

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента Тугова Андрея Николаевича на диссертацию Романова Даниила Сергеевича «Влияние добавок на седиментационную устойчивость и характеристики термической конверсии композиционных жидких топлив из отходов угольной и нефтяной промышленности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника**

### **Актуальность темы**

Использование угля и жидких топлив в энергетике и промышленности сопровождается образованием значительного количества отходов. Одним из возможных путей их утилизации является приготовление из этих отходов композитного жидкого топлива (КЖТ) и его использования в качестве энергетического сырья. Однако не в полной мере остаются изученными процессы термической конверсии КЖТ на основе различных групп отходов, а также влияние добавок на итоговые характеристики смесового топлива. В этой связи диссертационная работа Д.С. Романова «Влияние добавок на седиментационную устойчивость и характеристики термической конверсии композиционных жидких топлив из отходов угольной и нефтяной промышленности» представляется **весьма актуальной**. Результаты выполненных соискателем научных исследований обосновывают целесообразность предложенного метода утилизации промышленных отходов, а разработанные рекомендации по использованию этих результатов дополняют возможность использования КЖТ в камерах сгорания энергетических и двигательных установок.

### **Научная новизна исследования и полученных результатов**

Наиболее значимыми результатами исследования, определяющими его **научную новизну**, можно считать:

1. Характеристики процессов зажигания и горения композиционных жидких топлив, изготовленных на основе отходов угольной, нефтяной и других отраслей промышленности;
2. Номенклатуры компонентов и рецептуры составов композиционных топлив с высокой седиментационной устойчивостью, которые можно использовать в регионах с пониженными температурами;
3. Условия и способы транспортировки композиционных жидких топлив до удаленных объектов энергогенерации с учетом соответствия требованиям по седиментационной устойчивости;
4. Результаты сравнения характеристик термической конверсии композиционных жидких топлив на лабораторных установках и пилотных установках (малогабаритном котле и двигателях);
5. Математические выражения, отражающие функциональные связи выходных характеристик процессов термической конверсии смесевых топлив с их свойствами, внешними и внутренними факторами;
6. Обоснованные соотношения концентраций компонентов топливных смесей, обеспечивающих максимальные синергетические эффекты их взаимного влияния для совместного использования на объектах малой энергогенерации.

### **Практическая значимость полученных результатов**

Практическая значимость данной работы состоит в разработке методик приготовления, хранения и транспортировки композиционных жидких топлив на основе различных групп отходов, а также термической конверсии с обоснованием некоторых преимуществ перед традиционными видами топлив. Установленные зависимости характеристик термической конверсии топлив от входных условий позволили создать инструмент для прогнозирования рациональных условий применения топлив из отходов с добавками в газомазутных котлах и двигательных установках на территории регионов с пониженными температурами. Представленные результаты экспериментальных исследований могут служить дополнительным обоснованием для вовлечения композиционных топлив в топливно-энергетический сектор.

**Обоснованность и достоверность научных выводов, положений и рекомендаций** базируется на анализе значительного объема экспериментальных данных, полученных с помощью современного высокоточного оборудования. Основные выводы и результаты работы имеют теоретическое обоснование и соответствуют ранее опубликованным данным в научной литературе. Полученные результаты исследования были опубликованы в международных и отечественных высокорейтинговых журналах, что свидетельствует о признании их мировым научным сообществом и, соответственно, о высокой степени надежности научных положений и заключений диссертации.

### **Апробация работы**

По материалам диссертации имеется 27 публикаций, в том числе 7 публикаций в журналах, входящих в перечень ВАК, а также 12 публикаций в журналах, индексируемых в системе Web of Science. Результаты по теме диссертационной работы докладывались и обсуждались на 18 международных и всероссийских конференциях. Публикации в должной мере отражают содержание работы.

### **Анализ содержания диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка принятых сокращений и условных обозначений, списка используемой литературы из 159 наименований. Диссертация изложена на 204 страницах печатного текста, содержит 67 рисунков, 18 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи исследования, практическая значимость результатов и научная новизна, а также выделен личный вклад автора в проведенном исследовании.

