

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
РХТУ.2.6.09 РХТУ им. Д.И. Менделеева  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук  
аттестационное дело № 6/24  
решение диссертационного совета  
от 25 апреля 2024 г. № 4

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Абрамову Андрею Александровичу, представившему диссертационную работу на тему «Процессы и аппараты 3D-печати изделий медицинского назначения» по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий, принятой к защите «07» марта 2024 г., протокол №2 диссертационным советом РХТУ.2.6.09 РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 18 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 353 А от «08» сентября 2022 г. В состав диссертационного совета внесены изменения в соответствии с приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева №437 А от «20» октября 2022 г. В состав диссертационного совета внесены изменения в соответствии с приказом и.о. ректора РХТУ №309 А от «26» октября 2023 г. В состав диссертационного совета внесены изменения в соответствии с приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева №349 А от «22» ноября 2023 г.

Соискатель Абрамов Андрей Александрович 1998 года рождения, в 2022 году с отличием окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева» диплом серия 107718 номер 0950704.

В 2022 году поступил в аспирантуру ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», научная специальность 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Соискатель с 2019 г. работает в РХТУ им. Д. И. Менделеева. В настоящий момент занимает должности ассистента кафедры химического и фармацевтического инжиниринга и по совместительству младшего научного сотрудника структурного подразделения кафедры химического и фармацевтического инжиниринга «Лаборатория разработки инновационных назальных и ингаляторных препаратов для лечения социальнозначимых заболеваний».

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий выполнена на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Тема диссертационной работы «Процессы и аппараты 3D-печати изделий медицинского назначения» утверждена на заседании Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.09.2022 г. (протокол № 2). Тема диссертационной работы изменена на заседании Ученого совета факультета от 27.10.2023 г. (протокол № 12). Научный руководитель – профессор, доктор технических наук Меньшутина Наталья Васильевна.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, доцент **Вязьмин Андрей Валентинович**, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», заведующий кафедрой «Процессов и аппаратов химических технологий имени Гельперина Н.И.»;

доктор технических наук, профессор **Капанова Анна Борисовна**, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика».

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)».

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 27 научных работах, опубликованных соискателем, в том числе в 5 публикациях в изданиях, индексируемых в международных базах данных, и в 2 публикациях из перечня ВАК.



Опубликованные работы общим объёмом 160 страниц полностью отражают результаты, полученные в диссертации.

Результаты работы апробированы на 1 всероссийской и 10 международных научных конференциях.

Личный вклад соискателя в работах, выполненных в соавторстве, составляет 60-75% и заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, анализе данных, обсуждении полученных результатов и написании текста работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Investigation of the 3D Printing Process Utilizing a Heterophase System / N. Menshutina, Abramov A., Okisheva M, Tsygankov P. // GELS. – 2023. – Vol. 9, № 7. P.1-15. DOI: 10.3390/gels9070566 (**Q1, Web of Science, Scopus**)

2. Mathematical and Computer Modeling as a Novel Approach for the Accelerated Development of New Inhalation and Intranasal Drug Delivery Systems / Menshutina N., Abramov A., Mokhova E // Computation. – 2023. – Vol. 11, № 7 – P. 136. DOI:10.3390/computation11070136 (**Q2, Web of Science, Scopus**)

3. Аддитивные технологии для медицины, фармацевтики и химической промышленности / Абрамов А.А., Меньшутина Н.В. // Теоретические основы химической технологии. – 2023. – Т. 57, № 5. – С. 533–544. DOI: 10.31857/S0040357123050019 (**Q3, Web of Science, Scopus**)

4. Разработка «чернил» для реализации экструзионных методов 3D-печати вязкими материалами / Абрамов А.А., Цыганков П.Ю., Окишева М.К., Меньшутина Н. В. // Российский химический журнал. – 2023. – Т. 67, № 2 – С. 74–82. DOI: 10.6060/rcj.2023672.9 (**Q3, Web of Science, Scopus**)

5. Extrusion-based 3D printing for highly porous alginate materials production / N. Menshutina, Abramov A., Okisheva M, Tsygankov P. // GELS. – 2021. – Vol. 7, № 3. P.1-15. DOI:10.3390/gels7030092 (**Q1, Web of Science, Scopus**)

6. Получение, сушка и стерилизация в среде сверхкритического флюида высокопористых материалов медицинского назначения (на примере композиции альгинат натрия - желатин) / Абрамов А.А., Окишева М.К., Серeda О.А., Цыганков П.Ю., Меньшутина Н.В. // Химическая промышленность сегодня. – 2024. – № 1 – С. 10-16. (**ВАК**)

