

Министерство науки и высшего образования  
РФ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

**«ВОРОНЕЖСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

394036 г. Воронеж,  
пр. Революции, 19  
Тел. +7(473) 255-42-67, 255-35-21,  
Факс +7(473) 255-26-95  
E-mail: [post@vsuet.ru](mailto:post@vsuet.ru)

«УТВЕРЖДАЮ»

Профессор ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный университет  
инженерных технологий», кандидат  
Физико-математических наук

Н.И. Репников



№ 0405 - 680/4 от «22» 04 2026 г

«22» апрель 2026 г

### ОТЗЫВ ведущей организации

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ») на диссертационную работу Архипова Данилы Сергеевича «Моделирование и разработка 3D-печатного комбинированного продукта на молочной основе», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы (технические науки).

#### **Актуальность темы исследований**

Важную роль в достижении национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации, установленных Указом Президента "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" играет отрасль аддитивных технологий. Развитие ее имеет мощный экономический и технологический эффект, который приведет к значительному удешевлению и ускорению производства конечной продукции при сохранении и улучшении качественных характеристик, увеличению объемов производства и продвижению новых технологий для внедрения в российских организациях и предприятиях. Стратегия развития аддитивных технологий в РФ до 2030 года относит 3D-печать пищевых продуктов к формирующимся рынкам будущего. Для пищевой продукции, изготовляемой методом 3D-печати, характерна персонализированность, уникальность и улучшенные потребительские характеристики.

Таким образом, диссертация Архипова Д.С., направленная на создание аддитивной технологии 3D-продукта на молочной основе для сегмента NoReCa, является актуальной.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Представленные в диссертационной работе научные положения обладают высокой степенью обоснованности, что подтверждается, с одной стороны, глубокой теоретической проработкой вопроса; с другой – результатами выполненных экспериментальных исследований. Ряд выявленных автором теоретических положений непосредственно согласуется с общепризнанными результатами в других областях науки и техники. Системный характер диссертационной работы и воспроизводимость полученных данных обеспечиваются методологическим подходом, включающим последовательные этапы от разработки рациональных концентраций компонентов пищевых чернил до промышленной апробации аддитивной технологии 3D-продукта. Достоверность результатов обусловлена использованием автором современных лабораторных методов, корректной постановкой экспериментальных исследований, статистической обработкой и последующим анализом результатов. Основные положения и результаты диссертации нашли отражение в 8 печатных работах. Материалы диссертации докладывались и получили одобрение на международных и всероссийских конференциях, симпозиумах и конкурсах различного уровня.

### **Научная новизна диссертации и личный вклад соискателя в разработку научной проблемы**

Научная новизна диссертационного исследования заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании концепции трансформации промышленных технологий продуктов питания к производству «пищевых чернил» для 3D-печати.

Впервые предложен алгоритм получения и применения «пищевых чернил» на молочной основе пластично-вязкой консистенции с учётом физико-химических и функционально-технологических свойств молочно-белковых систем.

Разработана методология проектирования и принцип моделирования 3D-продукта на молочной основе, учитывающий геометрические и конструктивные особенности готового изделия, а также физико-химические характеристики сырья, что в совокупности обеспечивает получение продукта заданной формы и свойств. Установлены закономерности изменения коэффициента спонтанной деформации в системе «пищевые чернила – продукт» при различных соотношениях массовых долей белка и жира.

Предложен новый методический подход к оценке прочностных характеристик 3D-продукта, основанный на расширении оценочных критериев показателями напряжения сдвига, сжатия и растяжения, что доказывает его применимость к продукции аддитивных технологий.

Личный вклад соискателя заключается в самостоятельной формулировке исследовательской проблемы, определении цели и задач, разработке структуры исследований, проведении теоретических и экспериментальных работ, статистической обработке и интерпретации полученных данных. Соискателем лично разработано программное обеспечение для моделирования формы и конструктивных особенностей 3D-продуктов (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024667797), а также документы по стандартизации на плавленный сыр с начинкой, производимый на пищевом 3D-принтере, «ПринтЧиз» (ТУ 10.51.40-111-00419785-2025). Автором осуществлено сопровождение промышленного внедрения разработанной аддитивной технологии в сегменте HoReCa. Проведённый экономический расчёт подтвердил конкурентоспособность разработанной технологии.

#### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям «Положения о присуждении ученых степеней»**

Диссертационная работа и автореферат Архипова Данилы Сергеевича соответствуют требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям и паспорту специальности 4.3.3 «Пищевые системы» (технические науки). Представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, обладающей теоретической и практической значимостью для пищевой, в т.ч. молочной, промышленности.

В диссертации содержится решение актуальной научно-технической задачи – создание аддитивной технологии 3D-продукта на молочной основе для сегмента HoReCa с интегрированной методологией расчёта параметров потребительской модели, учитывающей трансформационные особенности структурно-механических свойств сырья и геометрически-конструктивные параметры изделия. Данное решение имеет существенное значение для развития персонализированного питания и импортозамещения в области пищевых аддитивных технологий.

Работа включает новые научные положения и результаты, в том числе:

– методологию проектирования 3D-продукта на молочной основе с учётом геометрических, конструктивных и физико-химических характеристик;

- установленные закономерности изменения коэффициента спонтанной деформации в зависимости от массовой доли белка в пищевых чернилах (для СОМ и СЦМ);

– разработанные теоретические модели предельных значений напряжений (растяжение, сжатие, сдвиг) перехода печатных систем в пластичное состояние;

– модель взаимосвязи геометрических характеристик и упруго-пластичных свойств печатного материала.

Практическая реализация результатов подтверждена разработанным программным обеспечением (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024667797), техническими условиями на плавленный

сыр с начинкой, производимый на пищевом 3D-принтере, «ПринтЧиз» (ТУ 10.51.40-111-00419785-2025), а также успешным промышленным внедрением разработанной аддитивной технологии на предприятиях сегмента HoReCa. Расчёт экономической эффективности показал срок окупаемости менее 8 месяцев, что подтверждает конкурентоспособность разработки.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях: по материалам работы опубликовано 8 печатных работ, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, а также 1 монография, 2 статьи в изданиях РИНЦ и 1 программа для ЭВМ, что удовлетворяет требованиям к количеству публикаций для соискателей учёной степени кандидата технических наук согласно «Положению о присуждении ученых степеней», утверждённому Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции). Кроме того, результаты исследования были представлены и получили одобрение на международных и всероссийских научно-практических конференциях, симпозиумах и конкурсах, что свидетельствует о достаточной апробации работы.

Таким образом, диссертационная работа Архипова Д.С. по своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, объёму экспериментальных исследований, количеству публикаций и уровню апробации полностью соответствует критериям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

#### **Оценка содержания диссертационной работы**

Основное содержание диссертации изложено на 122 страницах и включает введение, 3 главы, основные результаты и выводы, список сокращений и условных обозначений, список литературы и 4 приложения. Диссертация содержит 14 таблиц, 64 рисунка. Список литературы включает 101 источник.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи, необходимые для реализации этой цели, научная новизна и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту, и степень достоверности результатов исследований, представлены сведения об апробации.

В первой главе обозначена проблема обеспечения населения качественными пищевыми продуктами с акцентом на необходимость персонализации рационов питания для сокращения объёмов пищевых отходов. Показано преимущество аддитивных технологий для создания уникальных продуктов с высокими потребительскими характеристиками. Обозначены перспективы развития направления 3D-печати на молочной основе. Проанализированы основные ингредиенты, используемые для создания пищевых 3D-продуктов, их свойства и особенности молекулярного строения. Изучен зарубежный и отечественный опыт создания 3D-продуктов с использованием молочных ингредиентов. Показана первоочередная роль реологических свойств при формировании структуры пищевых 3D-печатных

изделий, а также превалирующая роль молочного белка в формировании их текстуры.

