

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 21 декабря 2023 года № 1

**о присуждении** Богдановой Нине Анатольевне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование напряженно-деформированного состояния прессовок из воскообразных порошковых материалов» по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твёрдого тела принята к защите 17 октября 2023 г., протокол № 11, 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 Богданова Нина Анатольевна, 1988 года рождения, в 2011 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет", с присуждением квалификации магистра по направлению "Прикладная механика". В 2018 году окончила очную аспирантуру при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук. Работает в штатной должности младшего научного сотрудника Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук.

**Научный руководитель** – кандидат технических наук, доцент Жилин Сергей Геннадьевич, ведущий научный сотрудник Института машиноведения и металлургии ДВО РАН ФГБУН Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН, г. Комсомольск-на-Амуре.

**Официальные оппоненты:**

Келлер Илья Эрнстович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией нелинейной механики деформируемого твердого тела «Институт механики сплошных сред УрО РАН» - филиал ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, г. Пермь.

Иванкова Евгения Павловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре.

**Дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ им. Р.Е. Алексеева), г. Нижний Новгород.– в своём положительном заключении, подписанном Леушиным Игорем Олеговичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Металлургические технологии и оборудование» Института физико-химических технологий и материаловедения ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», и утверждённом Куркиным Андреем Александровичем, доктором физико-математических наук, профессором, проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», указала, что диссертационная работа Н.А. Богдановой выполнена на высоком уровне, является самостоятельной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи исследования напряженно-деформированного состояния прессовок из воскообразных порошковых материалов, имеющей значение для развития механики деформируемых твердых тел со сложной структурой, в частности, теории и практики исследований процессов деформирования, повреждения и разрушения прессовок из воскообразных порошковых композиций в условиях внешних воздействий, которое закладывает основу для совершенствования технической подготовки производства точных литых заготовок деталей машин ответственного назначения, в частности, практики разработки технологических режимов изготовления термоудаляемых моделей сложной геометрии прессованием из порошков воскообразных материалов. Диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней,

утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, в действующей редакции, а ее автор Богданова Нина Анатольевна заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 –Механика деформируемого твердого тела.

Соискатель имеет 13 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 4 рекомендованы ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертаций, 3 — в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus. Получены 2 патента РФ.

Наиболее значимые работы:

1. Sosnin A.A., Bogdanova N.A., Zhilin S.G., Komarov O.N. Finite element modeling of the stress-strain state of waxy compacts // AIP Conference Proceedings. Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures, MRDMS 2019 - Proceedings of the 13th International Conference on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures. – 2019. – P. 030017.

2. Bogdanova N.A., Zhilin S.G., Komarov O.N. Influence of the channel diameter ratio during extrusion forming of a paraffin powder body on compacting parameters // AIP Conference Proceedings. 14th International Conference on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures, MRDMS2020. Ekaterinburg, –2020. –P.030003.

3. Жилин С.Г., Богданова Н.А., Комаров О.Н. Влияние упаковки и параметров одноосного уплотнения сферических воскообразных элементов на напряженно-деформированное состояние прессовки // *Металлург.* – 2022. –№ 8. – С. 83-93.

4. Жилин С.Г., Комаров О.Н., Соснин А.А., Богданова Н.А. Влияние упругого отклика на размерно-геометрические характеристики протяженной прессовки, полученной из воскообразного материала мундштучным выдавливанием // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение.* – 2018. – Т. 20. № 2. – С. 27-34.

5. Абашкин Е.Е., Богданова Н.А., Жилин С.Г., Комаров О.Н., Предеин В.В. Экспериментальное моделирование технологических этапов процесса формирования биметаллической отливки высокой размерно-геометрической точности // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния.* – 2020. – № 4 (46). – С. 25-35.

6. Богданова Н.А., Жилин С.Г., Комаров О.Н. Условия формирования протяжённой прессовки из воскообразного материала при экструзионном выдавливании порошкового тела // *Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета.* – 2021. – № 3 (51). – С. 73-75.

