

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
24.2.316.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 22 декабря 2023 года № 1

**о присуждении** Барботько Максиму Андреевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование терморелаксационных процессов в условиях неоднородной структуры стекло-металлических соединений» по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твёрдого тела принята к защите 17 октября 2023 г., протокол № 10, диссертационным советом 24.2.316.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, д. 27, приказ Минобрнауки России от 24 июня 2016 г. № 787/нк. и приказ Минобрнауки России от 20 октября 2017 г. № 1017/нк.

Соискатель Барботько Максим Андреевич, 1994 года рождения, в 2017 году окончил с отличием федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ФГАОУ ВО ДВФУ) с присуждением квалификации магистра по направлению 15.04.03 «Прикладная механика». В 2021 году окончил очную аспирантуру при ФГАОУ ВО Дальневосточного федерального университета по направлению подготовки: 08.06.01 «Техника и технологии строительства».

Работает в штатной должности в должности ассистента Департамента математики Института математики и компьютерных технологий ФГАОУ ВО Дальневосточного федерального университета.

Диссертация выполнена в лаборатории механики стекломаталлокомпозитов и геоматериалов Научно-исследовательского центра геомеханики и геодинамики сильно сжатых горных пород и массивов Политехнического института (Школы) ФГАОУ ВО Дальневосточного федерального университета.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук, доцент Любимова Ольга Николаевна, профессор отделения машиностроения, морской техники и транспорта

Инженерного департамента Политехнического института (Школы) ФГАОУ ВО Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток.

**Официальные оппоненты:**

Садовский Владимир Михайлович, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом Вычислительной механики деформируемых сред Института вычислительного моделирования СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск;

Ткачева Анастасия Валерьевна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук ФГБУН Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Комсомольск-на-Амуре.

**Дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО ВГУ), г. Воронеж – в своём положительном заключении, подписанном Ковалевым Алексеем Викторовичем, доктором физико-математических наук (специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), профессором, заведующим кафедры механики и компьютерного моделирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Шапкиным Александром Ивановичем, доктором физико-математических наук (специальность 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), профессором, заведующим кафедры математического и прикладного анализа ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» и утверждённом Костиным Дмитрием Владимировичем, доктором физико-математических наук, профессором, проректором по науке, инновациям и цифровизации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», указала, что диссертационная работа М.А. Барботько является законченной научно-квалификационной работой. Тема работы актуальна, диссертация обладает научной новизной, научной и практической значимостью. Все утверждения и выводы корректны и обоснованы.

Проверка текста по программе «Антиплагиат» показала высокий уровень оригинальности. Выявленные совпадения не являются плагиатом. Анализ отчета показал, что в исследуемом документе присутствуют корректные совпадения в виде фрагментов, содержащих стандартные фразы, описывающие структурные элементы диссертации; устойчивые словосочетания; цитаты со ссылками на документы в библиографическом перечне, а также терминология. В работе нет заимствования материала без ссылок на первоисточники.

Автореферат и публикации соответствуют содержанию диссертационной работы.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11–2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а также п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.(ред. от 18.03.2023). Полученные результаты соответствуют специальности 1.1.8 - Механика деформируемого твердого тела (физико-математические науки).

Автор диссертации Барботько Максим Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 –«Механика деформируемого твердого тела».

Соискатель имеет 9 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 5 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 3 – в изданиях, индексируемых Web of Science или Scopus.

Наиболее значимые работы:

1. Любимова, О. Н. Моделирование теплообмена в слоистых стеклометаллических материалах при индукционном нагреве /О. Н. Любимова, М. А. Барботько//Теплофизика и аэромеханика. – 2021. – Т. 28, № 1. – С. 89–105. (переводная версия: Lyubimova, O. N. Modeling of heat transfer due to induction heating of laminated glass-metal materials/O. N. Lyubimova, M. A. Barbotko//Thermophysics and Aeromechanics. – 2021. – Vol. 28, No. 1. – P. 87-102. – DOI 10.1134/S0869864321010091)
2. Любимова, О. Н. Метод расчета эволюции напряжений в стеклометаллокомпозите с учетом структурных и механических релаксационных процессов/О. Н. Любимова, М. А. Барботько//Вычислительная механика сплошных сред. – 2019. – Т. 12, № 2. – С. 215–229.
3. Барботько, М. А. Численное моделирование термических напряжений и деформаций в цилиндре с упругопластической оболочкой и вязкоупругим наполнителем/М. А. Барботько//Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. – 2018. – № 4 (37). – С. 16–23. – DOI 10.5281/zenodo.2008644.
4. Barbotko M.A. Experimental investigations of varying the temperature parameters in the glass-transition range for glass-metal composites when heated/O.N. Lyubimova, M. A. Barbotko, A.A. Streltsov//Materials Physics and Mechanics. – 2023.– № 51 (3). P. 52-58.
5. Любимова, О. Н. Свойства, макро- и микроструктура слоистого конструкционного элемента на основе неорганического стекла и стали - стеклометаллокомпозитного

