

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Ахметшина Марка Рустамовича

«Снижение концентраций оксидов серы и азота при горении

отходов нефтедобычи и нефтепереработки в составе

композиционных жидких топлив»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

по специальности: 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика

экстремальных состояний вещества.

Диссертационная работа Ахметшина М. Р. направлена на изучение методов утилизации отходов нефтедобычи и нефтепереработки сжиганием, обеспечивающих уменьшение экологически вредных выбросов, таких как оксиды серы и азота. **Актуальность данной темы** связана со значительными объемами нефтесодержащих отходов, накапливающимися в процессе добычи, переработки и транспортировки нефти, которые наносят большой вред окружающей среде. В настоящее время только малая часть этих отходов перерабатываются, а основная часть размещается на специальных полигонах и хранилищах, в результате чего такие хранилища являются потенциальным источником токсичных жидких стоков. При утилизации отходов нефтедобычи и нефтепереработки путем сжигания, рассматриваемого как основной метод переработки этих материалов, образуются большие объемы вредных газообразных веществ, оказывающих негативное влияние на атмосферу.

В связи с этим проведенные Ахметшиным М.Р. исследования характеристик и режимов горения композиционных жидких топлив представляет большой **практический интерес**, поскольку в них разработаны научные основы, позволяющие эффективно применять механизмы и схемы снижения антропогенных выбросов (в первую очередь, оксидов серы и азота) при термической утилизации отходов нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.

Новизна представленных в диссертационной работе Ахметшина М.Р. результатов состоит в том, что в ней определены основные механизмы, эффективные условия и характеристики снижения концентраций оксидов серы и азота при горении отходов нефтедобычи и нефтепереработки в составе композиционных жидких топлив. Автором разработаны схемы

снижения антропогенных выбросов при разном компонентном составе топливных смесей и тепловых режимах работы установок. Определены диапазоны температуры в камерах сгорания, обеспечивающие получение максимальной экологической эффективности применения композиционных жидких топлив по сравнению с традиционными. Вычислены значения относительного показателя эффективности композиционных жидких топлив, учитывающего экологические, энергетические, технико-экономические и социальные индикаторы. На основе математической обработки экспериментальных данных предложены для прогнозирования значений удельных характеристик термической утилизации отходов нефтедобычи и нефтепереработки.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обусловлена использованием в работе современных программно-аппаратных комплексов, методов теоретических и экспериментальных исследований, соответствующих предмету, цели и задачам работы, математической обработки результатов эксперимента, достаточным объемом экспериментальных данных.

Научная и практическая значимость полученных автором диссертации результатов состоит в том, что в работе были определены диапазоны изменения концентраций оксидов серы и азота при сжигании различных композиционных жидких топлив на основе отходов нефтедобычи и нефтепереработки, углеобогащения, деревопереработки, сельского хозяйства, отработанных технических масел. Проведено обоснование экологических, экономических, энергетических и социальных эффектов от использования композиционных жидких топлив, приготовленных на основе отходов нефтедобычи и нефтепереработки, с органическими добавками. Экологический эффект определяется снижением объемов антропогенных газовых выбросов и возможностью повторного использования после рекультивации территорий, ранее занятыми нефтешламовыми амбарами, за счет задействования извлеченных нефтешламов в составе топлив. Экономический эффект состоит в применении отходов нефтедобычи и нефтепереработки в составе композиционных жидких топлив вместо основных видов топлив (в частности, мазута и дизельного топлива). Энергетический эффект термической утилизации отходов в составе композиционных жидких топлив достигается за счет максимального увеличения теплотворной

способности топлив и рационального смешения твердых и жидких горючих компонентов из отходов. Социальный эффект заключается в способности снизить влияние антропогенных газовых выбросов на здоровье населения и показатели смертности. Эффективная утилизация отходов с помощью термических процессов и преобразование их в композитное жидкое топливо позволяет значительно сократить выбросы вредных газов. Это сокращение способствует улучшению качества воздуха.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 142 страницах, содержит 15 таблиц, 30 рисунков, библиографический список из 172 литературных источников.

Введение посвящено актуальности темы диссертационной работы, формулировке цели и задач исследований, обоснованию практической значимости, научной новизны полученных результатов, а также приведены сведения о личном вкладе автора.

