

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.075.01, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21.12.2017 №17

О присуждении *Янкину Андрею Сергеевичу*, гражданину России,  
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Деформационные свойства высоконаполненных вязкоупругих полимеров при двухчастотных законах нагружения» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите 12.10.2017 (протокол заседания № 13) диссертационным советом Д 002.075.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук, 199178, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, Большой пр., д. 61, диссертационный совет создан согласно приказу Минобрнауки № 1902-1321 от 10.10.2008, приказом №326-нк от 15.03.2016 утвержден новый состав совета.

Соискатель Янкин Андрей Сергеевич 1987 года рождения. В 2010 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» (ныне «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ)) по специальности «Ракетные двигатели». С 07.2010 по 06.2013 обучался в очной аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов».

Работает научным сотрудником в Центре экспериментальной механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ).

Диссертация выполнена на кафедре «Ракетно-космическая техника и

энергетические системы» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ).

**Научный руководитель** – Бульбович Роман Васильевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Аэрокосмический факультет, декан.

**Официальные оппоненты:**

1) Гаришин Олег Константинович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, Лаборатория микромеханики структурно-неоднородных сред, старший научный сотрудник,

2) Семёнов Артём Семёнович, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Институт прикладной математики и механики, кафедра «Механика и процессы управления», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Акционерное общество «Научно-Исследовательский Институт Полимерных Материалов» (АО «НИИПМ»), г. Пермь в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, начальником отдела прочности АО «НИИПМ» Кочневой Натальей Михайловной, и утвержденном на заседании отдела прочности АО «НИИПМ», а также рассмотренном и одобренном научно-техническим советом АО «НИИПМ», указала, что диссертация А.С. Янкина является научно-квалификационной работой, в которой приведены результаты экспериментально-теоретического исследования по актуальной проблеме изучения физико-механических свойств наполненных полимерных композитов при сложных, близких к эксплуатационным, динамических нагрузках, имеет существенное значение для развития отрасли твердотопливного двигателестроения, что соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Янкин Андрей

Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела. Отзыв ведущей организации утвержден первым заместителем генерального директора Акционерного общества «Научно-Исследовательский Институт Полимерных Материалов», главным конструктором Макаровым Леонидом Борисовичем.

**Соискатель имеет** 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК и/или проиндексированных в базах данных Web of Science, Scopus опубликовано 8 работ.

**Наиболее значительные работы:**

1. Янкин А.С., Словиков С.В., Бульбович Р.В. Определение динамических механических свойств низко модульных вязкоупругих композитов при бигармоническом законе нагружения // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2013. – Т.19. – №1. – С.141-151.

2. Янкин А.С., Бульбович Р.В., Словиков С.В., Вильдеман В.Э. Методические вопросы экспериментальных исследований вязкоупругих наполненных полимерных композитов при сложных динамических циклических воздействиях // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2013. – №4 – С.180-192.

3. Янкин А.С., Бульбович Р.В., Словиков С.В., Вильдеман В.Э. Влияние амплитуды деформации высокочастотной составляющей бигармонического (двухчастотного) закона нагружения на динамические механические свойства низко модульных вязкоупругих композитов // Механика композитных материалов. – 2013. – Т.49. – №6. – С.1005-1012.

4. Янкин А.С., Бульбович Р.В., Словиков С.В., Вильдеман В.Э. Особенности поведения низко модульных вязкоупругих полимерных композитов при варьировании амплитуды деформации низкочастотной составляющей бигармонической нагрузки // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2014. – №3. – С.233-251.

5. Янкин А.С. Влияние частот бигармонического (двухчастотного) нагружения на механическое поведение имитатора твердого топлива // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2015. – №4. – С.273-292.

6. Янкин А.С., Бульбович Р.В., Словиков С.В., Вильдеман В.Э., Павлоградский В.В. Вязкоупругие характеристики высоконаполненных полимерных композитов при двухчастотных воздействиях // Механика композитных материалов. – 2016. – Т.52. – №1. – С.115-128.

