

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.417.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНОБРНАУКИ РОССИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 25.02.2025 протокол № 1

О присуждении **Потапову Андрею Алексеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Конструкторско-технологическое обоснование режимов FDM-печати изделий с заданными характеристиками» принята к защите 17 ноября 2024 года (протокол заседания № 8) диссертационным советом 24.2.417.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» Минобрнауки России от 2 ноября 2012 г. №714/нк.

Соискатель Потапов Андрей Алексеевич, 2 июля 1996 года рождения, в 2020 г. окончил с отличием магистратуру ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по направлению 15.04.01 «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов». В 2024 г. окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по направлению 15.06.01 «Машиностроение», профиль «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки». В период подготовки диссертации соискатель Потапов Андрей Алексеевич являлся аспирантом очного обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2024 году. В настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории химии композиционных и углеродных материалов. Диссертация выполнена на кафедре ««Электро- и нанотехнологии» в рамках деятельности лаборатории технологии полимерных материалов и композитов ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Волгин Владимир Мирович**, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», кафедра «Электро- и нанотехнологии», профессор.

Официальные оппоненты:

Цобкалло Екатерина Сергеевна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», г. Санкт-Петербург, кафедра «Инженерное материаловедение и метрология», заведующий кафедрой;

Баурова Наталья Ивановна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва, факультет «Дорожные и технологические машины», декан, дали положительные отзывы по диссертации.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном Матвеевым Алексеем Григорьевичем, кандидатом технических наук, заведующим кафедрой «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии», и утвержденном Наливайко Антоном Юрьевичем, кандидатом технических наук, проректором по научной работе, указала, что диссертация Потапова Андрея Алексеевича является законченной научно-квалификационной работой, направленной на решение актуальной научно-технической задачи, а именно разработка конструкторско-технологического обоснования режимов FDM-печати изделий с заданными характеристиками, включающего разработку и оптимизацию конструкций, выбор материалов, определение технологических схем, режимов печати и последующей дополнительной обработки. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, все – по теме диссертации, в том числе: 3 статьи – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России; 4 статьи – в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus; 5 статей – в других изданиях и материалах конференций; получены 2 свидетельства на программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы:

1. Влияние постобработки на физико-механические свойства образцов, полученных методом FDM-печати / И.В. Гнидина, В.М. Волгин, А.П. Малахо, **А.А. Потапов** // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. Вып. 9. С. 326-334.

2. Говоров И.С. Исследование физико-механических свойств образцов после FDM-печати / И.С. Говоров, **А.А. Потапов**, А.Ю. Веневцев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. Вып. 11. С. 446-450.

3. **Потапов А.А.** Конструкторско-технологическое обеспечение FDM-печати / **А.А. Потапов**. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Тула. ТулГУ. 2024. Вып 5. С. 388-396.

4. Investigation of the Properties of Polyethylene and Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer Blends for 3D Printing Applications / A. Slonov, I. Musov,

A. Zhansitov, A. Khashirov, A. Tlupov, K. Musov, E. Rzhetskaya, I. Fomicheva, **A. Potapov**, S. Khashirova. // *Polymers*. 2023. V.15 (20). P. 4129. DOI: 10.3390/polym15204129.

5. Post-treatment of ABS samples manufactured by FDM / **A. Potapov**, A. Malakho, I. Gnidina, V. Volgin // *E3S Web of Conferences*. 2023. V.458. P. 02010. DOI: 10.1051/e3sconf/20234580201.

6. Bulk post-treatment of FDM-printed samples / **A.A. Potapov**, A.P. Malakho, I.V. Gnidina, V.M. Volgin // *Proc. SPIE, Third International Scientific and Practical Symposium on Materials Science and Technology (MST-III 2023)*. 2024. V. 12986. P. 1298604. DOI: 10.1117/12.3016485.

7. Supplementary treatment of FDM printed parts. Review / **A.A. Potapov**, V.M. Volgin, A.P. Malakho, I.V. Gnidina // *Russ. Chem. Rev.* 2024. V.93 (9). P. 21. DOI: 10.59761/RCR5127.

На автореферат диссертации поступило 10 отзывов из следующих организаций:

1. ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск.

2. ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск.

3. ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

4. АО «НПО «Сплав» им. А.Н. Ганичева», г. Тула.

5. ПАО «Императорский Тульский оружейный завод», г. Тула.

6. ООО «Стереотек», г. Волгоград.

7. ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет) г. Москва.

8. ПАО «НПО «Стрела», г. Тула.

9. АО «АК «Туламашзавод», г. Тула.

10. ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева.

Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность, научная новизна и практическая значимость работы. В отзывах имеются замечания, основные из которых заключаются в следующем:

– разработанная модель для ортотропного материала имитирует слои FDM-печати при чередующемся их направлении только для 0° и 90° и не имитирует наложение слоев других углов (ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет));

– из автореферата не следует информации о том, в соответствии с каким ГОСТом проводились экспериментальные исследования, на каком основании были выбраны конкретные размеры и форма образцов для испытаний? К настоящему моменту экспериментальные исследования FDM-образцов не регламентированы. (ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск);

– при математическом моделировании эффективных свойств материалов был сделан акцент на исследовании зависимостей от плотности внутреннего заполнения изделия. В то же время значительную часть многих печатных изделий составляет сплошная внешняя оболочка – верхние и нижние структуры (крышки) и боковые структуры (стенки). Учитывались ли данные оболочки при моделировании? Позволяют ли разработанные модели оптимизировать кроме плотности внутреннего заполнения изделия ещё и соотношение между заполнением и оболочками? (ООО «Стереотек», г. Волгоград).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

– доктор технических наук, профессор Цобкалло Екатерина Сергеевна является известным ученым в области аддитивных технологий и композиционных материалов занимается моделированием физических свойств полимерно-композиционных материалов, имеет достаточное количество публикаций по тематике близкой к теме оппонируемой диссертации в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК Минобрнауки России, и способна оценить научную новизну работы. Согласие официального оппонента имеется;

– доктор технических наук, профессор Баурова Наталья Ивановна является известным ученым в области FDM-печати, занимается вопросами влияния режимов FDM-печати на свойства изделий, имеет достаточное количество публикаций по тематике близкой к теме оппонируемой диссертации в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК Минобрнауки России, и способна оценить научную новизну работы. Согласие официального оппонента имеется;

– ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва является одним из передовых вузов России по разработкам в области аддитивных технологий. Сотрудники этого ВУЗа имеют большой опыт в исследовании процессов в данной области, а также достаточное количество публикаций по теме диссертационной работы. Согласие выступить в качестве ведущей организации имеется.

Диссертационный совет отмечает наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем, их новизну, и что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработана** структура конструкторско-технологического обоснования режимов FDM-печати, позволяющая уменьшить материалоемкость изделий при выполнении заданных характеристик, гарантирующих выполнение изделием служебного назначения.

– **теоретически установлены** аналитические зависимости эффективных значений физико-механических свойств от степени заполнения и перекрытия слоев.

– **экспериментально установлены** закономерности влияния режимов FDM-печати на физико-механические свойства изделий, позволяющие определить рациональные режимы при достижении заданных характеристик.

– **предложены** рекомендации по выбору метода постобработки для реальных изделий, позволяющие улучшить физико-механические свойства изделий, в том числе сложной формы, получаемых с помощью FDM-печати, в зависимости от предъявляемых к ним требований.

– **изготовлено** рабочее колесо вентилятора, в соответствии с разработанной структурой конструкторско-технологического обоснования режимов FDM-печати выбраны конструкция, материал, определены рациональные режимы печати и метод постобработки рабочего колеса вентилятора, что позволило уменьшить материалоемкость на 50 %.

Научная новизна работы заключается в том, что выявлены взаимосвязи режимов FDM-печати и характеристик изделия, позволяющие уменьшить материалоемкость изделий путем оценки достижения заданных характеристик с использованием полученных аналитических и регрессионных зависимостей физико-механических свойств изделий от степени заполнения, температуры, скорости печати и высоты слоя.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в установленных на основе метода гомогенизации неоднородных сред аналитических зависимостях эффективных значений физико-механических свойств от степени заполнения и перекрытия слоев, а также в установленных на основе методов планирования эксперимента регрессионных зависимостях характеристик изделий от режимов FDM-печати.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанное конструкторско-технологическое обоснование режимов FDM-печати позволяет определять рациональную степень заполнения, материал, параметры FDM-печати и режимы постобработки, обеспечивающие заданные характеристики изделий при существенном уменьшении их массы.

Оценка достоверности результатов исследования обеспечена корректностью постановки задач, обоснованным использованием теоретических зависимостей, использованием современных программных комплексов, а также использованием полученных результатов при создании инновационных вентиляционных систем в ООО «ИВЕНС» (г. Москва) и внедрением в образовательный процесс по направлению 15.04.01 «Машиностроение», профиль подготовки «Машины и технологии композиционных и функциональных материалов» по дисциплинам «Аддитивные технологии», «Проектирование технологической оснастки и инструмента для изготовления изделий из композиционных материалов», «Технология производства технологической оснастки и инструмента для изготовления изделий из композиционных материалов» в ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в постановке цели и задач, в самостоятельном проведении компьютерного моделирования, проведении экспериментальных исследований, в разработке структуры конструкторско-технологического обоснования режимов FDM-печати, обеспечивающих уменьшение материалоемкости изделий при

обеспечении заданных характеристик, в формулировании положений и выводов, выносимых на защиту, в подготовке публикаций по данной теме.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Потапов Андрей Алексеевич ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 25 февраля 2025 года диссертационный совет принял решение, что диссертация Потапова Андрея Алексеевича является научно-квалификационной работой, в которой на базе проведенных исследований решена актуальная научно-техническая задача разработки конструкторско-технологического обоснования режимов FDM-печати изделий с заданными характеристиками, включающая разработку и оптимизацию конструкций, выбор материалов, определение технологических схем, режимов печати и последующей дополнительной обработки. Работа соответствует специальности 2.5.6. Технология машиностроения, а также критериям п.п. 9-11 и п.п. 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, учувствовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовал: «за» – 15; «против» – нет; недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Кухарь Владимир Денисович

Анцев Александр Витальевич

25.02.2025 г.