

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе

К.Т.Н. доцент В.Е. Галыгин

2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» на диссертацию Мавлюдовой Яны Александровны «Совершенствование процесса гранулирования биотоплива на основе вторичных древесных ресурсов и растительных отходов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13 - Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)

Актуальность темы диссертационной работы. В условиях жестких требований по экологической безопасности в производствах, связанных с переработкой древесины и наличием растительных отходов, разработка технологий их перевода в гранулированное состояние для дальнейшего использования в качестве биотоплива в настоящее время широко востребована.

Существующие технологии гранулирования и соответствующее оборудование позволяют гранулировать преимущественно однокомпонентное сырье и не рассчитаны на переработку многокомпонентных полидисперсных смесей. В связи с этим разработка научно-обоснованных технических и технологических решений по совершенствованию процесса и оборудования для гранулирования многокомпонентных композиций (на примере торфа, лузги подсолнечника, пивной дробины) с учетом реологических, структурно-деформационных и прочностных характеристик несомненно является актуальной.

Содержание и структура диссертации. Диссертационная работа Мавлюдовой Я.А. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 125 источников и шести приложений. Работа изложена на 148 страницах, содержит 15 таблиц и 44 рисунка.

Во введении обоснована актуальность переработки растительных, древесных и техногенных отходов в гранулированное биотопливо, сформулирована цель и задачи работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Представлены положения, вынесенные на защиту, а также сведения об апробации работы и публикациях.

В первой главе проанализированы технологии получения топливных гранул (пеллет) в различных типах гранулирующего оборудования. Соискателем систематизированы данные по составам топливных гранул и их свойствам. Показано, что наиболее перспективным для переработки многокомпонентных полидисперсных смесей являются роторные грануляторы с плоской матрицей, однако существующие методики их расчета не учитывают реологические свойства многокомпонентных смесей.

Во второй главе автор подробно описывает используемое лабораторное оборудование (пенетрометр, специальный дозатор, тензометрическая установка, измерители прочности гранул (приборы YD-2 и ИПГ-1М), калориметр АБК-1В) и методики проведения экспериментов по определению реологических характеристик и силовых параметров процесса прессования, а именно: пластическая прочность, сыпучесть, коэффициент бокового давления, прочность и теплофизические свойства гранул.

В третьей главе автор анализирует напряжённо-деформационное состояние при перемещении материала в зазоре между валком и матрицей и в цилиндроконическом канале, делает вывод, что динамика уплотнения на всех этапах гранулирования зависит от деформирующего усилия, физико-химических свойств с образованием новых структурных связей в полученных гранулах.

Предложено математическое описание процесса гранулирования, учитывающее движение материала по поверхности матрицы и в цилиндроконическом канале переменного сечения. Получены уравнения для расчета контактных напряжений в зонах уплотнения и формования, а также система уравнений, описывающая распределение давления по длине канала с учетом реологических свойств сырья (коэффициента бокового давления и внешнего трения).

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований с использованием методов многофакторного планирования эксперимента. Получены регрессионные уравнения и номограммы для прогнозирования плотности и прочности гранул. Экспериментально определены реологические характеристики (пластическая прочность, сыпучесть, коэффициент бокового давления) для пяти типов смесей.

Получены графические зависимости распределения давлений по длине канала, позволяющие выбрать оптимальный угол конусности, который обеспечивает процесс гранулирования без образования пробки в канале.

Приведены результаты исследований теплофизических характеристик (теплотворная способность и зольность гранул), а также особенности процесса горения гранул. Выявлена многостадийность процесса сжигания топливных гранул, протекающая в четыре стадии. Предложены зависимости удельной энергоемкости и производительности опытно-промышленного роторного гранулятора с плоской матрицей, учитывающие характеристики гранул и режимы работы гранулятора.

В пятой главе приводится разработанная инженерная методика и алгоритм расчета энергосиловых параметров роторного гранулятора с плоской матрицей. Приведен сравнительный экономический анализ, подтвердивший, что производство гранул из многокомпонентных смесей экономически выгоднее, чем из чистых опилок. Технология получения топливных гранул передана для внедрения в ООО «ВИВА», Костромская область.

В Заключении сформулированы основные выводы диссертации.

Научная новизна работы заключается в следующем.

Получены зависимости для определения давления по длине цилиндроконического канала с учетом коэффициента бокового давления и пластической прочности многокомпонентных полидисперсных смесей;

На базе экспериментальных данных получены регрессионные уравнения и номограммы для определения плотности и прочности гранул многокомпонентных полидисперсных смесей в зависимости от влажности и удельного давления прессования.

Практическая значимость работы определяется следующим.

Предложена модернизированная технология гранулирования многокомпонентных полидисперсных смесей на опытно-промышленном роторном грануляторе, переданная к использованию ООО «ВИВА» (Костромская область) для гранулирования отходов клубнеплодных культур.

Разработаны новые рецептуры топливных гранул с повышенной теплотворной способностью за счет введения высококалорийных компонентов (лузги, пивной дробины, березовых листьев, торфа, инициатора горения в виде пирокарбона). Экспериментально подтверждено повышение их энергетических показателей.

