# ОТЗЫВ

официального оппонента Глазова Василия Степановича
на диссертацию Габитова Рамиля Наилевича
«Повышение эффективности термической переработки твердых коммунальных отходов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

***1. Актуальность темы диссертации***

Диссертационная работа, посвященная повышению энергетической эффективности термической переработки твердых коммунальных отходов (ТКО), является актуальной, поскольку решает задачу экономии топливно-энергетических ресурсов за счет использования твердых коммунальных отходов в качестве сырья для термических реакторов с целью получения горючего газа.

В нашей стране до 90% образовавшихся ТКО подвергают захоронению на полигонах и свалках. Однако содержание в ТКО до 70% органической (горючей) фракции дает возможность утилизировать их термическими методами с получением газообразного топлива. Подобное использование ТКО вызывает необходимость применения передовых энергоэффективных технологий переработки и технически совершенного оборудования.

***2. Общая характеристика работы***

Представленная диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы, включающего 114 наименований. Работа изложена на 155 страницах, включая рисунки, таблицы и приложения.

**Во введении** обосновывается актуальность, формулируются цели и задачи работы.

**В первой главе** приводятся результаты аналитического обзора литературы, посвященной технологиям переработки ТКО методом пиролиза. Анализ современного состояния вопроса показал, что эффективность термической переработки определяется степенью подготовки ТКО (начальной влажностью сырья, фракционным составом и др.) и режимными параметрами процесса (температурой материала и теплоносителя, временем пребывания ТКО в реакторе, наличием кислорода в атмосфере). При этом, в теплотехнологии уничтожения ТКО недостаточное внимание уделяется исследованию сушки отходов как наиболее энергозатратному процессу и изучению теплофизических свойств влажного сырья.

По результатам литературного обзора сформулированы задачи диссертационной работы.

**Во второй главе** диссертации приведены результаты термического анализа смеси ТКО среднего морфологического состава и отдельных ее компонентов в процессе окислительного пиролиза.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментальных исследований процесса конвективной сушки слоя ТКО, на основе которого предложены критериальные уравнения, позволяющие определить коэффициенты теплоотдачи и массоотдачи в зависимости от влажности материала, скорости сушильного агента и высоты слоя, получены формулы для расчета эффективных коэффициентов теплопроводности, температуропроводности и массопроводности в зависимости от влагосодержания температуры материала, порозности и температуры сушильного агента.

**В четвертой главе** разработана расчетно-экспериментальная методика решения задачи тепломассопереноса в слое ТКО в процессе его сушки, учитывающая структурную деформацию (усадку) слоя. Показано, что полученная пространственно-временная зависимость внутреннего стока теплоты в процессе сушки сырья позволяет определить затраты энергии на процесс.

**В пятой главе** предложена конструкция установки для утилизации ТКО методом окислительного пиролиза, для которой произведен расчет основных конструктивных элементов при заданной производительности, определены показатели экономической эффективности и предложены эффективные режимы ее работы.

***3. Научная новизна диссертации:***

***К основным результатам, содержащим элементы научной новизны, относятся следующие***

1. Впервые экспериментально определены состав и объемы газов, максимальная скорость убыли массы, температура пиков тепловыделения и величины тепловых эффектов при проведении термического анализа смеси ТКО среднего морфологического состава и отдельных ее компонентов в процессе окислительного пиролиза с содержанием кислорода в атмосфере 1, 5 и 10%.

2. Впервые экспериментально определены эффективные коэффициенты теплопроводности, температуропроводности и массопроводности смеси ТКО среднего морфологического состава с учетом влажности сырья, температуры и порозности слоя в процессе его сушки.

3. Получены критериальные уравнения, позволяющие определить коэффициенты тепло- и массоотдачи, влияющие на процесс конвективной сушки слоя ТКО среднего морфологического состава.

4. Разработана расчетно-экспериментальная методика определения внутреннего источника (стока) теплоты, образующегося в процессе сушки многокомпонентного слоя ТКО среднего морфологического состава.

5. Получены новые данные по выходу пиролизного газа и КПД установки для утилизации ТКО в зависимости от влажности исходного сырья и содержания кислорода в атмосфере.

**4. *Достоверность результатов работы и выводов автора*** определяется корректным совместным использованием методов математического моделирования, экспериментального и расчетного исследования с применением фундаментальных уравнений классической теории теплообмена, методов вычислительной математики, а также согласованием результатов расчета с известными и полученными автором в данной работе экспериментальными данными.

**5. *Практическая ценность*** заключается в следующих основных результатах диссертационных исследований:

1. Предложены рациональные режимы и конструктивные характеристики печи шахтного типа для переработки ТКО методом пиролиза.

2. Предложена конструкция термического реактора для переработки ТКО с получением газообразного топлива.

3. Результаты работы могут быть использованы для расчета конструктивных характеристик зоны сушки термического реактора с учетом структурной деформации (усадки) многокомпонентного слоя ТКО среднего морфологического состава.

4. Результаты экспериментальных исследований эффективных теплофизических свойств, термогравиметрических характеристик ТКО и продуктов их термической конверсии внедрены на производстве ООО «НТИЦ Экосервис Прим» г. Москва при разработке пилотного образца установки термического обезвреживания отходов.

**6. *Апробация работы и публикации*.**

Основные положения работы, результаты теоретических и расчетных исследований докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях. По материалам диссертации

опубликовано 38 научных трудов, в том числе 10 статей в рецензируемых журналах по списку ВАК, 3 публикации, индексируемые в международной базе SCOPUS, 5 патентов РФ на изобретение, 20 тезисов и полных текстов докладов конференций.

***7. Замечания по работе.***

1. Уравнения, приводимые для расчета коэффициентов тепло- и массообмена между твердой и газовой фазами, представлены без указания диапазонов режимов течения. Нет информации о характерном линейном размере и определяющей температуре, по которой определяются теплофизические свойства теплоносителя и значения чисел Re и Nu.

2. Область допустимых значений независимых переменных, входящих в уравнение энергии, должна быть представлена строгим неравенством.

3. При описании краевых условий использование выражения «теплота подводится к телу посредством температуры» некорректно.

4. Есть сомнение в правильности использования термина «окислительный пиролиз» при наличии подсоса воздуха.

***Заключение по работе***

Приведенные замечания не затрагивают существа основных положений, выводов и рекомендаций диссертации, являющейся самостоятельным завершенным научным трудом, посвященным решению актуальной задачи повышения эффективности термической переработки твердых коммунальных отходов.

Достоверность и новизна результатов не вызывает сомнений.

Личный вклад автора в работе полностью обоснован и подтверждается публикациями.

Автореферат и публикации, десять из которых представлены в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК РФ, а три - индексируемые в международной базе SCOPUS, полностью отражают содержание диссертации, ее основные положения и выводы.

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития страны, и она отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, а ее автор, Габитов Рамиль Наилевич, заслуживает присуждения уче-

ной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Официальный оппонент
кандидат технических наук по специальности 05.14.04, доцент, доцент кафедры «Тепломассообменные процессы и установки» «НИУ «МЭИ»

Василий Степанович Глазов

Почтовый адрес: 111250,
г. Москва, Красноказарменная, дом 17, кафедра ТМПУ.
e-mail: GlazovVS@mpei.ru
Телефон: +7 (495) 362-70-40

Подпись удостоверяю
(Полевая Л.И.)
Начальника УРП
31.01.2018 г