7. Янкин А.С., Бульбович Р.В., Словиков С.В. Математическая модель и экспериментальные исследования поведения вязкоупругих наполненных полимеров при двухчастотных воздействиях // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2017. – №2. – С.208-225.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают основные положения всех содержательных глав диссертации. Авторский вклад соискателя и полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах достаточные. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

#### **На автореферат поступило 8 отзывов:**

1) Положительный отзыв от доктора технических наук, доцента, профессора кафедры сопротивления материалов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Кирпичева В.А. с замечаниями:

*- В автореферате указано «геометрия используемых образцов существенно влияет на определяемые вязкоупругие параметры...» (стр. 7 автореферата), но, к сожалению, не приведены чертежи образцов, и ничего не сказано о соответствии их формы и размеров требованиям ГОСТ.*

*- В автореферате нет объяснения, почему для проверки однородности дисперсий применялся критерий Фишера (стр.12), а, например, не тест Вальда или тест множителей Лагранжа.*

*- Из автореферата не ясно, определялся ли в результате испытаний образцов на растяжение и сжатие действительный коэффициент Пуассона, который необходим, как сказано на стр.13 реферата, для оценки напряженно-деформированного состояния конструкции.*

2) Положительный отзыв от доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Механика деформируемого твердого тела» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» Санникова В.А. с замечаниями:

*- Непонятно как выполнялись условия компоновки решений, связывающие свойства вязкоупругой модели топлива с расчетами комплексом ANSYS.*

*- Выполнялся ли учет предыстории нагружения при определении деформационных свойств материала.*

*- Текст автореферата, возможно, было бы лучше структурировать за счет добавления соответствующих рисунков (например, заменить методики проведения опытов, определения параметров материала и идентификации моделей на поясняющие схемы), а также привести экспериментальные данные в большем объеме и дать их более детальный анализ.*

3) Положительный отзыв от кандидата технических наук, начальника Отделения динамики и прочности Акционерного общества «ОДК-Авиадвигатель» Андрейченко И.Л., начальника бригады перспективных методов анализа Акционерного общества «ОДК-Авиадвигатель» Бессчетнова В.А. с замечанием:

*- В автореферате не приведены результаты практического применения математических моделей для анализа НДС реальной конструкции или детали.*

4) Положительный отзыв от доктора технических наук, главного химика Публичного акционерного общества научно-производственного объединения «ИСКРА» Шайдуровой Г.И., начальника отдела 730 Публичного акционерного общества научно-производственного объединения «ИСКРА» Степанова В.Н., инженера-конструктора 1 категории отдела 730 Публичного акционерного общества научно-производственного объединения «ИСКРА» Рогожниковой Е.Н. с замечанием:

*- В результатах работы отсутствует решение динамической задачи с использованием разработанных автором подходов для конкретного изделия (например, для прочноскрепленного заряда) с проверкой на соответствующем модельном двигателе.*

5) Положительный отзыв от доктора технических наук, профессора кафедры «Ракетная техника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» Храмова С.Н. с замечаниями:

*- Нет расчетной схемы, соответствующей рассматриваемым внешним воздействиям на исследуемый образец из вязкоупругого материала.*

*- Нет схемы эксперимента, описания процедур получения и последующего использования результатов измерений.*

6) Положительный отзыв от доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой «Транспортное строительство» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)» Локтева А.А. с замечанием:

*- К условным недостаткам можно отнести то, что в автореферате часто говорится о динамическом нагружении, но при этом нигде не приведены математические зависимости, позволяющие понять какое именно нагружение имеется в виду.*

7) Положительный отзыв от кандидата технических наук, доцента кафедры «Ракетные двигатели» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» Арёфьева К.Ю., ассистента кафедры «Ракетные двигатели» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» Федотовой К.В. с замечанием:

*- В качестве замечания можно отметить то обстоятельство, что в автореферате диссертации Янкина А.С. мало внимания уделено анализу влияния рецептуры и дисперсного состава энергетических конденсированных материалов (ЭКМ) на его поведение при многочастотных нагрузках.*

8) Положительный отзыв от доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой «Механика деформируемого твердого тела» Федерального государственного автономного образовательного учреждения

высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Скрипняка В.А. без замечаний.

Вместе с тем, в положительных отзывах отмечено, что диссертация является завершенным научно-квалификационным исследованием, представляющим научный и практический интерес, тема работы является актуальной, полученные результаты достоверны и имеют высокую научную ценность.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:**

**официальные оппоненты** являются известными ведущими специалистами в области механики деформируемого твердого тела и теории вязкоупругости, имеют публикации по данному направлению в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

**ведущая организация** Акционерное общество «Научно-Исследовательский Институт Полимерных Материалов» (АО «НИИПМ») хорошо известна своими достижениями в области механики деформируемого твердого тела, в институте активно ведутся исследования по изучению процессов деформирования и разрушения вязкоупругих высоконаполненных полимеров, применяемых при производстве двигателей аэрокосмической техники.