7. Жилин С.Г., Богданова Н.А., Комаров О.Н. Расчетное и экспериментальное определение параметров процесса формирования пористой прессовки из порошкового воскообразного материала // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2022. – №3(53). – С. 27-38.

8. Пат. № 2697995 РФ, Способ получения биметаллической отливки / Жилин С.Г., Комаров О.Н., Богданова Н.А.; опубл. 21.08.2019, Бюл. 24.

9. Пат. № 2696118 РФ, Способ получения биметаллической отливки / Богданова Н.А., Жилин С.Г., Комаров О.Н.; опубл. 31.07.2019, Бюл. 22.

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

**Отзыв на диссертацию ведущей организации** ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» имеет основные замечания:

1. В тексте диссертации отсутствуют ссылки на публикации и защищенные технические решения исследователей заявленной проблемы, представляющих ведущую организацию по данной работе – Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева.

2. Автором не сформулированы такие ключевые характеристики работы, как объект и предмет исследования, не предъявлена рабочая гипотеза. Среди задач исследования нет ни одной, ориентированной на применение разработок в практике и оценку ожидаемых эффектов от такого применения, хотя автор изначально позиционирует свою работу как решающую ряд проблем действующего производства.

3. Давая общую характеристику работы в диссертации и автореферате, автор четко не формулирует отличия полученных результатов от результатов исследований предшественников.

4. В тексте работы не указано, каким именно пунктам паспорта заявленной научной специальности она соответствует, по мнению соискательницы.

5. Выбор парафина марки Т1 в качестве модельного материала для экспериментальных исследований представляется некорректным, поскольку в действующем производстве в качестве материала термоудаляемых моделей применяют не однокомпонентные вещества, а многокомпонентные композиции, включающие в себя помимо парафина, например, стеарин, церезин и другие компоненты и добавки.

6. Из текста диссертации не понятно, каким образом при исследовании НДС прессовок автор учитывает явление оплавления частиц порошкового тела в зонах контакта

друг с другом и стенками пресс-формы под давлением пуансона при формировании прессовки и фактическое поведение воскообразного материала как неньютоновской жидкости, характеризующейся особой реологией.

7. Насколько корректно использовать термин «упругий отклик» применительно к прессовкам, изготовленным из порошка воскообразного материала, проявляющего высокие пластичность и текучесть при прессовании?

8. На экспериментальных кривых, иллюстрирующих изменения НДС материала, представленных автором в третьей и четвертой главах работы, не указаны экспериментальные точки и соответствующие доверительные интервалы.

9. Несмотря на попытку автора придать диссертации практико ориентированный характер, обозначенную в разделе «Актуальность работы», в ней отсутствуют конкретные рекомендации по режимам уплотнения и релаксации материала прессовки из порошков воскообразного материала, применяемого для получения пористых термоудаляемых моделей точного литья заготовок деталей машин сложной геометрии, обеспечивающим минимизацию дефектов, обусловленных процессами усадки, коробления моделей и образования поверхностных дефектов.

10. Работу бы существенно улучшила оценка ожидаемых технического и экономического эффектов при внедрении разработок автора в производство, выполненная на примере конкретной литой заготовки, получаемой методом ЛВМ.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Келлера И.Э.** имеет основные замечания:

1. В таблице 2.1, вероятно, допущена неточность. Судя по всему, то, что названо “высотой, на которой произошло разрушение”  $\Delta g$  есть отношение высоты, при которой произошло разрушение, к начальной высоте цилиндрического образца. Тогда предельная деформация  $1 \text{ с } \epsilon = -\Delta g$ . Кривая сопротивления деформации на рисунке 2.8, полученная из той же серии испытаний, также нуждается в коррекции шкалы деформаций. А вот модуль упругости по данным той же серии испытаний определен правильно. Но при этом необходимо заметить, что для пластичных материалов с плохо выраженным пределом текучести модуль упругости рекомендуется определять, выполняя разгрузку или разгрузки через некоторые интервалы.

2. Необходимо заметить, что из данных испытаний в закрытой форме по программе с разгрузками можно было определить упругий модуль при стесненном сжатии, из которого вместе с уже определенным упругим модулем при свободном сжатии — определить

коэффициент Пуассона и модуль объемного сжатия. Причем все это можно проделать в зависимости от пористости.

