

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор РТУ МИРЭА, д.х.н.

Н. И. Прокопов

2025 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Шамгулова Романа Юрьевича на тему «Конструктивно-технологическое совершенствование барабанно-винтового агрегата для агломерирования технического углерода термолизной технологии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.21 - «Машины, агрегаты и технологические процессы»

Актуальность темы выполненной работы Тема диссертационной работы является актуальной, т.к. обусловлена существующими проблемами в области переработки техногенных материалов, в т.ч. органических ТКО. Об этом свидетельствуют: проходящая в стране реформа в сфере обращения с отходами, стратегия экологической безопасности РФ, а также принимаемые в стране законы, направленные на ресурсосбережение и переход к экономике замкнутого цикла. Утилизация отходов с получением конечных продуктов, является одним из ключевых направлений ресурсосбережения, развиваемых государством. Так, при переработке органических техногенных отходов способом низкотемпературного термолиза, одним из конечных продуктов является технический углерод (ТУ), востребованный в различных областях промышленности. Однако в силу своих специфических свойств (малая насыпная плотность, высокая пористость, пылеобразование при транспортировке, низкая сыпучесть и др.) ТУ затруднительно использовать по прямому назначению без дополнительной обработки – гранулирования. Одной из технологических проблем при получении гранул является макро-мезо пористость, высоко развитая удельная поверхность, а также

полифракционность агломерируемого материала. В связи с чем, существующие аппараты для гранулирования не могут быть использованы в силу своих конструктивных особенностей и крупномасштабного производства.

В связи с вышеизложенным представленная на рассмотрение работа, посвященная конструктивно-технологическому совершенствованию барабанно-винтового агрегата для агломерирования технического углерода термолизной технологии, является актуальной.

Анализ содержания диссертации

На рассмотрение были представлена диссертационная работа из 200 страниц и автореферат из 23 страниц. Диссертация включает введение, пять глав, заключение, список литературы, состоящий из 163 наименований и приложения на 25 листах. Отзыв на диссертацию составлен на основании изучения материалов диссертации, автореферата, опубликованных статей.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе на основе анализа отечественных и зарубежных результатов научно-технических разработок и исследований в области совершенствования оборудования для агломерирования полидисперсных материалов определены недостатки существующих конструкций, а также перспективные направления его конструктивно-технологического развития. Показана целесообразность разработки патентозащищенной конструкции агрегата для агломерирования технического углерода термолизной технологии. Освещен вклад и обобщены результаты известных ученых в области исследований процессов агломерирования материалов. Сформулирована цель научных исследований и поставлены задачи для её достижения.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям процесса агломерирования. Представлена разработанная механо-реологическая модель процесса, адекватно описывающая необходимость стадийности процесса гранулообразования. Получены и представлены аналитические выражения для каждой стадии процесса, учитывающие физико-механические характеристики и физико-химические свойства технического углерода термолизной технологии. Получены и представлены аналитические выражения, определяющие основные конструктивно-технологические и энерго-силовые параметры барабанно-винтового агрегата.

В третьей главе представлена разработанная стендовая установка барабанно-винтового агрегата, используемая для проведения экспериментов, а также приведены характеристики измерительного оборудования. С использованием современных аппаратных средств: растрового ионно-электронного микроскопа FEI Nova NanoSEM 450; цифровой камеры высокого разрешения с высокочувствительной матрицей Digiview II; рентгеновского дифрактометра SmartLab (Rigaku), изучены специфические особенности исследуемого технического углерода. Представлены методики экспериментальных исследований и обработки полученных результатов.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований на стендовых установках и многофакторного планирования эксперимента по ЦКРП – 2^3 для регрессионного анализа при изучении зависимостей выходных показателей от варьируемых параметров. Представлены уравнения регрессии, описывающие зависимости функций отклика: прочности слоя сухих гранул ТУ – $\sigma_{сл}$, кПа; плотности слоя сухих гранул ТУ – $\rho_{сл}$, кг/м³; относительного сопротивления истиранию сухих гранул ТУ – $\varepsilon_{ист}$, %; процентного выхода товарных гранул – $Q_{тг}$, % от содержания связующего – $C_{св}$, %; коэффициента заполнения камеры агломерирования – $\varphi_{зап}$, ед; частоты вращения вала ОВЛ – $n_{овл}$, об/мин;

Установлены рациональные значения варьируемых параметров: $C_{св}$ – (17÷19)%; $\varphi_{зап}$ – 0,18÷0,2; $n_{овл}$ – (30÷50) об/мин.

В пятой главе представлены результаты опытно-промышленных испытаний технологической линии термолизной переработки органических ТМ с получением ТУ стабильного состава и дальнейшем его агломерировании в БВА, с учетом специфических особенностей материала. Разработаны инженерная методика расчета механо-теплотехнических параметров и технологический регламент получения агломерированного ТУ в БВА. Исследованы адсорбционные свойства технического углерода. Определена технико-экономическая эффективность от использования агломерированного ТУ в качестве сорбента для очистки органических загрязненных жидких сред.