В первой главе проведены данные анализа современного состояния исследований физико-химических процессов при утилизации отходов нефтедобычи и нефтепереработки. Представлены типы и свойства нефтешламовых отходов, образующихся по отраслям промышленности и странам, с указанием объема. Приведена классификация отходов нефтедобычи и нефтепереработки с указанием физико-химических свойств. Выполнен анализ современных методов и технологий переработки отходов нефтедобычи и нефтепереработки, проанализированы достоинства и недостатки каждой из технологий. Показано, что существующие методы утилизации усугубляют экологические проблемы (изменение климата, кислотные осадки, всеобщее загрязнение среды и др.). Выполнен анализ современного состояния теоретических и экспериментальных исследований, направленных на повышение эффективности утилизации отходов нефтедобычи в составе композиционных топлив. Показано, что за последние десятилетия были получены новые знания, которые составляют научный базис по проблеме утилизации отходов углеобогащения, биомассы, технологических стоков, отработанных масел в составе композиционных жидких топлив добавками. Отмечен существенный вклад российских ученых в решение данной проблемы. На основании проведенного анализа литературы сделано заключение, что объем экспериментальных данных по определению механизмов, стадий, условий

и характеристик снижения оксидов серы и азота в настоящее время достаточно ограничен. Сделано заключение, что практически нет информации об изменении состава продуктов термического разложения, газификации и горения при различных тепловых режимах и совместной утилизации промышленных отходов. Также автором указано, что отсутствуют стандартные методики выбора компонентов суспензионных топлив, позволяющей уменьшить концентрацию оксидов серы и азота в продуктах горения. Проведенный автором диссертации анализ литературных источников показал, что отсутствует информация об экологических характеристиках сжигания композиционных жидких топлив с добавками отходов углеобогащения, биомассы и воды, что не позволяет сделать адекватный выбор состава перспективных топлив, имеющих минимальное влияние на окружающую среду, а именно имеющих низкое оксидов серы и азота в продуктах горения.

Во второй главе описана разработанная автором диссертации методика определения характеристик горения топлив и концентраций вредных выбросов, образующихся при использовании композиционных топлив на основе отходов нефтедобычи и нефтепереработки. В качестве компонентов композиционных топлив использованы отходы нефтепереработки и нефтедобычи – нефтешлам, отходы транспорта нефти, очищенная нефть, отходы деревообрабатывающей (древесные опилки) и угольной промышленности (фильтр-кек).

С целью определения компонентного состава антропогенных газов, образующихся при горении топливных композиций на основе нефтешламов, использовался стенд оригинальной конструкции, позволяющий исследовать зажигание и горение исследуемых топлив при температурах до 1300 °С. Стенд позволяет измерять основные характеристики процесса горения – температуру, состава газообразных продуктов горения (концентрацию O_2 , CO , SO_x , NO_x) в зависимости от времени. Приведено описание статистической обработки результатов экспериментов, определение доверительных интервалов и случайных погрешностей.

В третьей главе приведены основные результаты выполненных исследований. Установлено, что сжигание композиционных жидких топлив, приготовленных из отходов нефтедобычи и нефтепереработки с добавками воды, позволяет обеспечить снижение оксидов серы (SO_x) и

оксидов азота (NO_x) на 20-80% и 15-50%, соответственно, по сравнению с прямой термической утилизацией отходов нефтедобычи и нефтепереработки. Согласно полученным в работе экспериментальным данным, концентрации оксидов серы и оксидов азота существенно возрастают с увеличением температуры, в частности при росте температуры на 300 °С концентрация SO_2 увеличивается более чем в 1,5 раза. Установлено, что основная часть NO_x образуется из азотсодержащих компонентов исследуемых топливных композиций. Также экспериментально установлено, что снижение оксидов серы и азота при добавке воды значительно зависит от состава топлива и температуры в камере. Показано, что сжигание жидких композиционных топлив, приготовленных на основе отходов нефтедобычи и нефтепереработки с добавками из отходов углеобогащения, биомассы и отходов лесопиления, позволяет обеспечить снижение оксидов серы (SO_x) и азота (NO_x) на 25-65% и 15-45%, по сравнению с прямым сжиганием отходов нефтедобычи и нефтепереработки. Обнаружены синергетические эффекты снижения выбросов от компонентов входящих в состав добавок.

Установлено, что при сжигании суспензий, приготовленных на основе нефтешламов с добавками угольного шлама, воды и биомассы, достигаются уменьшение выбросов CO_2 на 9–71%, NO_x на 10–72%, SO_x на 20–75% по сравнению с сжиганием индивидуальных нефтешламов. Также в диссертации определены основные механизмы и стадии, ответственные за снижение выбросов оксидов серы и азота при сжигании отходов нефтедобычи и нефтепереработки с добавками из отходов углеобогащения и лесопиления в составе жидких композиционных топлив по сравнению с традиционными видами топлива (уголь и мазут). Установлено, что по комплексному показателю эффективности, включающему экономические, экологические, энергетические индикаторы, сжигание отходов нефтепереработки в составе композиционных жидких топлив эффективнее по сравнению с прямой термической утилизацией выше аналогичных показателей при сжигании нефти, нефтешламов и углей в два раза.