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

**разработана** новая нелинейная математическая модель описания динамического поведения вязкоупругих высоконаполненных полимеров при сложных гармонических нагрузках; новизна предложенной модели заключается в анализе динамических откликов материала на двухчастотное воздействие, где низкая частота соответствует медленноменяющейся квазистатической нагрузке, которая стремится упорядочить структуру (разрыхление материала), а высокая на ее фоне соответствует динамической нагрузке, которая в большей степени определяет диссипативные свойства полимера;

**предложена** новая экспериментальная методика проведения испытаний, которая позволяет определить вязкоупругие параметры материала в рамках

разработанной модели и учесть все дополнительные гармоники в заданном диапазоне отношения частот нагружения;

**предложены** новые зависимости определяемых вязкоупругих параметров материала от температуры, в результате чего установлено наиболее точное соответствие экспериментальных и модельных данных;

**предложена** принципиально новая процедура идентификации параметров разработанной нелинейной математической модели, используемая для динамического анализа твердотопливных конструкций аэрокосмической техники.

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

**предложен** подход, который позволяет численно и экспериментально получить динамический отклик вязкоупругих полимерных сред от двухчастотного воздействия;

**изучена** связь определяемых вязкоупругих параметров высоконаполненного полимера при одно- и двухчастотных воздействиях, в результате чего установлена более высокая информативность двухчастотного нагружения;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** подходы теории нелинейной вязкоупругости для разработки модели описания поведения вязкоупругих материалов в условиях действия стационарных двухчастотных нагрузок;

**использована** экспериментальная методика проведения двухчастотного опыта для определения параметров разработанной нелинейной модели композита на основе процедуры полиномиального описания и параметрической идентификации.

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

**представлены** новая модель деформационных свойств имитатора твёрдого ракетного топлива и процедура ее идентификации, которые представляют практический интерес для анализа динамических режимов нагружения твердотопливных конструкций;

**разработаны и внедрены** в учебный процесс по направлению 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» методики проведения экспериментов и определения вязкоупругих параметров высоконаполненных полимеров (дисциплина «Испытания и обеспечение надежности ракетных двигателей»), а также анализ влияния различных условий двухчастотного нагружения на механическое поведение материала (дисциплина «Топлива и рабочие процессы в авиационных и ракетных двигателях»);

**определены** перспективы использования разработанного экспериментально-теоретического аппарата для повышения точности динамического анализа твердотопливных конструкций;

**создан** комплекс алгоритмов и программ для определения вязкоупругих параметров материала на основе экспериментальных данных и идентификации параметров разработанных моделей;

**представлены** методические рекомендации по выбору типа нелинейной модели для повышения точности учёта вязкоупругих свойств материала в твёрдотопливной конструкции

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**использовано** современное испытательное и измерительное оборудование лаборатории, имеющей сертификат аккредитации на проведение механических испытаний и надлежащую систему менеджмента качества; оборудование имеет свидетельства о поверке и аттестации;

**теория** основана на известных уравнениях механики сплошных сред, теории вязкоупругости и подкреплена экспериментальными данными;

**установлено** соответствие данных, полученных с использованием разработанной модели и данных проверочных экспериментов, которые не противоречат результатам экспериментальных исследований других авторов.

**Личный вклад соискателя состоит в** разработке математического описания нелинейного поведения вязкоупругого материала, основных этапов методики проведения двухчастотного опыта, программы определения вязкоупругих параметров высоконаполненных полимеров, проведении экспериментальных исследований, участии в разработке и реализации процедуры идентификации модели, определяющем участии в написании публикаций и

подготовке докладов на конференциях.

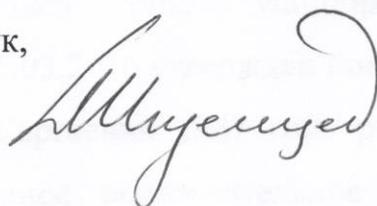
Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием плана исследований, обладающего понятной внутренней логикой, постановкой проблемы в общем виде, а затем, переходом к частным задачам и проверкой полученных результатов независимыми экспериментальными данными.

На заседании 21 декабря 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Янкину А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета Д 002.075.01,  
доктор физико-математических наук,  
член-корреспондент РАН



Д.А. Индейцев

Учёный секретарь

диссертационного совета Д 002.075.01  
доктор технических наук, профессор



В.В. Дубаренко

21 декабря 2017 г.

