

ОТЗЫВ

официального оппонента Мазного Анатолия Сергеевича
на диссертационную работу Кропотовой Светланы Сергеевны
«ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗГОРАНИЯХ В ПОМЕЩЕНИЯХ»,
представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв,
физика экстремальных состояний вещества

Актуальность темы диссертационной работы Кропотовой Светланы Сергеевны связана с проблемой повышения эффективности систем пожаротушения и идентификации возгораний в зданиях и помещениях различных категорий.

Традиционно для обнаружения возгорания используются пожарные извещатели, которые срабатывают при превышении температуры в контролируемой зоне, образовании дыма, появления пламени. То есть обычно о нештатной ситуации мы узнаем, когда уже имеет место интенсивное дымообразование и распространение пламени по площади помещения, а ликвидация пожара начинается уже после его распространения на большие площади, соседние этажи и даже здания. В таком случае значительный ущерб от возгорания неизбежен. Известно, что время формирования опасных концентраций токсичных газов при пожаре занимает считанные минуты, и люди должны быть эвакуированы из зоны возгорания в кратчайшие сроки, что, к сожалению, не всегда удаётся осуществить. На сегодняшний день недостаточно экспериментальных и теоретических исследований, результаты которых могут быть использованы при описании процессов тепломассопереноса, предшествующих воспламенению горючих строительных и отделочных материалов, а также в системах оценки пожарной опасности. Поэтому критически важно унифицировать методы обнаружения возгораний, уйти от описательной основы к физическому обоснованию.

Работа соискателя посвящена изучению характеристик процесса термического разложения строительных и отделочных материалов на ранней стадии инициирования возгорания, что является фундаментальным шагом к выявлению механизмов формирования и распространения пожаров. Исследуемые соискателем методы и подходы к раннему обнаружению возгорания материалов, типично используемых в строительстве и отделке, является **актуальной** задачей как в области фундаментальных наук о горении, так и в области обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений.

Научная новизна и практическая значимость исследований

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

1. По результатам экспериментальных исследований получены зависимости коэффициентов теплопроводности, удельной теплоемкости, температуропроводности, энергии активации и предэкспоненциального множителя от размеров частиц и плотности слоя горючего материала.
2. При исследовании термокинетических констант показано, что наибольшие значения энергии активации зарегистрированы при минимальной плотности и максимальной дисперсности измельченного горючего материала.
3. Обоснована возможность идентификации очага возгорания и типа доминирующего в очаге материала по концентрациям газов в продуктах термического разложения и горения, а также по совокупности численных значений скоростей изменения температур и концентраций.
4. Сформулированы рекомендации по применению газоаналитического оборудования при идентификации продуктов термического разложения и пламенного горения материалов на ранних стадиях пожаров в помещениях с целью их эффективного подавления. Обосновано, что получение своевременной информации о доминирующем материале в очаге горения позволит определить условия подачи огнетушащей жидкости с рациональной плотностью орошения.
5. Установлены необходимые и достаточные для эффективного тушения разлагающихся материалов способы подачи воды и огнетушащих составов на её основе.

Научная новизна подтверждена публикациями в высокорейтинговых журналах.

Практическая значимость проведённых исследований состоит в получении результатов, являющихся основой для разработки новых и совершенствования применяющихся в настоящее время технологий, направленных на повышение пожарной безопасности зданий и сооружений. К ним относятся: технологии определения потенциально пожароопасных участков; интеллектуального обнаружения и тушения возгораний в зданиях и помещениях различного назначения; тушения пожаров тонкораспыленной водой.

Практическая значимость диссертации подтверждена полученными патентами и свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ. Разработана группа технических решений в области пожарной безопасности в виде способов ранней идентификации возгораний строительных и отделочных материалов в помещениях по характеристикам работы комбинации технических средств разного назначения: тепловые и дымовые пожарные извещатели, газоаналитическое и видеорегистрирующее оборудование, с использованием которых осуществляется контроль

изменения во времени концентраций CO, CO₂, O₂ и других компонентов газовой среды, а также температуры в зоне регистрации.

Обоснованность, достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов исследований основана на оценке систематических и случайных погрешностей проведенных измерений. Выполненное сравнение результатов экспериментальных исследований с известными данными других исследователей и результатами математического моделирования процессов тепломассопереноса, термического разложения и пламенного горения материалов, позволяет обосновать адекватность разработанных моделей и методик.

Анализ содержания диссертации

Диссертация изложена на 187 страницах, состоит из введения, 3 глав, основных результатов и выводов, списка литературы, включающего 167 наименований, содержит 31 таблицу, 42 рисунка и приложение.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, а также практическая и теоретическая значимость работы, научная новизна и достоверность результатов, личный вклад автора.

В первой главе проведен обзор литературных источников по теме исследования. Выделены основные нерешенные задачи в области раннего обнаружения возгораний в помещениях и определения пожароопасных свойств и характеристик горючих материалов.