7. 3D-печать гелевыми материалами с целью получения аэрогелей на основе альгината натрия / Цыганков П.Ю., Абрамов А.А., Меньшутина Н.В. // Химическая промышленность сегодня. – 2020. – № 6 – С. 52-57. (**ВАК**).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**1. Отзыв официального оппонента** – доктора технических наук по научной специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий, доцента, заведующего кафедрой «Процессов и аппаратов химических технологий имени Гельперина Н.И.» ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» **Вязьмина Андрея Валентиновича**. В отзыве отмечены актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, а также достоверность полученных данных и общий обзор работы. Отзыв положительный. Имеются следующие замечания и рекомендации:

1. Не совсем удачно сформулированы цель и некоторые из задач работы. Так целью работы не может быть «исследование» (т.е. процесс получения результата), целью должен являться именно полученный научный результат, например, «установление основных закономерностей процесса...». То же относится к задаче пять: задачей исследования не может быть «изучение». В третьей задаче совершенно непонятно, о каком математическом моделировании идет речь (нет конкретики).

2. В научной новизне говорится об «оптимальных составах», но доказательства оптимальности в диссертационной работе отсутствуют. Если быть точным, под оптимальностью следует понимать такое значение аргумента, при котором целевая функция имеет экстремум. Когда речь идет о персонифицированных изделиях, имело бы смысл указать, что в работе подразумевается их геометрическая форма, а не биологическая совместимость.

3. В главе 2 четко прописано, что формирование твердого каркаса гибридного импланта



костной ткани осуществлялось методом 3D печати, хотя используемый для этого материал точно не обозначен, что естественно ставит под вопрос воспроизводимость результатов. Но дело не в этом. В диссертации отсутствует описание метода заполнения каркаса предложенным автором гелем. Вероятно, это делалось уже без использования 3D принтера? Тогда как? Также хотелось бы узнать, осуществлялись ли испытания гелей с другим процентным соотношением выбранных компонентов и как при этом варьировались конечные результаты?

4. Математическая формулировка задачи о течении неньютоновской жидкости в аорте не совсем ясна. В частности, величины  $\lambda\dot{\gamma}$  в (3.6) и  $t$  в (3.11), должны быть безразмерны. Однако размерности величин для этих формул нигде не указаны, что затрудняет понимание. В формуле (3.11), определяющей скорость крови на входе в аорту, имеется функция синуса, которая знакопеременна. Что это означает физически, возможность обратного течения крови? Поскольку возможность разрыва аорты связана с повышением в ней давления, не проще было провести анализ на основе уравнения Бернулли (при использовании которого форма канала не имеет значения)? Дело в том, что в области аневризмы сосуд расширен, скорость течения меньше, соответственно давление больше. Отсюда непосредственно следует, что имплант должен иметь тот же эффективный диаметр, что и сам неповрежденный сосуд.

5. В главе 5 показано, что для проведения эффективной сверхкритической флюидной стерилизации необходимо наличие пероксида водорода, причем в значительном количестве. Его роль, как стерилизующего агента, подтверждается предложенной математической моделью, где рассматривается именно его проникновение в поры. Какова в этом случае роль диоксида углерода и, возможно, что более эффективно проводить стерилизацию чистым пероксидом водорода, но в более мягких условиях?

6. В диссертационной работе имеются немногочисленные опечатки, например, на стр.35 отсутствует отступ у абзаца; в табл. 3.7 не указаны размерности, в списке литературы в ссылке [24] сокращение слова «патент» написано как «паТ.».

7. Судя по содержанию диссертационной работы, ее техническая направленность не вызывает сомнений. Получены значимые результаты, которые имеют важную направленность, как для развития теоретических основ науки о процессах и аппаратах химической технологии, так и практическое применение, например, для трансплантологии. Тогда как объяснить тот факт, что в диссертации отсутствуют данные об использовании ее результатов на практике в других организациях и даже данные о их передаче специализированным предприятиям и институтам для дальнейшего применения.

Несмотря на сделанные замечания, считаю, что они не снижают значимости полученных научных результатов. Диссертационная работа Абрамова А. А. является самостоятельно выполненной и законченной научно-квалификационной работой, в которой выполнено решение важной научно-технической задачи, развития основ создания новых материалов для применения в аддитивных технологиях и разработки процессов получения изделий медицинского назначения заданной геометрической формы с использованием технологий 3D-печати, совмещенных процессов сушки и стерилизации в среде сверхкритического диоксида углерода. В ней предложен алгоритм проектирования изделий сложной геометрической формы на основании результатов медицинских исследований, позволяющий разрабатывать персонализированные имплантаты. Все выше сказанное будет способствовать дальнейшему использованию методов и подходов аддитивных технологий в химической, медицинской и смежных отраслях промышленности.