Во второй главе изложена методология, описаны объекты и методы исследований, представлена схема организации проведения экспериментальных работ. Подробно описан процесс приготовления пищевых чернил и 3D-печати на принтере FELIX Food Switch Head.

В третьей главе описаны результаты проведённых экспериментов. На основании данных анкетирования выявлены важные тенденции в восприятии аддитивных пищевых технологий, результаты использованы при разработке итоговой формы напечатанного изделия. Проведённый SWOT-анализ подтвердил перспективность внедрения 3D-печати в пищевые технологии. С помощью варьирования соотношения основных ингредиентов получены образцы пищевых чернил с сухим обезжиренным и сухим цельным молоком, определен коэффициент спонтанной деформации. Установлены оптимальные диапазоны массовой доли белка в пищевых чернилах. Проведён органолептический анализ, показавший преимущество образцов с СОМ. Разработаны теоретические модели предельных значений напряжений (растяжение, сжатие, сдвиг) перехода печатных систем в пластичное состояние. С применением разработанной модели проведено сравнение расчётных значений максимальных напряжений с экспериментальными значениями пределов текучести материала, выявлен существенный запас устойчивости для всех рецептов в заданной геометрии кубика. Создана модель взаимосвязи геометрических характеристик и упруго-пластичных свойств печатного материала, позволяющая решать как прямые, так и обратные задачи проектирования. Разработано программное обеспечение для моделирования формы и конструктивных особенностей 3D-продуктов. Разработана технология 3D-продукта с начинкой (плавленый сыр с мёдом), определён его оптимальный состав.

Выводы отражают результаты поставленных в работе задач.

Таким образом, содержание диссертации отражает высокий уровень научной проработки темы, а её структура и завершённость соответствуют требованиям, предъявляемым к работам на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 «Пищевые системы».

#### **Вопросы, замечания и рекомендации по диссертационной работе**

1. Из материалов работы не ясно, на чем основан выбор компонентов для разработки композиции пищевых чернил.
2. Необходимо пояснить, почему для исследования прочностных характеристик 3D-печатных систем не подходит стандартное оборудование?
3. Из материалов диссертации не ясно, с чем можно связать отличия во внешнем виде 3D-изделий, напечатанных с использованием СОМ и СЦМ?
4. Какие физические допущения были приняты при построении теоретической модели устойчивости кубического 3D-продукта?
5. Не ясно, с какой целью в работе был введен оригинальный органолептический дескриптор «цельность»?

6. Из материалов диссертации не ясно, как по полученным диаграммам «сила – деформация» определяли предел текучести ( $\sigma_T$ )?

7. В выводах целесообразно было бы отразить результаты проведенного SWOT-анализа аддитивных технологий.

Поставленные вопросы и высказанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают ценности работы.

### Заключение

Диссертация Архипова Данилы Сергеевича на тему «Моделирование и разработка 3D-печатного комбинированного продукта на молочной основе» представляет собой законченную научно-квалификационную работу и вносит существенный вклад в развитие молочной отрасли; соответствует пп. 5, 11, 18 паспорта специальности 4.3.3 Пищевые системы; по содержанию и оформлению соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, изложенным в п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции); а ее автор, Архипов Данила Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

Присутствовало на заседании кафедры 14 чел. В обсуждении приняли участие 10 чел. Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» 0 чел., протокол № 6 от «20» апреля 2026 г.

Отзыв подготовила:

Доктор технических наук по специальности  
05.18.04 «Технология мясных, молочных  
и рыбных продуктов и холодильных производств»,  
доцент, профессор кафедры технологии продуктов  
животного происхождения  
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Екатерина Борисовна Станиславская

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)

Адрес: 394036, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19

Веб сайт: <https://vsuet.ru>

e-mail [post@vsuet.ru](mailto:post@vsuet.ru)

Телефон: +7(473)255-42-67

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»	
Подпись т. <u>Станиславской Е. Б.</u>	
<b>ЗАБЕРЯЮ</b>	
Начальник управления кадров	<u>А. Дичева О. Ю.</u>
« <u>20</u> » <u>апр.</u> 2026 г.	