3. На стр. 64-65 присутствуют фразы “в ходе релаксации напряжений в прессовке ее размер увеличивается на 0,4-1,2% от номинального”, “...упругого отклика, возникающего за счет релаксации напряжений в прессовке после снятия нагрузки...”, в которых термин “релаксация напряжений” применяется нестандартно. На странице 71 реальная релаксация названа “разгрузкой”. Хотя в остальных местах термин использован корректно.

4. В чем причина различия кривых уплотнения одной фракции от насыпной плотности  $\sim 0,4 \text{ г/см}^3$  до плотности  $0,76 \text{ г/см}^3$  на рисунке 3.1? Различные скорости прессования?

5. Автор предложил считать показатель  $a$  в законе Ждановича подгоночным параметром, в результате чего данный закон превратился в степенной. Хотя этого оказалось достаточно для хорошего описания кривых уплотнения, в прикладных пакетах механики деформируемого твердого тела имеются лучшие варианты аппроксимации.

6. На рисунке 3.5 аппроксимации кривых релаксации “полиномиальными зависимостями третьего порядка” скорее похожи на кубические сплайны.

7. Для формулировки вывода на странице 86 “чем больше напряжение, тем больше время релаксации” необходимо больше систематических испытаний. Вязкоупругие свойства материала зависят от истории нагружения (в частности, от скорости на этапе нагружения).

8. Находятся ли в одной закономерности времена релаксации напряжений парафина Т1 до уровня 5-10% в зависимости от начальной пористости а) для прессования стружки в замкнутой цилиндрической полости (рис. 3.5) и б) прессования слоя крупных гранул в щели (рис. 3.11)? Существуют определенные сомнения относительно того, что свойства совокупности заполняющих элементов с поперечным размером, равным ширине щели, сопоставимы со свойствами реального порошкообразного материала, то есть — относительно представительности схемы с однослойным заполнением.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Иванковой Е.П.** имеет основные замечания:

1. Чем обусловлен выбор материала недеформируемых сферических элементов, имитирующих водорастворимые компоненты модельной композиции, а также их количество в каждой из составленных композиций?

2. Каким образом можно объяснить различия в форме кривых полиномиальных зависимостей третьего порядка напряжения от деформации при одноосном уплотнении прессовок, представленные на рисунке 3.9,а, а также то, что при уровне деформации до 5% (на этом же графическом поле) рост нагрузки не наблюдается?

3. В п. 4.1.2 (Исследование влияния скорости перемещения пресс-пуансона на изменение температуры материала в зоне экструзии при формировании длинномерных прессовок) диссертации представлены два параметра экструзионного процесса, а именно скорость перемещения пресс-пуансона и скорости экструзии. Каким образом определена скорость экструзии, отображенная на рисунке 4.3?

Отзыв на автореферат **Любимовой Ольги Николаевны**, доктора физико-математических наук, доцента, профессора Отделения машиностроения, морской техники и транспорта Инженерного департамента Политехнического института (школы) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» содержит замечания:

Из материалов, представленных в автореферате, не вполне ясно, почему для графического построения кривых в качестве опорной расчетной зависимости выбрана именно формула Ждановича Г.Н. и как используется показатель пропорциональности при прогнозировании прочности прессовок?

Отзыв на автореферат **Физулакова Романа Анатольевича**, кандидата технических наук, доцента, ведущего инженера филиала ПАО «ОАК»- КнААЗ им. Ю.А. Гагарина не содержит замечаний, в значительной мере снижающих качество работы.

Отзыв на автореферат **Артемова Михаила Анатольевича**, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой программного обеспечения и администрирования информационных систем Воронежского государственного университета не содержит замечаний.

Отзыв на автореферат **Мурашкина Евгения Валерьевича**, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории моделирования в механике деформируемого твердого тела Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук содержит вопросы:

Чем обусловлен выбор материала марки Т1? Не лучше ли было бы провести ряд экспериментов с более традиционными модельными сплавами, например, ПС 50/50, обладающим меньшей усадкой?