Считаю, что Абрамов Андрей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

**2. Отзыв официального оппонента** – доктора технических наук по научной специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий, профессора, заведующего кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет» **Капановой Анны Борисовны**. В отзыве отмечены актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, а также



достоверность полученных данных и общий обзор работы. Отзыв положительный. Замечания по работе:

1. Из многообразия шаблонов для рисунка внутреннего заполнения изделия 3D-печати соискатель остановил выбор на гироидной поверхности из заданных трех типов заливки без ссылок на источники (стр. 52 диссертации). Например, к возможным вариантам можно отнести прямолинейную и линейную сетки или рисунки, создаваемые различными методами хорд – Архимеда, Гильберта и др.

2. Наблюдалось ли на практике явление подтекания исследуемого материала термопластичного полимера на основе полилактида вследствие недостаточной герметичности соединения между резьбой сопла и нагревательным блоком установки для 3D-печати в указанном в работе диапазоне 200... 220°C?

3. Просьба уточнить, каким образом решается задача оптимизации параметров процесса заполнения твердого каркаса гибридного имплантата, заявленная на стр. 7 текста автореферата со ссылкой на вторую часть главы II?

4. На наш взгляд, приведенное уравнение пульсации кровотока (в форме (3.11) на стр. 100 диссертации или (8) на стр. 10 автореферата) требует пояснений, если это авторская часть модели, или ссылки на источники в случае заимствования.

5. Применение модели Carreau-Yasuda (Карро-Ясудо) ограничено значениями параметров, приведенными в таблице 3.7 (см. выражение (3.6) на стр. 99 диссертации) из источника [148], просьба пояснить этот выбор. Возможно, что расчет гидродинамики крови на участке аорты может быть осложнен наличием двухфазного потока вследствие движения эритроцитов.

6. Просьба уточнить алгоритм генерации сетки метода конечных элементов для модели течения неньютоновской вязкой жидкости в сосудах сложной геометрии (п. 3.3.1, стр. 95), выполняется ли при этом расчет пограничного слоя? Значения параметров, в том числе экспериментальных, для описания процесса сверхкритической стерилизации (п. 5.2, стр. 140) в тексте диссертации не обсуждаются.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Абрамов Андрей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий.

**3. Отзыв ведущей организации – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)».** В отзыве отмечены актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, а также достоверность полученных данных и общий обзор работы. Отзыв положительный. Имеются следующие вопросы и замечания:

1. По кривым «напряжение-деформация», полученным в результате исследований на растяжение и сжатие изделий сложной геометрии, полученных с использованием процесса 3D-печати (п. 2.1.3 диссертации), можно было найти зону упругости образцов, а также эффективный модуль упругости.

2. В части, касающейся исследований процесса стерилизации, в том числе с использованием перекиси водорода (глава 5), было бы целесообразно сопоставить условия и полученные результаты с традиционными методами стерилизации и указать их недостатки и ограничения.

3. В главе 3 при математическом моделировании гидродинамики неньютоновской вязкой жидкости в сосудах сложной геометрии при пульсирующем характере течения необходимо в перспективе учесть упругость стенок сосудов, которая, как известно, оказывает существенное влияние на скорость движения.

4. В п. 4.1.1 рассматривается процесс получения гетерофазной системы на основе желатина. Для этих целей использован гомогенизатор со скоростью вращения ротора от 6000 до 12000 об/мин, время диспергирования от 30 до 120 с. Какие предполагаются методы масштабирования данного процесса при переходе на промышленный уровень производства?



В заключении отмечено, что диссертационная работа Абрамова Андрея Александровича на тему «Процессы и аппараты 3D-печати изделий медицинского назначения» полностью соответствует пунктам Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на разработку новых процессов в области медицины и химической промышленности, а также позволяют значительно расширить области применения аддитивных технологий, что имеет существенное значение для развития экономики страны.

Автор работы, Абрамов Андрей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий.

Отзыв заслушан и обсужден на заседании кафедры «Оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры» (протокол №7 от 01 апреля 2024 года).

Отзыв подписан: председателем, заведующим кафедрой оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры, д.т.н., профессором Абиевым Р.Ш., секретарем Аксеновой Е.Г..