Научная новизна работы

Заключается в:

- разработанной механо-реологической модели постадийного процесса агломерирования полидисперсных материалов с низкой насыпной плотностью;
- полученных аналитических выражениях, описывающих процессы постадийного агломерирования полидисперсных частиц, согласно механо-реологической модели;
- исследованных условиях образования микрогранулята при его объемно-пространственном перемещении в спиралевидном устройстве и его последующем упрочнении в режиме рециклинга двухзаходными винтовыми лопастями (ДВЛ);
- проведенных теоретических исследованиях процесса агломерирования микрогранулята однозаходными винтовыми лопастями (ОВЛ), а также полученных уравнениях для расчета винтообразных траекторий движения гранул в камере агломерирования и зоны воздействия на них со стороны ОВЛ;
- исследованном процессе интенсивной классификации полифракционного гранулята разнонаправленными ОВЛ и полученным уравнением, описывающим движение классифицируемого гранулята;
- исследованной кинематике взаимодействия ОВЛ с гранулятом и определенном рациональным геометрическим профилем устройств;

- разработанных методах расчета основных кинематических, конструктивно-технологических, энергосиловых и теплотехнических параметров патентозащищенной конструкции БВА.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость заключается в полученных аналитических выражениях, описывающих процессы постадийного гранулообразования полидисперсного технического углерода и разработанных методах расчета основных кинематических, конструктивно-технологических, энергосиловых и теплотехнических параметров БВА.

Практическая значимость заключается в разработанной и реализованной в производственных условиях индустриального партнера: патентозащищенной конструкции барабанно-винтового агрегата для переработки полидисперсных материалов термолизной технологии (пат. РФ №2748629, Евразийский пат. №040258); способе и устройстве механо-термической переработки органических ТКО (пат. РФ №2744225, 2773396, Евразийский пат. №043232, 043162); малотоннажном технологическом модуле для комплексной переработки органических техногенных материалов и получения агломерированной продукции.

Рекомендации по использованию результатов.

Практическая реализация результатов диссертационной работы может быть осуществлена на предприятиях, занятых переработкой органических техногенных отходов, в том числе ООО «ТК «Экотранс», г. Белгород и др., строительной промышленности, дорожном строительстве, а также при решении ряда экологических задач – при очистке загрязненных органических жидких сред.

Практические и теоретические положения и результаты работы рекомендуются также к использованию в учебном процессе при подготовке специалистов по направлениям: 23.05.01 – Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях; 23.03.02 – Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды;

23.04.02 – Технологические комплексы для переработки природных и техногенных материалов.

Обоснованность и достоверность научных положений, результатов и выводов

Достоверность научных положений, результатов и выводов, сформулированных соискателем в диссертационной работе, обеспечена использованием классических математических и физических законов и закономерностей, методов планирования экспериментальных исследований и статической обработкой их результатов, использованием современной измерительной аппаратуры и программного обеспечения. Разработанная механо-реологическая модель, описывающая постадийно процесс агломерирования; математические выражения, определяющие конструктивно-технологические параметры БВА, и основанная на этих выражениях методика инженерных расчетов основных конструктивно-технологических параметров барабанно-винтового агрегата подтверждены автором экспериментально.

Замечания по диссертационной работе

1. В диссертационной работе, при проведении исследований, в качестве базового материала использовался технический углерод низкотемпературной термолизной технологии. Однако не указано, возможно ли агломерировать в БВА другие материалы с подобными физико-механическими характеристиками и физико-химическими свойствами?

2. В связи с вышеуказанным возникают вопросы: какие конструктивно-технологические и энерго-силовые параметры можно варьировать в БВА для управления кинетикой процесса агломерирования?

3. При моделировании процесса агломерирования ТУ на стендовых установках каким способом была доказана необходимость постадийной реализации процесса?

4. В диссертации утверждается, что между процессами термолизной переработки органических техногенных материалов в термореакторе и

агломерирования ТУ существует технологическая связь. Не ясно, в чем она заключается?

5. В диссертации (стр. 130,131 и др.) и автореферате (стр. 8÷10, 19 и др.) указывается, что для обеспечения эффективного процесса агломерирования ТУ необходимо использовать различные конструктивно-технологические решения рабочих органов – лопастных устройств, в т.ч. работающих в режиме рециклинга. Чем это обусловлено?

6. При реализации многофакторного планирования эксперимента (ЦКОП-2³) использовались только три варьируемых фактора: $\varphi_{\text{зап}}$ - коэффициент заполнения камеры, ед; $C_{\text{св}}$ - содержание связующего, %; $n_{\text{в.овл}}$ - частота вращения вала винтовых лопастей, об/мин. При этом не ясно, почему не учитывались исходные размеры микрогранулята?

7. В списке основных опубликованных работ указывается, наряду с Российскими патентами на изобретения и Евразийские. Чем это обусловлено?

Однако сделанные замечания и отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертация Шамгулова Р.Ю. соответствует паспорту специальности 2.5.21. - Машины, агрегаты и технологические процессы: п. 1. Разработка научных и методологических основ, технических и технологических требований к проектированию и созданию новых машин, агрегатов и технологических процессов; п. 9. Разработка научных и методологических основ проектирования и практической реализации технологических процессов и способов получения и обработки материалов, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, формирующих комплекс свойств, качество и расширяющих номенклатуру изготавливаемой продукции. Диссертация Шамгулова Романа Юрьевича «Конструктивно-технологическое совершенствование барабанно-винтового агрегата для агломерирования технического углерода термолизной

технологии» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по совершенствованию процесса агломерирования полидисперсных материалов, а также конструкции барабанно-винтового агрегата, соответствует требованиям п. 9 - 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842), предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, а автор заслуживает присвоение ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.21 – Машины, агрегаты и технологические процессы.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры Процессов и аппаратов химических технологий имени Гельперина Н.И., протокол № 2, от 24 сентября 2025 г.

Отзыв составил

Заведующий кафедрой, доктор технических наук, доцент
Таран Юлия Александровна

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет".

Сокращённое название: РТУ МИРЭА.

Адрес: 119454 г. Москва, проспект Вернадского, дом 78

Телефон: +7 499 600-80-80

E-mail: mirea@mirea.ru

Сайт: www.mirea.ru

Подпись руки

УДОСТОВЕРЯЮЩАЯ

Начальник Управления кадров