стержня/О. Н. Любимова, А. В. Морковин, М. А. Барботько//Металлург. – 2022. – № 9. – С. 100–104. – DOI 10.52351/00260827\_2022\_09\_100 (Lyubimova, O. N., Morkovin, A. V., Barbotko, M.V. Properties, Macro- and Microstructure of a Layered Structural Element Based on Inorganic Glass and a Steel — Glass-and-Metal Composite Rod. Metallurgist 66, 1140–1146 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11015-023-01426-2>)

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы** (все положительные, указывается основное отражение замечаний):

**Отзыв на диссертацию ведущей организации** ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» имеет основные замечания:

1. Автор приводит аналитические выражения для параметров в ядре релаксации при расчете механической релаксации, но не объясняет какими аналитическими зависимостями аппроксимирован коэффициент линейного температурного расширения, который определяет технологические и остаточные напряжения в соединении.
2. На текущем уровне работы экспериментальной лабораторной установки измерения проводятся в одном из слоев стекло-металлического соединения, как автор видит перспективу проведения измерений одновременно во всех слоях? Какие ошибки измерений автор видит высоких скоростях изменения температур?
3. Каковы перспективы развиваемого численно-аналитического метода при проектировании поведения слоистых конструкционных материалов при температурных нагрузках с учетом накопления повреждений, появления и роста трещин, в том числе и на границе соединения?
4. По тексту диссертационной работы присутствуют опечатки и стилистические неточности.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Садовского В.М.** имеет основные замечания:

1. На какой стадии доработки или патентования находится экспериментальная лабораторная установка? Имеются ли в установке какие-либо недостатки, которые необходимо доработать, в том числе для повышения точности измерений?
2. Неоднородность структуры стекло-металлических соединений связана не только с различием физико-химических свойств соединяемых материалов, но и с неравномерным распределением температуры по стеклюющемуся слою. В этих условиях в разные моменты времени через интервал стеклования проходят разные

- объемы. Не ясно, насколько эффективно технологически задавать неравномерный температурный режим? Как это влияет на технологические и остаточные напряжения?
3. Прочность стекло-металлических соединений определяется как технологическими и остаточными напряжениями, так и особенностями контактного взаимодействия слоев. По-видимому, при оценке конечных характеристик стекломаталлокомпозита необходимо учитывать адгезионную прочность соединения стекла с металлом.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Ткачевой А.В.** имеет основные замечания:

1. Оригинальность лабораторной установки (глава 3) следовало бы подтвердить получением охранных документов.
2. Каким образом назначаются скорости нагрева (глава 3)?
3. Об алгоритме начального упругого приближения (глава 4). Как построена итерационная процедура для нахождения пластических деформаций в металлическом слое? В диссертации оправданность данной процедуры подтверждается только ссылкой на статью Гузева М.А. с соавторами. Но в этой статье материал упрочняющийся, а не идеально пластический. Именно принимаемое упрочнение помогает выстроить последовательность вычислений. Усложнение модели только помогает в этом. Во избежание сложностей вычислений при идеальном пластическом течении материал часто считают упруговязкопластическим. Как находится на каждом шаге изменения в множителе Лагранжа ассоциированного закона пластического течения?
4. На стр. 19 описывается распределение по слоям стекла. Почему все слои не могут быть сжаты?
5. Ни в литературном обзоре, ни по тексту диссертации практически не упоминаются научные статьи иностранных авторов. Подобные исследования там не ведутся?
6. Знакомство с текстом затрудняется тем, что в нем часто разные параметры получают одно и то же обозначение, например,  $\varepsilon$  и деформация и точность расчетов.
7. Имеются опечатки (например, стр.20), подписи под зависимостью могут не соответствовать приведенной формуле (стр.43), в таблицах 4.2 и 4.3 не указываются единицы измерения.

Отзыв на автореферат **Жилина Сергея Геннадьевича** кандидата технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника Лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения

Российской академии наук (ИМиМ ДВО РАН) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук содержит замечание:

Из материалов, представленных в автореферате, не вполне ясно, как в модельных представлениях и эксперименте учтена сила адгезионного взаимодействия в зоне контакта стекло-металлического соединения и ее влияние на совместное деформирование?

Отзыв на автореферат **Кургузова Владимира Дмитриевича**, доктора физико-математических наук, доцента, главного научного сотрудника лаборатории механики композитов Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН содержит замечание:

Автор не указывает сходство и принципиальные отличия существующих дилатометров от того устройства, которое он спроектировал (Дт-ГИ). В чем его преимущество? На какой стадии разработки находится прибор?

Отзыв на автореферат **Багмутова Вячеслава Петровича** доктора технических наук, профессора, академика Академии инженерных наук РФ, заслуженного работника высшей школы РФ, профессора кафедры сопротивления материалов Волгоградского государственного технического университета (ФГБОУ ВО «ВолгГТУ») и **Захарова Игоря Николаевича** доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой сопротивления материалов Волгоградского государственного технического университета (ФГБОУ ВО «ВолгГТУ») не содержит замечаний.

Отзыв на автореферат **Козлова Владимира Анатольевича**, доктора физико-математических наук, доцента, почетного работника сферы образования Российской Федерации, заведующего кафедрой строительной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» не содержит замечаний.

