамов**, д-р физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нелинейной механики деформируемого твердого тела Института механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, *с замечаниями*: на рис. 4 а,б указаны номера кривых, но в тексте автореферата не пояснен их смысл; на рис. 6 а,б обозначения осей ординат содержат только размерности величины (МПа), на 10 рис. обе оси также оформлены не полностью.

В отзывах отмечается, что необходимость рассмотрения задач линейной вязкоупругости продиктована широким использованием конструкций из композиционных и полимерных материалов в индустриальном строительстве. Автором развит подход оценки эффективных по времени модулей различных типов, на примере решения плоских задач проведены системные комплексные исследования его точности и применимости; получены новые оценки эффективных механических характеристик двухкомпонентных упругих изотропных композитов; предложен алгоритм итерационного уточнения результатов численного моделирования механического поведения линейно-вязкоупругих элементов конструкций, позволяющий приближаться к точному решению. К наиболее практически важным результатам исследований следует отнести обоснование и разработку новых подходов решения широкого круга задач оценки вязкоупругого поведения элементов конструкций на вычислительных комплексах, реализующих наиболее распространенный метод конечных элементов. Полученные результаты вносят вклад в развитие теории расчета конструкций из композиционных и полимерных материалов и имеют практическую значимость для реализации алгоритмов быстросходящегося итерационного анализа квазистатического вязкоупругого поведения элементов конструкций на базе метода конечных элементов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что в сферу интересов **А.В. Радченко** входят вопросы моделирования композиционных конструкций при механическом взаимодействии; в сферу интересов **П.А. Люкшина** входит моделирование и компьютерное конструирование наполненных полимерных композиций, решение прикладных задач, разработка математических и численных моделей, позволяющих описывать широкий круг сложных композиционных структур, а также выявление закономерностей при их деформировании с учетом различных факторов; **Пермский национальный исследовательский политехнический университет** известен своими исследованиями в области теории пластичности и ползучести, а также линейной и нелинейной вязкоупругости, создании методов анализа поведения конструкций вязкоупругих и упругих материалов при механических и тепловых воздействиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика определения эффективных по времени модулей, основанная на общности подхода при моделировании неоднородности по времени для линейной вязкоупругости и неоднородности по пространственным координатам для композиций, в рамках развития теории приближенных решений задач линейной вязкоупругости. Предложенная методика позволяет получать более высокую степень точности аппроксимации линейно-вязкоупругих свойств по сравнению с известными эффективными по времени модулями;

получены выражения и установлены свойства новых эффективных по времени модулей смешанного типа и модулей типа Хашина–Штрикмана. Модели, основанные на методе эффективных по времени модулей могут быть рекомендованы для экспресс-анализа квазистатического напряженного деформированного состояния конструкций из полимерных и композиционных материалов, работающих в режиме ползучести (релаксации);

получены выражения новых эффективных характеристик на основе итерационного и среднегеометрического преобразования классических модулей для двухкомпонентного изотропного композита. Данные выражения рекомендуются к использованию наряду с модулями Фойгта-Рейсса и Хашина–Штрикмана для получения оценок напряженно-деформированного состояния неоднородных композитов;

разработан алгоритм реализации приближенного быстросходящегося итерационного метода расчета НДС двумерных плоских задач линейно-вязкоупругости в среде комплексов метода конечных элементов, позволяющие получать решения краевых задач механики полимерных и композиционных материалов с заданной точностью;

установлено в результате адаптации приближенного итерационного метода к среде комплекса конечно-элементного анализа: достаточно быстрая сходимость итерационного алгоритма, практическое совпадение расчетных и теоретических оценок сходимости, совпадение аналитического и итерационного решения в пределах 6 %, что позволяет рекомендовать данный метод для расчета квазистатических плоских краевых задач вязкоупругости в линейной постановке.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

в работе получены результаты, которые вносят вклад в развитие приближенных методов численного решения краевых задач механики деформируемого твердого тела, а именно:

разработана методика определения эффективных по времени модулей, позволяющая получить более высокую степень точности аппроксимации линейно-вязкоупругих свойств по сравнению с известными эффективными по времени модулями;

разработаны новые математические модели эффективных по времени модулей смешанного применительно к задачам оценки напряженно-деформированного состояния линейно-вязкоупругих тел под действием механических нагрузок;

разработан итерационный алгоритм и вычислительная методика решения плоских краевых задач линейной вязкоупругости для прогноза поведения деформируемых вязкоупругих тел при квазистатических нагрузках.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики:

разработаны и внедрены методы и модели, которые могут быть использованы при решении задач оценки прочности и работоспособности конструкций, состоящих из вязкоупругих и композиционных материалов;

разработанные модели эффективных по времени модулей могут применяться инженерными работниками для экспресс-анализа прогнозирования прочности конструкций из полимерных и композиционных материалов.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Разработанные автором модифицированные методы могут быть использованы при решении широкого круга задач линейной вязкоупругости, при решении задач об определении напряженно-деформированного состояния упругих композитных материалов, в стандартных инженерных программах метода конечных элементов – для создания расчетных модулей, ориентированных на расчет квазистатического вязкоупругого поведения. Результаты, полученные в диссертации, могут быть рекомендованы для расширенного использования

в учреждениях и академических институтах, которые занимаются исследованием полимерных композиционных материалов и конструкций из них, таких как Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ПАО НПО «Искра» (г. Пермь), АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (г. Хотьково), Институт механики сплошных сред УрО РАН (г. Пермь) и других образовательных и академических организациях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для решения задачи использованы апробированные методы;

проведена серия тестовых расчетов для оценки точности и корректности результатов решения на основе новых полученных выражений эффективных по времени характеристик;

проведено сравнение результатов численного моделирования с известными теоретическими решениями и опубликованными результатами других исследователей.

Новизна результатов диссертационного исследования заключается в развитии приближенных подходов к численному решению задач линейной вязкоупругости, где тела с вязкоупругими свойствами подвергаются механическим воздействиям.

В диссертационной работе разработаны новые математические модели для реализации итерационного алгоритма численного решения задач линейной вязкоупругости и новые математические модели эффективных по времени модулей. Предлагаемые алгоритм и модели описывают процессы вязкоупругого деформирования систем, где элементы конструкций подвергаются воздействию механических нагрузок, позволяют получать эффективные оценки НДС конструкций с заданной точностью.

С использованием разработанных моделей и алгоритма проведены численные исследования, в результате которых расширены представления о закономерностях поведения напряженно-деформированного состояния элементов конструкций.

Предложенные модели новых эффективных по времени вязкоупругих модулей показали более высокую степень точности аппроксимации линейно-

вязкоупругих свойств по сравнению с известными эффективными характеристиками лагранжевого и кастильянового типов.

Впервые реализован алгоритм приближенного итерационного метода для решения плоских краевых задач линейной вязкоупругости в среде программного комплекса метода конечных элементов, что позволяет увеличить скорость и снизить трудоемкость расчета задач подобного класса.

Личный вклад автора заключается в: выполнении всех исследований, отраженных в работе, в процессе научной деятельности под руководством научного руководителя, активном участии в подготовке основных публикаций по теме диссертации.

Диссертация отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, согласно пункту 9, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по разработке и модификации приближенных методов расчета напряженно-деформированного состояния конструкций из вязкоупругих и композиционных материалов, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела.

На заседании 30.09.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Манабаеву К.К.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

30 сентября 2016 г.



Христенко Юрий Федорович

Пикущак Елизавета Владимировна