Разработаны рекомендации по совершенствованию конструкции роторных грануляторов с применением фильер с каналами переменного сечения.

Результаты работы внедрены в учебный процесс Московского политехнического университета на кафедрах «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств им. профессора М.Б. Генералова» и «Процессы и аппараты химических технологий» и использованием в исследовательской практике ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха».

Достоверность и обоснованность результатов работы обеспечивается достаточным объемом экспериментальных данных,

полученных с применением современных метрологически аттестованных средств измерений, корректным использованием теории деформированного состояния тел.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы апробированы на международных и всероссийских конференциях: «Актуальные проблемы лесного комплекса», (Брянск, 2012 год); «Рациональное природопользование: традиции и инновации», (Москва, 2012 год); «Управление реологическими свойствами пищевых продуктов», (Москва, 2012 год); «Нестационарные, энергосберегающие и ресурсосберегающие процессы и оборудование в химической, нано - и биотехнологии», (Москва, 2013 год); XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, (Екатеринбург, 2016 год); «Современные проблемы экологии», (Тула, 2025 год); «Химическая технология на современном этапе развития минерально-сырьевой базы», (Москва, 2025 год). Полученные результаты апробированы и внедрены в деятельность государственных и коммерческих организаций, что подтверждено 2 актами и 3 справками о внедрении.

Публикации. Основные положения диссертации получили полное отражение в 15 статьях, из них 6 статей в журналах, индексируемых в международных базах Scopus и GeoRef.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационная работа Мавлюдовой Я. А. на тему: «Совершенствование процесса гранулирования биотоплива на основе вторичных древесных ресурсов и растительных отходов» соответствует паспорту специальности 2.6.13 - Процессы и аппараты химических технологий:

п. 6. Способы, приемы, методология исследования механических процессов, совершенствование их аппаратурного оформления;

п.10. Методы изучения, совершенствования и создания ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых

выбросов и сточных вод, в том числе разработка химико-технологических процессов переработки отходов.

Рекомендации по использованию результатов работы

Методика инженерного расчета роторного гранулятора с плоской матрицей), алгоритм расчета энергосиловых параметров процесса пеллетирования может быть рекомендован к применению организациями, занимающимися разработкой, изготовлением и эксплуатацией грануляторов для кормов и древесных пеллет, в том числе ООО «Курские грануляторы» (Курская область), НПО «Агромаш» (г. Ногинск, Московская область); ООО «АрмТехно» (г. Новосибирск) ООО "ИСТАГРО ДОН (Липецкая обл., г. Данков); Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область, городской округ Люберцы)

Замечания:

1. Неудачно сформулирована тема диссертации «Совершенствование процесса гранулирования...». Следовало бы указать конкретный исследованный в диссертации метод гранулирования.

2. Большая часть литературного обзора посвящена выбору компонентов и свойствам топливных гранул, а в меньшей степени автор анализирует современное состояние оборудования в технологиях производства биотоплива. Считаем некорректным в литературном обзоре диссертации ссылаться на учебные пособия (поз. 12, 15, 24, 25, 31, 35, 40 и т.п.). Кроме того, практически отсутствуют ссылки на современные научно-технические источники, в том числе зарубежные.

3. Главы 2 и 4, по нашему мнению, следовало бы объединить, убрав описание стандартных методик из текста диссертации. Достаточно дать ссылки на нормативные документы. Раздел 2.5 не дает возможности оценить предлагаемую конструкцию гранулятора, ее преимущества по сравнению с

гранулятором (поз. 57), влияние на качество получаемых гранул в системах «неподвижная матрица - вращающиеся ролики» или наоборот, а также механизм гранулирования, о чем автор заявляет в пункте 1 научной новизны.

4. В формулировке пункта 2 научной новизны непонятно, о каких уравнениях и номограммах идет речь.

5. Вызывает сомнение пояснение автора к рис. 41 диссертации (рис. 18 автореферата), где указано, что производительность снижается вследствие роста трения и пластификации сырья, повышающих сопротивление продавливанию.

6. Из анализа рис. 43 диссертации (рис. 20 автореферата) автор делает вывод о величине критического зазора 0,5 – 1,5 мм, что требует пояснений. На наш взгляд, зазор должен быть 0,5 – 0,75 мм.

7. Из текста диссертации не ясно, каким образом результаты, полученные в главе 3, используются в инженерной методике расчета гранулятора (глава 5).

8. Вызывает вопрос правомерность использования термина «термонагрев» в тексте диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Мавлюдовой Яны Александровны представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, содержащую решение задачи по созданию процесса гранулирования многокомпонентных растительных отходов с получением биотоплива.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Диссертационная работа Мавлюдовой Я.А.: «Совершенствование процесса гранулирования биотоплива на основе вторичных древесных ресурсов и растительных отходов» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский

химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023г. № 103ОД, а ее автор, Мавлюдова Яна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» 29 апреля 2026 года, протокол № 4.

Заведующий кафедрой «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», д.т.н., профессор



Н.Ц. Гатапова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещение 2
Тел. +7(4752)63-10-19;
e-mail: tstu@admin.tstu.ru