Отзыв на автореферат **Чернышова Александра Даниловича**, доктора физико-математических наук, профессора кафедры высшей математики Воронежского государственного университета инженерных технологий (ФГБОУ ВО ВГУИТ) содержит замечание:

Нет вывода, какой же метод и в каких случаях имеет преимущества перед другими методами.

Отзыв на автореферат **Панченко Галины Леонидовны**, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории информационно-аналитических и управляющих систем и технологий (№65) Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН и **Бегун Александры Сергеевны** кандидата физико-математических наук, научного сотрудника лаборатории механики необратимого

деформирования (№51) Института автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН содержит замечания:

1. Численно-аналитический метод расчета термомеханической релаксации для стекло-металлических соединений разработан для одномерного случая в цилиндрической системе координат, как автор представляет развитие разрабатываемого метода для задач не обладающих осевой симметрией?
2. Автор исследует сходимость метода в сравнении с аналитическим решением и на сгущающейся сетке, проводилось ли сравнение с результатами моделирования в САЕ системах типа ANSYS или FIDESYS?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными специалистами в исследуемой области, а ведущая организация широко известна достижениями работающих в ней специалистов в области науки, соответствующей тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**Разработан** новый подход к расчету эволюции температурных напряжений в процессе сопряжения стеклующегося материала с материалом, обладающим упругопластическими свойствами, включая особенности релаксации созданного уровня напряжений при последующей изотермической выдержке.

**Предложен** приближенный численный метод расчетов в контактной задаче теории механики сплошных сред «стекло-металл» с использованием уточненных, специально проведенными опытами параметров процесса сопряжения и их изменений в интервале стеклования с учетом разных скоростей изменения температуры.

Для целей задания изменяющихся термомеханических параметров сопряжения стеклующихся и необратимо деформирующихся материалов **разработана и построена** специальная лабораторная установка, на которой проведены измерения в линейных размерах стеклометаллокомпозитных образцов в широком интервале температур, включающем интервал стеклования.

Серией опытов на созданной лабораторной установке **получены** новые экспериментальные зависимости линейного расширения в стеклометаллокомпозитном конструкционном элементе от температуры и скорости изменения температуры в температурном интервале стеклования.

**Теоретическая значимость:**

с использованием специально полученных опытных данных об изменениях термомеханических параметров в условиях стеснённого стеклования **поставлена** и приближенно **решена** новая задача механики деформирования об эволюции напряжений при сопряжении упругопластически деформирующегося материала с материалом, находящимся в условиях стеклования.

Следствием анализа расчетов в данной задаче **установлены** закономерности в зависимостях остаточных напряжений от термомеханических параметров процесса сопряжения в условиях стеклования.

Посредством направленных опытов **указаны** новые экспериментальные закономерности деформирования стеклянного элемента в составе стекломаталлокомпозита, при температурах интервала стеклования, совершенно необходимые, в том числе, для проведения расчетов.

**Разработан и предложен** вариант приближенного конечно-разностного метода расчетов для краевых задач теории термдеформирования рассмотренного класса с оценкой достоверности результатов расчета.

**Применительно к проблематике диссертации (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** фундаментальные подходы термомеханики для моделирования процесса соединения металла со стеклом, учитывающие сложные реологические свойства соединяемых материалов и наиболее значимый температурный интервал стеклования для протекания процесса стеклования.

#### **Значение для практики:**

**установлены** математическая модель и методы расчетов в процессах создания стекломаталлокомпозитных конструкционных элементов с учетом опытно выверенных значений изменяющихся термомеханических параметров процесса в условиях стеклования.

Посредством серии опытов на созданной лабораторной установке **указаны** экспериментальные зависимости ряда термомеханических параметров от температуры при разных скоростях её изменения, необходимые для последующих расчетов.

#### **Оценка достоверности результатов выявила:**

**теория и методика экспериментального исследований** основаны на классических подходах механики деформируемых и стеклующихся материалов.

**идея** базируется на учете сопряженного термдеформирования стекло-металлических соединений в условиях температурных режимов их производства и отжига с учетом представлений кинетической релаксационной теории стеклования.



для составления алгоритмов и программ расчетов **используются** классические методы и выводы теории разностных схем.

Экспериментальные исследования **основаны** на стандартных методиках изучения термомеханических свойств в механике материалов.

**Личный вклад** автора состоит в проектировании и изготовлении лабораторной установки для измерения линейного расширения в стекло-металлическом соединении, проведении экспериментальных исследований, обработке экспериментальных данных, разработке вычислительных алгоритмов, проведении расчетов, обработке и анализе полученных результатов, подготовке научных статей и докладов по теме диссертационной работы.

#### **Заключение:**

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу и отвечает требованиям, установленным пунктом 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 22 декабря 2023 г. диссертационный совет 24.2.316.03 принял решение присудить Барботько Максиму Андреевичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твёрдого тела за решение научной задачи по контактному деформированию слоев стекла и металла в условиях температурного интервала стеклования.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 21, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета



Дмитриев Эдуард Анатольевич

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Григорьева Анна Леонидовна

22 декабря 2023 года