**В первой главе** отмечается, что, с точки зрения вовлечения новых компонентов в топливно-энергетический сектор и эффективной утилизации отходов, в первую очередь сырьевого сектора, композиционные жидкие топлива являются перспективными источниками для выработки тепловой и

электрической энергии. Проанализированы современные представления о КЖТ, условиях их хранения, транспортировки и термической конверсии в энергетических и двигательных установках. Определены основные достижения в мире, нерешенные задачи в данной области, а также проблемы, ограничивающие использование КЖТ на объектах энергогенерации. Отмечается, что комплексное изучение «полного жизненного цикла» композиционных топлив является единственным подходом для решения этих проблем при поиске решений по оптимизации термической конверсии отходов сырьевых отраслей промышленности.

**Во второй главе** приведены результаты экспериментальных исследований процессов фазового разделения, седиментационной устойчивости, текучести и реологии образцов КЖТ на основе каменного угля и угольного шлама при различных условиях хранения. Определены концентрации ПАВ, пластификаторов и модификаторов среды, обеспечивающие достижение повышенных показателей стабильности топливных смесей. Представлены результаты изучения характеристик процесса транспортировки топливных композиций по трубопроводу при варьировании их температуры. Установлены показатели внешних воздействий для обеспечения перевозки композиционных жидких топлив автомобильным, водным и железнодорожным транспортом. Определены условия, при которых возможна транспортировка КЖТ даже по трубопроводам в температурном диапазоне  $-5-25$  °С.

**В третьей главе** представлены результаты экспериментальных исследований влияния стабилизирующих добавок на характеристики горения (задержку зажигания, эмиссию загрязняющих веществ) суспензий из угольного шлама. Предложен подход к оценке эффективности КЖТ, который основан на вычислении относительных показателей, характеризующих определенные приоритеты его использования. Выполнены мультикритериальные оценки эффективности некоторых КЖТ. Установлено, что наиболее эффективными КЖТ оказались суспензии с добавками отработанного турбинного масла и лигносульфоната натрия. Смесь с добавкой соевого лецитина является наименее перспективной, как по многокритериальной оценке, так и на основе

технико-экономического анализа. Наибольшая эффективность снижения концентраций оксидов серы (на 65 %) и азота зарегистрирована при использовании 10 % карбоната кальция в составе топливной смеси совместно с каменным углем. Однако применение этой добавки приводит к увеличению зольности топлива, а ее эффективность ограничена соблюдением определённого температурного режима в топке.

**В четвертой главе** приведены результаты исследований основных закономерностей зажигания и горения композиционных жидких топлив на основе отходов нефтяной промышленности (нефтешлама) с добавками технических жидкостей и биоконпонентов. Установлены значения времени задержки зажигания и длительностей выгорания капель топливных композиций при варьировании компонентного состава и температуры в камере сгорания. Определено влияние жидких добавок на полноту выгорания топливных смесей. Показано, что интегральный показатель эффективности смесей, в среднем, на 5–25 % выше, по сравнению с нефтешламом без добавок. Добавление метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) растительных масел к нефтешламу также улучшало его эксплуатационные и энергетические характеристики. Однако высокая стоимость МЭЖК приводила к снижению интегральной эффективности смесей на 3–15 % относительно нефтешлама без добавок. Отмечается, что при переходе от лабораторной установки к испытательной камере сгорания с бóльшим объемом сжигаемого топлива качество выгорания существенно улучшилось, что подтвердило положительный синергетический эффект при переносе лабораторных решений на полноразмерные стенды.

**В пятой главе** представлены результаты технико-экономических расчетов для обоснования перевода газомазутного котла малой мощности с натурального топлива на композиционные жидкие топлива из отходов. Определены основные технологические параметры, необходимые для эффективной эксплуатации энергоустановок на КЖТ.