**4. Отзыв на автореферат** доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» **Кучумова Алексея Геннадьевича**. Отзыв положительный. Работа представляет собой объемное комплексное исследование, однако, имеет ряд замечаний по содержанию автореферата:

1. В автореферате не поставлена цель разработки математической модели течения неньютоновской вязкой жидкости в канале сложной геометрии при нестационарном потоке.
2. Какой именно участок моделировался, какие требования предъявлялись с точки зрения биофизики?

Сделанные замечания не снижают ценность диссертационной работы. Диссертация полностью соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД. Абрамов Андрей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

**5. Отзыв на автореферат** доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА) **Симонова-Емельянова Игоря Дмитриевича**. Отзыв положительный. Основные результаты диссертации опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях, как российских, так и международных журналах.

Однако следует отметить некоторые неточности и недостатки:

- 1) Неясно, почему для получения персонифицированных гибридных имплантатов костной ткани в качестве биополимера выбрана система - альгинат натрия + желатин?
- 2) Не приводятся данные об исходном фракционном составе микрочастиц. Не показана связь работы смешения с распределением микрочастиц. Нет данных о максимальной упаковке дисперсных частиц в объеме.
- 3) Не приводятся фазовые диаграммы системы диоксид углерода + пероксид водорода, используемой для стерилизации.
- 4) Из текста научной работы следует исключить слово «подбор», так как научное обоснование не предусматривает этого.

Высказанные замечания следует учесть в дальнейшей научной работе, однако это не



оказывает влияния на положительное впечатление от данной диссертации.

Представленная диссертационная работа полностью соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и. о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД и Абрамов А.А. заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

**6. Отзыв на автореферат** кандидата физико-математических наук, директора Института Биомедицинской инженерии **Сенатова Фёдора Святославовича. Отзыв положительный.**

В качестве замечаний стоит отметить, что в 2 главе упоминается формирование высокопористых материалов, однако отсутствуют значения пористости и фотографии микроструктуры. В 5 главе отмечается отсутствие стерилизующего эффекта сверхкритического диоксида углерода, однако не установлены причины этого явления. Кроме того, не обосновано использование в качестве стерилизующего агента изопропилового спирта с концентрацией 100%, тогда как это значение не является оптимальной концентрацией для стерилизации.

Заключение. Представленная диссертация «Процессы и аппараты 3D-печати изделий медицинского назначения» соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД. Абрамов А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

**7. Отзыв на автореферат** кандидата технических наук, старшего научного сотрудника ФГУП «Научно-исследовательский институт прикладной акустики» **Батыргазиевой Дианы Рафаэльевны. Отзыв положительный.**

Важно отметить, что полученные результаты работы представлены на различных научных конференциях, опубликованы в рецензируемых журналах, что дополнительно подчеркивает научную новизну.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Во второй части пятой главы автор не приводит описание математической модели процесса сверхкритической стерилизации.

2. В автореферате указано, что была изучена токсичность высокопористого материала на основе альгината натрия и желатина. Однако, не указаны методы диагностики токсичности медицинского изделия.

Вышеуказанные замечания не влияют на общее высокое качество работы. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа удовлетворяет требованиям Положению о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД.

Абрамов А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

**8. Отзыв на автореферат** кандидата технических наук, доцента, заведующего лабораторией разработки и испытаний медицинских изделий и материалов, ФГБУ



Министерства здравоохранения Российской Федерации «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» **Лукиной Юлии Сергеевны**. Отзыв положительный.

По автореферату имеется одно замечание, а именно недостаточное количество фотографических изображений конечного материала. Представленное замечание не влияет на общее высокое качество работы. По своему содержанию работа соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103ОД. Абрамов А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

**9. Отзыв на автореферат** кандидата технических наук, старшего научного сотрудника ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства, **Яценко Оксаны Владимировны**. Отзыв положительный.

Из автореферата не совсем понятно, какой процент приживаемости и каким образом проводилось определение токсичности и стерильности разработанных гибридных имплантатов костной ткани, сосуда, персонифицированных токопроводящих элементов из выбранного материала.

Также не приводится оценка адекватности разработанных математических и физических моделей с учетом неопределенности (погрешности) в соответствии с Федеральным законом №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 с изм. (Поверенные СИ и аттестованные методики)?

В целом, отмеченные замечания не снижают теоретической и практической значимости диссертационной работы, которая является логичной, последовательной и завершенной.

По научной новизне, актуальности и практической значимости соответствует пп.9,10 Постановления №842 «О порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. (ред. от 25.01.2024), а ее автор Абрамов Андрей Александрович законно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности «2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий».