В результате обобщения полученных экспериментальных результатов сделано заключение, что по сравнению с мазутом, наиболее эффективным по комплексному параметру является композиционное суспензионное жидкое топливо, состоящее из 33% нефтешлама, 33% фильтр-кека, 33% опилок, в том числе имеющее в 2.5 раза более низкие показатели по выбросам оксидов

азота, а также в 3 раза более низкую стоимость, в 2.5 раза меньшее время задержки зажигания.

В заключении подведены основные итоги диссертационной работы, а также сформулированы выводы.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении анализа известных решений по проблематике, разработке методики и планировании экспериментов для достижения целей исследования, проведением опытов с контролем ключевых погрешностей в проведенных измерениях, обработке результатов и их анализе, выявлении закономерностей, тенденций и корреляций, расчете и сопоставлении показатели относительной эффективности смесового жидкого топлива с традиционными. На основе выводов автором сформулированы практические рекомендации по применению результатов выполненного исследования.

Автореферат в полной мере отражает основные результаты исследований соискателя, представленные в диссертации.

В целом в диссертационной работе Ахметшина М.Р. материал исследований изложен достаточно ясно, качество ее оформления является удовлетворительным, но имеется ряд замечаний, а именно:

1. Во введении на рис 1.1 приведены данные по объемам переработки нефти, однако ни в тексте, ни в подрисуночной подписи не указано, что это относится к России. Ссылки на источник, из которых взята информация о объемах переработки некорректные, в них нет представленной информации.
2. В работе отсутствует обоснование выбора геометрических параметров камеры сгорания термического реактора (длина - 0.55 м и диаметр 0.05 м) и навески исследуемого композитного топлива (0.2-0.3 г). Простые оценки показывают, что для полного окисления топлива, в котором доля фильтр-кека «К» составляет 50% масс. требуется около 1.2 дм^3 воздуха, а из указанных размеров реактора следует, что его объем составляет всего $\sim 1.1 \text{ дм}^3$. Также в описании экспериментальной установки указано, что после ввода навески топлива отверстие реактора герметизировалось. Поэтому окисление различных композитных топлив может протекать в газовой среде с различным избытком (недостатком) окислителя, так как состав исследуемых топлив изменяется в зависимости от вида и доли его компонентов.

3. В описании установки отсутствует информация об интенсивности конвекции газовой среды в реакторе (величина объемного расход газа через пробоотборник газоанализатора), вызванной отбором пробы через газоанализатор, поскольку этот эффект может влиять на динамику протекания процесса горения в реакторе.
4. В диссертации ряд рисунков (например, на рис 3.2.- 3.10) оформлены с использованием подписей на английском языке, в том числе с опечатками (рис 3.2 «angle»), что мешает сопоставлению приведенной на рисунках информации с их описанием в тексте.
5. В тексте диссертации имеется множество опечаток и описок, например на стр. 68 указано, что H_2 и CO – это свободные радикалы, а также допущены в записи уравнений химических реакций (на стр. 61, 71, 77, 79, 105), а также ряд других опечаток и неточностей.
6. В тексте встречаются остатки редакторской правки в виде текстовых замечаний (стр. 83, 84, 119)
7. В тексте диссертации ссылки на литературные источники приведены не последовательно, а в случайном порядке, причем около 16% из списка приведенных источников совсем не упоминаются в тексте диссертации. Ряд одних и тех же источников указан в списке литературы несколько раз - [85]=[109]=[138], [65]=[160].
8. В диссертации отсутствует список использованных сокращений и обозначений, в ряде таблиц нет расшифровки аббревиатуры приведенных в них параметров.

Отмеченные замечания и недостатки не влияют на высокую положительную оценку диссертационной работы и не снижают научную и практическую значимость проведенных исследований.

Заключительная часть. На основании вышеизложенного можно сделать **закключение** о том, что диссертационная работа Ахметшина Марка Рустамовича «Снижение концентраций оксидов серы и азота при горении отходов нефтедобычи и нефтепереработки в составе композиционных жидких топлив» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в п. 2.1 Порядка присуждения ученым степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, а ее

автор Ахметшин Марк Рустамович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Я, Шмаков Андрей Геннадьевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
Доктор химических наук (специальность 1.3.17 - Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества),
Заведующий лабораторией кинетики процессов горения
Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского
Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

 Шмаков А.Г.

08 декабря 2023 г

630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, д. 3
Тел. (383) 333-33-46, +7(913)713-75-51
shmakov@kinetics.nsc.ru

Подпись Шмакова Андрея Геннадьевича заверяю:
Ученый секретарь ИХКГ СО РАН
к.ф.-м.н.

507
P.O.

 Пыряева А.П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского
Сибирского отделения Российской академии наук (ИХКГ СО РАН)
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, д. 3
Тел. (383) 330-91-50, факс (383) 330-73-50
admin@kinetics.nsc.ru, www.kinetics.nsc.ru