Во второй главе приведены результаты экспериментального определения характеристик термического разложения материалов. Изучено влияние неоднородности структуры материала на его теплофизические характеристики и термокинетические константы термического разложения и окисления. Исследован состав газообразных продуктов термического разложения твердых материалов. Установлены отличия концентраций газов при горении материалов при температурах, типичных для пожаров в помещениях.

В третьей главе представлены результаты экспериментального определения концентраций компонентов продуктов термического разложения строительных и отделочных материалов с применением газоаналитических систем на основе лабораторных анализаторов, спектрометров и промышленных датчиков. Приведены результаты численных исследований процесса

термического разложения типичных строительных и отделочных материалов. Представлены результаты экспериментальных исследований процесса локализации термического разложения и горения материалов. Исследован газовый состав продуктов термического разложения и горения материалов при подаче в очаг возгорания огнетушащей жидкости. Оценена сравнительная эффективность воздействия группой огнетушащих составов на очаги с горючими материалами с учетом расхода, времени и загрязнения воздуха.

В заключении сформулированы основные результаты исследований.

В приложении представлены результаты интеллектуальной деятельности по теме диссертации.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Самое важное методологическое замечание к работе – некорректно представлены числовые значения полученных экспериментальных данных с точки зрения правил работы со значащими цифрами и округлением:

Во-первых. В работе для описания диапазонов измеренных или рассчитанных физических величин используется разное количество значащих цифр. Например, на странице 46 для древесины (сосна) (150 мкм) указан диапазон температуропроводности 0,00103-0,001. В первом числе три значащих цифры (103), а во втором – одна, и та единица. По всей видимости, в диссертационной работе неправомерно отброшены нули, которые являлись значащими цифрами.

Во-вторых. Согласно устоявшимся правилам обработки данных физических экспериментов, работу по определению количества необходимых значащих цифр и округлению требуется начинать с погрешностей. Например, согласно рисунка 2.2 плашка погрешности определения теплоёмкости составляет порядка 100–200 градусов. Согласно стандартам, число, для которого указывается допускаемое отклонение, должно иметь последнюю значащую цифру того же разряда, как и последняя значащая цифра отклонения. Достаточно было оставить одну или две значащие цифры в погрешности и записывать результат исходя из этого. Например, записи в Таблице 2.1 несут излишнее количество значащих цифр. Нельзя указывать теплопроводность с четырьмя значащими цифрами, например 2763 Дж/(кг·К), если погрешность определения составляет порядка 10^2 Дж/(кг·К). Эти три Дж/(кг·К) невозможно обосновать, достаточно было округлить значение до 2800 Дж/(кг·К). Другой пример – на странице 66 указано, что отклонение значений энергии активации составляет 14–21 кДж/моль, но в Таблице 2.6 приведены значения с двумя

значащими цифрами после запятой, например 44,22 кДж/моль. Это излишне, ибо погрешность данного значения составляет минимум 30%. И так по всей работе.

Данное замечание, в целом, не критично, ибо читатель сам округлит нужную ему величину и запишет в любом виде. Но соискателю рекомендуется ознакомиться с действующим стандартом СТ СЭВ 543-77 «Числа. Правила записи и округления» или работами по анализу и обработке экспериментальных данных, например хорошие труды выпущены сотрудниками Физического факультета МГУ Митина И.В. и Русакова В.С.

2. Неясно что подразумевается под термином «максимальная дисперсность» по отношению к измельчённому горючему материалу в разделе «Научная новизна работы».
3. Касательно корректности формулировки первого положения. Применено словосочетание «образец древесины», и указано что его теплопроводность возрастает с ростом размеров частиц материала. Вероятно, следовало использовать другой термин, например «образцов спрессованных частиц древесины», ибо «образец древесины» означает скорее некий целостный кусочек, выпиленный из цельного ствола дерева.
4. В пятом положении, вероятно, пропущено слово «возгорания» – «причину возгорания».
5. На странице 25 ошибочно указано, что тенденции совершенствования теплоизоляции заключаются в **снижении** пористости материала.
6. Недостаточно полно описана корректность применения метода лазерной вспышки для анализа столь сложных и неоднородных объектов как способная к пиролизу, тлению и горению спрессованная дисперсная органика. Может ли быть такое, что в момент вспышки происходит нечто похожее на лазерную абляцию, то есть имеет ли место резкий нагрев с бурным локальным газовыделением, что может привести к уносу части вещества с обработанной лазером поверхности?
7. На странице 46 указано, что нагрев материала приводит к увеличению теплопроводности воздуха, заполняющего поры материала, что в свою очередь увеличивает интенсивность передачи тепла в порах материала за счёт **излучения**. Прошу пояснить данный механизм.
8. В главе 2 обильно используются рассуждения о структуре укладки, о форме частиц и образуемым ими пор. К сожалению, не приведены изображения структур, например, полученные методами электронной или оптической микроскопии, компьютерной томографии или 2D

стереологии, без чего сложно воспринимать аргументацию обсуждаемых закономерностей.