На все замечания Абрамовым Андреем Александровичем даны полные и исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью, достижениями в научных исследованиях с близкой тематикой, наличием у оппонентов и ведущей организации публикаций в рецензируемых журналах и их высоким профессиональным уровнем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем работ: **исследованы** процессы получения персонифицированных изделий медицинского назначения с использованием технологий аддитивного производства, различных процессов сушки и стерилизации в среде сверхкритического флюида (диоксида углерода);

**определено** влияние параметров проведения процесса трехмерной печати при реализации процесса экструзии на характеристики изделий сложной геометрии.

**решена** научно-техническая задача по разработке подходов к получению медицинских изделий с использованием аддитивных технологий, процессов сублимационной и сверхкритической сушки и стерилизации в среде сверхкритического диоксида углерода.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**  
**представлены** физико-химические и реологические особенности вязких «чернил» различного



состава, в том числе с внедренными наноматериалами (МУНТ, графен) и гетерофазной системы на основе желатина;

*предложен* алгоритм проектирования сложной геометрии изделий на основании результатов медицинских исследований (КТ, МРТ). Алгоритм может быть использован при разработке технологии получения персонифицированных изделий медицинского назначения;

*разработана* математическая модель для исследования течения неньютоновских вязких жидкостей в каналах сложной геометрии при нестационарном движении потока и *предложена* математическая модель для исследования двухкомпонентной системы пероксид водорода–сверхкритический диоксид углерода и определения параметров проведения процесса сверхкритической стерилизации.

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

*разработаны и апробированы* процессы получения персонифицированных изделий медицинского назначения со сложной геометрией (а именно гибридный имплантат костной ткани, имплантат сосуда, персонифицированные токопроводящие изделия) с использованием аддитивных технологий;

*разработана* конструкция установки для реализации процесса трехмерной печати с использованием «чернил» на основе биополимеров с различной вязкостью. На конструкцию экструдера вязких «чернил» зарегистрировано НОУ-ХАУ (приказ №177А от 29.06.2023 «Устройство продавливания «вязких гелевых материалов» для реализации 3D-печати с использованием гетерофазной системы»);

*представлен* и проанализирован большой объем данных реологических исследований вязких «чернил» различного состава. Даны рекомендации по проведению процесса 3D-печати в зависимости от реологических свойств;

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*обоснованность* экспериментальных результатов, которые подтверждаются значительным объемом аналитических исследований;

*использование* автором современных научно-исследовательских методов, аналитических методов и стандартизированных методик;

*обоснованность* результатов, которая подтверждается соответствием данных, полученных в результате экспериментальных исследований, общепринятым теоретическим положениям;

**Личный вклад соискателя состоит** в участии на всех этапах процесса: в постановке и реализации задач исследований, в планировании и проведении экспериментальных и аналитических работ, а также в обработке полученных результатов; в проведении разработки математических моделей для расчета движения неньютоновской вязкой жидкости в каналах сложной геометрии, процесса сверхкритической флюидной стерилизации; систематизации, интерпретации и оценке полученных результатов, формулировке выводов, подготовке материалов для публикаций и представления результатов исследований на российских и международных научных мероприятиях.

**Работа соответствует** паспорту научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий по своей теме, содержанию и методам исследования в части **направления исследований:** «создание новых процессов и аппаратов химической технологии, позволяющих получать изделия заданного состава и формы на основе различных материалов», «фундаментальные исследования явлений переноса энергии, массы и импульса в химико-технологических процессах и аппаратах», «развития теории и практики создания процессов, аппаратов, технологий, обеспечивающих создание автоматизированных цифровых производств».

Диссертационная работа Абрамова А.А. на тему «Процессы и аппараты 3D-печати изделий медицинского назначения» полностью соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от



14.09.2023 г. № 103ОД. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача развития теоретических и экспериментальных основ процессов 3D-печати изделий медицинского назначения.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.09 РХТУ им. Д.И. Менделеева 25 апреля 2024 года принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Абрамову Андрею Александровичу.

Присутствовало на заседании – 13 членов диссертационного совета, в том числе в режиме видеоконференции – 0, в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации – 6.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за» – 13,

«против» – нет.

Проголосовали 0 членов диссертационного совета, присутствовавшие на заседании в режиме видеоконференции:

«за» – —,

«против» – —.

**Итоги голосования:**

«за» – 13,

«против» – нет.

Председатель диссертационного совета



д.т.н., профессор Глебов М.Б.

Ученый секретарь диссертационного совета



к.т.н., доцент Василенко В.А.

Дата «25» апреля 2024 г.