Отзыв на автореферат **Фрейдина Александра Борисовича**, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией математических методов механики материалов Института проблем машиноведения РАН не содержит замечаний.

Отзыв на автореферат **Потянихина Дмитрия Андреевича**, кандидата физико-математических наук, доцента кафедры «Авиастроение» федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» содержит следующие вопросы и замечания:

1. Вызывает искреннее удивление выражение мне признательности, поскольку с соискательницей ученой степени Богдановой Н.А. я не проводил совместных исследований, не проводил консультаций и не имею совместных работ. Хотелось бы знать, за что мне была выражена такая благодарность.

2. В качестве научной новизны первым пунктом заявлено определение модуля Юнга материала Т1 в литом состоянии. Само понятие «научная новизна» подразумевает, что получены неизвестные ранее и сформулированные в процессе исследований знания, обоснованные с точки зрения теории или в результате экспериментов. Однако явно расписанной методики определения модуля Юнга ни в автореферате, ни в диссертации нет. Диссертант пишет, что для определения модуля упругости берет за основу ГОСТ 25.503-97 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие». Во-первых, непонятно, насколько это корректно, ведь в отличие от металлов, парафины проявляют пластические свойства при малых нагрузках. Во-вторых, в ГОСТ 25.503-97 указано, что для определения предела упругости образец нагружают ступенчато-возрастающим напряжением. В диссертации модуль упругости определяется по однократному нагружению, причем происходящему вплоть до разрушения образца. Но как тогда определить деформацию, до которой материал ведет себя упруго? Формула 2.1 взята из ГОСТ 4651-2014 (ISO 604:2002) «Пластмассы. Метод испытания на сжатие», который не упоминается в диссертации и согласно которому модуль упругости рассчитывается по формуле, отличающейся от формулы 2.2. Зачем эта формула вообще приведена? Поскольку в работе не приведена машинная диаграмма деформирования образца из материала Т1, сделать вывод о достоверности не представляется возможным.

3. В п.2.6 написано «...определена температура плавления материала. При помощи чего определен модуль Юнга». Но в главе 2 нет ни одной зависимости модуля Юнга от температуры.

4. В п. 2.4.2 написано, что проводился численный расчет при помощи программного комплекса Q-Form 3D. Убедиться в том, что такой расчет проводился, тоже нельзя. В тексте автореферата и диссертации отсутствуют скриншоты, демонстрирующие работу программы. Нет геометрической модели, не показана дискретизация расчетной области, не сформулированы граничные условия. Какая модель материала (и ее параметры,



соответственно) использовались? На стр. 56 написано, что модуль Юнга, плотность и кривая сопротивления деформации. Однако же исследуемый материал является пластически сжимаемым, и этих параметров явно недостаточно. И не понятно, как «кривую деформации» можно задать в качестве параметров модели в программу МКЭ-анализа.

5. В п. 2.4.2 результаты моделирования сравниваются с результатами натуральных экспериментов. Но не представлено ни одного графика, ни одной таблицы с численными значениями. Какие параметры сравнивали? Они совпадали или нет? Скорее всего, они не могли совпасть, потому что в эксперименте использовались шарики, а в численном расчете цилиндры. В п. 2.6 «Выводы» вообще говорится «Использован метод компьютерного моделирования процесса одноосного прессования длинномерной прессовки из порошков воскообразного модельного материала».

6. В автореферате на стр.3 написано «отливки сложной конфигурации, с высокой точностью производят литьем по выплавляемым моделям». Однако уже в цели работы указано, что изучаются тонкостенные протяженные элементы прессовок, то есть профильные элементы. С точки зрения технологии изготовления, очень странно применять для их изготовления ЛВМ. Насколько при их изготовлении обеспечена устойчивость их формы? Фотографии изготовленных образцов помогли бы это понять.

7. С точки зрения практической значимости, вопрос остается открытым. В диссертации на стр.8 приведена схема выплавляемой модели, имеющая сложную форму. логично было предположить, что в работе будет получена выплавляемая модель подобной формы. Но все исследования ограничиваются цилиндрической формой, и не оговаривается, как обобщить результаты на геометрию сложной формы.