**В заключении** сформулированы выводы по результатам диссертационных исследований.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и полностью отражает основные научные и прикладные результаты диссертационного исследования.

Автореферат и текст диссертации хорошо структурированы, логично изложены и обладают внутренним единством.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Номенклатура угольных и нефтяных шламов довольно широкая. Необходимо было в начале работы обозначить потенциальные диапазоны отличия их состава и свойств и пояснить, на какие категории шламов переносятся результаты диссертационной работы.

2. Основные характеристики термической конверсии смесевых топлив изучены на стенде с трубчатой муфельной печью. Следует пояснить, по каким параметрам этот стенд и воспроизводимые на нем условия согласуются с существующими котельными и двигательными установками.

3. При выполнении обобщения результатов выполненных исследований целесообразно было установить зависимости основных характеристик исследованных процессов термической конверсии от ключевых свойств и состава композиционных смесей с применением неких безразмерных параметров. Это бы украсило работу.

4. В завершающей части диссертационной работы не хватает технико-экономических оценок затрат на предполагаемую модернизацию котлов и двигательных агрегатов для возможности сжигать в них предложенные автором смесевые составы.

5. При выполнении теплового расчета топки котла паропроизводительностью 10 т/ч соискателем использовалась методика «Теплового расчета котлов (нормативный метод)», изданного в 1998 г. Однако, из опыта ЦКТИ и ВТИ, лучшую сходимость расчета теплообмена в топках с экспериментальными данными для котлов паропроизводительностью менее 1000 т/ч дает методика 1973 года; методику 1998 года лучше применять для котлов более 1000 т/ч. При расчете КПД значение потерь с теплом шлака для выбранного котла с камерной топкой представляется завышенным.

6. Целесообразно составить перечень перспективных основных компонентов смесевых топлив и добавок к ним с привязкой к регионам страны, в которых накапливаются угольные и нефтяные отходы, с обоснованием, по каким экономическим, экологическим, эксплуатационным, технологическим и иным критериям будет обеспечиваться выгода их использования в сравнении с традиционными топливами.

7. В тексте диссертации и автореферата имеются некоторые неточности и опечатки:

- на с. 7 автореферата в разделе «Структура и объем работы» ошибочно указаны: количество глав (четыре вместо пяти) и число использованных литературных источников (346 наименований вместо 159). Приложений в диссертации нет;
- в автореферате следует уточнить позиции и ссылки на рис. 16 и 17;
- в тексте диссертации нет ссылок на литературу [53–58];
- в диссертации следует уточнить ссылки [59–63] на с. 24–25 и на литературу в главе 2.

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают положительной оценки проделанного исследования.

**Заключение о соответствии диссертации паспорту специальности и критериям, положениям о порядке присуждения ученых степеней.**

Диссертационная работа Д.С. Романова «Влияние добавок на седиментационную устойчивость и характеристики термической конверсии композиционных жидких топлив из отходов угольной и нефтяной промышленности» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему; в ней изложены новые научно обоснованные и экспериментально подтвержденные технические решения для совершенствования процессов термохимической конверсии и сжигания композиционных топлив, имеющие существенное значение для развития топливно-энергетического сектора России. Работа соответствует паспорту специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника и в полном объеме отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание

ученой степени кандидата технических наук, а именно п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в действующей редакции), а ее автор заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Даю свое согласие на обработку персональных данных и включение их в аттестационное дело Романова Д.С.

Официальный оппонент, Тугов Андрей Николаевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт», отделение парогенераторов и топочных устройств, заведующий, г. Москва.

14.04.2026



Тугов Андрей Николаевич

Подпись А.Н. Тугова заверяю

Директор по персоналу  
и организационному развитию  
АО «ВТИ»



/Картошкина И.А./

Полное наименование организации:

Акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (АО «ВТИ»).

Юридический адрес: 115280, г. Москва, ул. Ленинская слобода, д. 23, корп. 4

Телефон: +7(495)137-77-70

Эл. адрес: ANTugov@vti.ru

14.04.2026