9. В диссертации два рисунка 2.4 и нет рисунка 2.5 – имеет место опечатка в нумерации второго рисунка 2.4.
10. Со страницы 57 диссертации идёт обсуждение рассчитанных «истинных значений» теплофизических характеристик исследуемых горючих материалов. Под истинными значениями, по всей видимости, понимаются значения для беспористых материалов. Оппоненту кажется, что термин «истинные значения» несколько некорректен, поскольку имеет место расчёт данных величин по достаточно упрощённым моделям.
11. В таблицах 2.7 и 2.8 ошибочно не представлены данные для предэкспоненциального множителя k_1 – имеет место опечатка.
12. На странице 79 указано, что в экспериментах по концентрации компонентов продуктов термического разложения и горения материалов обеспечивался контроль коэффициента избытка воздуха вблизи значения 1,1, при этом не указано как именно это обеспечивалось.
13. На этой же странице указано, что в экспериментальной установке обеспечивался температурный режим с минимальными погрешностями порядка ± 1 Кельвин. Очень смелое заявление.
14. На странице 90 диссертации имеются рассуждения о степени деформации материала после завершения термического разложения, указано, что она может быть незначительна, либо существенна. Что под этим подразумевается.
15. Начиная с Таблицы 3.1 не пояснено, почему используется запись значений концентрации газообразных продуктов разложения через косую черту, например $0,02/9,7 \cdot 10^{-4}$ [г/г]. Множитель вида 10^x относится к обоим числам? Знак «/» – это деление?
16. Во втором выводе на странице 159 указано, что изучен состав продуктов термического разложения, в том числе, при варьировании типа огнезащитной обработки. Данные результаты по огнезащитной обработке известны из статей соискателя, но не представлены в тексте диссертации.

В целом, высказанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно заключить, что диссертация Кропотовой Светланы Сергеевны «Термическое разложение строительных и отделочных материалов при возгораниях в помещениях» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной и технологической задачи – определение необходимых условий для ранней идентификации и локализации термического разложения строительных и отделочных материалов на базе результатов экспериментальных исследований взаимосвязанных процессов тепломассопереноса при возгораниях в помещениях с разработкой практических рекомендаций по совершенствованию стратегий проведения противопожарных мероприятий.

Диссертационная работа С.С. Кропотовой имеет необходимую последовательность изложения и сбалансированную структуру, написана технически грамотным языком и соответствует паспорту специальности 1.3.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» по направлениям исследования «Закономерности и механизмы распространения, структура, параметры и устойчивость волн горения, детонации, взрывных и ударных волн; *связь химической и физической природы веществ и систем с их термохимическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения, взрывчатого превращения; термодинамика, термохимия и макрокинетика процессов горения и взрывчатого превращения*» (п. 7 паспорта специальности). Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертационной работы.

Основные материалы диссертации опубликованы в восьми статьях в рецензируемых научных изданиях, из них семь работ в периодических изданиях, индексируемых международными наукометрическими базами данных «Web of Science» и «Scopus», одна работа в рецензируемом российском научном издании. Кроме этого, результаты исследований опубликованы в виде семи докладов и тезисов в сборниках научных трудов конференций, одной коллективной монографии в издательстве СО РАН. Получены три патента на изобретения и два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

По совокупности полученных результатов, степени обоснованности научных положений, научной новизне и практической значимости диссертационная работа «Термическое разложение строительных и отделочных материалов при возгораниях в помещениях» полностью отвечает требованиям пп. 2.1, 2.2 «Порядка присуждения учёных степеней в Томском политехническом университете», предъявляемым к кандидатским диссертациям, поэтому её автор Кропотова Светлана Сергеевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Я, Мазной Анатолий Сергеевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в настоящем документе.

Официальный оппонент,

Заместитель директора по научной работе

ФГБУН Томский научный центр

Сибирского отделения Российской академии наук

Доктор технических наук

(специальность 01.04.14 – Теплофизика и
теоретическая теплотехника)

Мазной Анатолий Сергеевич

Почтовый адрес: 634055, г. Томск,

пр. Академический, д. 10/4

Адрес электронной почты:

a.maznoy@hq.tsc.ru

Подпись Мазного Анатолия Сергеевича

ЗАВЕРЯЮ

Главный учёный секретарь

ФГБУН Томский научный центр

Сибирского отделения Российской академии наук

Львов Олег Владимирович

«08» декабря 2023 г.

Полное наименование организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук

Юридический адрес: 634055, г. Томск, пр. Академический, д. 10/4

Тел.: +7 (3822) - 491-173. E-mail: prezid@hq.tsc.ru