8. Непонятно, зачем приведены формулы Бальшина и Ждановича, и как они используются для прогнозирования процесса формирования пористых прессовок в производственных условиях.

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:

**определено** влияние скорости деформирования и начальной упаковки порошковых материалов на напряженно-деформированное состояние прессовки, формируемой в закрытой пресс-матрице в условиях одноосного уплотнения;

**предложена** формула аппроксимации экспериментальных данных для построения кривой плотности прессовок из порошков воскообразных материалов от давления, возникающего при уплотнении;

**установлено** влияние времени выдержки под нагрузкой, фракции воскообразного порошкового материала и пористости на формирование остаточных напряжений и геометрию прессовки;

**указана** возможность применения метода конечных элементов для прогнозирования параметров напряженно-деформированного состояния длинномерной прессовки, формируемой из воскообразного порошкового материала в ходе его одноосного уплотнения;

**установлено** влияние скорости деформирования и соотношения площадей поперечного сечения цилиндрической пресс-формы и диффузора на геометрию длинномерных элементов прессовок из воскообразного материала, моделирующих процессы формирования тонкостенных элементов выплавляемых моделей биметаллических отливок.

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

**показана** возможность применения широко известных формул аппроксимации экспериментальных данных процесса прессования порошковых материалов применительно к воскообразным порошковым материалам, в частности к парафину марки Т1;

**установлено** влияние насыпной плотности и начальной упаковки частиц порошкового тела на величину напряжений в процессе уплотнения воскообразного порошкового материала в закрытой пресс-форме;

**определены** условия применимости метода конечных элементов для расчета процесса прессования воскообразных порошковых материалов;

**Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** фундаментальные подходы механики деформируемого твердого тела; теории пластичности, применительно к порошковым средам для описания уплотнения воскообразных материалов; метод конечных элементов, для численных расчетов.

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

экспериментально **определен** модуль Юнга воскообразного материала марки Т1;

**исследовано** влияние фракции порошкового материала и значения пористости прессовки на величину текущих напряжений при уплотнении воскообразного порошкового материала в закрытой пресс-форме;

**установлены** режимы выдержки под нагрузкой пористой прессовки для релаксации остаточных напряжений в материале и минимизации упругого отклика прессовки, проведено расчетное моделирование, позволяющее прогнозировать данные процессы в производственных условиях;

**рассчитаны** прочностные характеристики материала прессовок (разработана методика прогнозирования прочностных свойств пористой выплавляемой модели);

**изучены** технологические особенности процесса холодного выдавливания порошкового воскообразного материала с указанием оптимальных режимов.

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

**теория** базируется на классических подходах механики, физики и материаловедения, известных и широко применимых передовых достижениях науки, результаты расчетов не противоречат современным научным представлениям;

**идея базируется** на формировании конгломерата из порошковых воскообразных сред путем теплофизического воздействия на них с образованием требуемой конфигурации поверхности прессовки;

**для экспериментальных исследований** использовалось современное аттестованное высокоточное оборудование и измерительные приборы;

**используются** современные методики сбора и обработки экспериментальных данных, обеспечивающие достоверность и воспроизводимость результатов исследований;

**Личный вклад** автора состоит в разработке общей концепции диссертационной работы, постановке и описании экспериментов, обосновании цели и задач, анализе и интерпретации результатов. Соискатель лично участвовал в выборе темы исследований, постановке задач, обсуждении и обобщении результатов исследований.

### **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 21 декабря 2023 г. диссертационный совет 24.2.316.03 принял решение присудить Богдановой Нине Анатольевне учёную степень кандидата технических наук по

специальности 1.1.8 Механика деформируемого твёрдого тела за решение научно-технической задачи по установлению закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния воскообразного модельного материала в процессе его уплотнения и технологически обоснованных режимов формирования тонкостенных протяженных элементов прессовок, получаемых в условиях отсутствия внешних источников тепла, имеющих важное значение для прикладной механики.

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 20, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель  
диссертационного совета



Дмитриев Эдуард Анатольевич

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Григорьева Анна Леонидовна

21 декабря 2023 года