

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Докучаевой Анастасии Игоревны на тему «Установление закономерностей термического разложения углей и критериев склонности к самовозгоранию», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэrogазодинамика и горная теплофизика»

Актуальность работы

Самонагревание и самовозгорание ископаемых углей, вызывающие эндогенные пожары, являются многопараметрическими физико-химическими процессами, в которых основная роль отводится тепло- и массопереносу как исходных материалов, так и продуктов реакции окисления. Данный вид пожара стабильно остается на втором месте, после экзогенного пожара, по величине наносимого ущерба.

Эти процессы, кроме снижения безопасности горных работ, наносят значительный материальный ущерб, иногда сравнимый со стоимостью основных фондов предприятий. В настоящее время разработаны и нашли широкое применение целый ряд теорий самовозгорания, основанных на использовании кинетики сорбции кислорода мелкофракционными классами углей разной степени метаморфизма и теплопередачи в разрушенном угле. Однако эти теории требуют значительной корректировки в случаях эндогенных пожаров, которые происходят в оставленных целиках, краевых частях угольных пластов, что обусловлено длительностью процесса самонагревания и компактностью угольной массы. Связано это с тем, что такие объекты сохраняют свою структуру, поскольку угольные целики в условиях предельного напряженно-деформированного состояния разрушаются на крупные блоки размерами, кратными мощности пласта. Краевые части ввиду частичной разгрузки от горного давления, как правило, переходят из состояния обобщенного сжатия в состояние обобщенного растяжения, что сопровождается значительным ростом проницаемости угля и формированием локальных зон за счет раскрытия природных и образования крупных техногенных трещин. При этом из-за нарушения сплошности угольного вещества и вмещающих пород возрастают фильтрационный поток воздуха и доступ кислорода к угльному веществу. Основным условием процесса перехода самонагревания в самовозгорание и формирования очага эндогенного пожара для таких объектов выступает температурный режим пласта, обусловленный реакцией окисления угля кислородом и теплопередачей в окружающие породы и атмосферу. Несмотря на значительные успехи в области изучения и разработки методов оценки склонности углей к самовозгоранию, все еще нет единого мнения о закономерностях и методе прогноза самовозгорания угля, что связано с влиянием многих факторов на механизм окисления и процессы термического

разложения угля. Методы определения склонности углей к самовозгоранию, применяемые в разных странах, разнообразны и имеют свои недостатки. Существующие на сегодняшний день приборы для термогравиметрического анализа (ТГА) позволяют проводить высокоточную и быструю оценку свойств и состояния углей при различных температурах. Некоторые исследователи отмечали возможность применения методов ТГА для определения склонности угля к самовозгоранию, но ни режимы исследования углей, ни конкретные показатели и критерии самовозгораемости установлены не были.

Поэтому установление закономерностей процессов термического разложения углей для определения их склонности к самовозгоранию методом ТГА является актуальной научно-практической задачей.

Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертационная работа изложена на 129 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 133 наименований, и одного приложения.

Первая глава посвящена анализу изученности проблемы самовозгорания угля. Отмечены основные теории и концепции самовозгорания угля, описан механизм окисления углей кислородом воздуха, причины и факторы самовозгорания угля. Показано, что причинами самовозгорания угля являются: способность угля вступать в реакцию с кислородом воздуха, наличие воздуха и накопление тепла в угле за счет процесса окисления с выделением тепла. При этом важным условием самовозгорания является то, что скорость накопления тепла должна превышать скорость его рассеивания. Описаны популярные в России и мире методы оценки склонности углей к самовозгоранию, отмечены их преимущества и недостатки. Отмечены главные недостатки метода оценки химической активности угля с помощью определения константы скорости сорбции кислорода, которые заключаются в длительности опыта, затрудненности воспроизведения результатов и их точности. Показано, что в отличие от других тепловых методов, на основании которых можно делать выводы лишь о тепловых свойствах угля, ТГА регистрирует изменение массы исследуемого угля и дает представление о реакциях, происходящих при нагревании.

Во второй главе приведено описание исследуемых проб углей, места отбора проб, технический анализ и др. Подробно рассмотрены методы определения склонности углей к самовозгоранию. Химическая активность углей по кислороду определялась с помощью расчета константы скорости сорбции кислорода углем. Получено, что метод является не показательным вблизи пороговых значений, характеризующих уголь как малоопасный или опасный по самовозгоранию. Оценивалось влияние вещественного состава углей на показатели химической активности по кислороду. Различия в поведении углей, склонных и не склонных к самовозгоранию, изучались при термическом разложении углей, а также по неоднородности микроструктуры. Приведено обоснование применения метода ТГА при определении склонности углей к самовозгоранию, выделены проблемы применения метода в настоящее время, которые заключаются в отсутствии единого представления о ТГ-

параметре, характеризующем склонность к самовозгоранию. Проведены предварительные исследования проб каменных и древесных углей на приборе TGA-701 фирмы Leco для изучения процессов термического разложения образцов при медленном нагреве со скоростью 1 °C/мин в диапазоне температур от 80 до 130 °C. Из исследований получено, что конечную температуру скорость нагрева следует увеличить для фиксирования процесса сорбции кислорода.

Третья глава посвящена разработке методики лабораторного исследования склонности углей к самовозгоранию методом ТГА. Описано исследование нагревания углей при постоянной температуре 120 °C с доступом кислорода в нагревательной печи. Показано, что по завершении эксперимента в образцах угля, склонного к самовозгоранию, не зафиксировано ни увеличение массы за счет сорбции кислорода, ни возгорания. Было проведено изучение влияния скорости нагрева и фракции образца угля на результаты, выбор и обоснование конечной температуры нагрева. Получено, что при скорости нагрева 3 °C/мин происходит более равномерное распределение температуры угля в тигле. На основании полученных в третьей главе результатов установлены режимы анализа и разработана методика определения склонности углей к самовозгоранию методом ТГА. Получено, что данные по изменению массы и температурной зоне могут быть применены для разделения углей по склонности к самовозгоранию.

В четвертой главе описаны закономерности термического разложения углей в низкотемпературной области, обоснован выбор ТГ-показателей самовозгораемости угля и выведены критерии для классификации углей по склонности к самовозгоранию. Получено, что для склонных к самовозгоранию углей характерен более крутой наклон ТГ-кривой при температурах 120–350 °C. Из предлагаемых ранее температур, способных характеризовать химическую активность углей, обоснована температура начала реакции окисления ($T_{\text{нач}}$). Критерии для разделения углей по склонности к самовозгоранию, а именно величина прироста массы и температура начала реакции окисления, опробованы на пробах кузнецких углей.

Степень обоснованности научных положений

Первое научное положение «Характерный вид термогравиметрических кривых, обусловленный приростом массы в низкотемпературной области...» обосновано серией экспериментов, полученных методом ТГА, литературным обзором ранее проводимых методом ТГА исследований, а также анализом проб углей, проведенных на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6610LV для определения неоднородности микроструктуры угля и рентгеновском дифрактометре XRD 7000 «SHIMADZU» для определения состава минеральной составляющей угля.

Второе научное положение «Разработанная методика лабораторных исследований углей в зоне низкотемпературного разогрева до 500 °C с учетом обоснованного режима нагрева углей со скоростью 3 °C/мин позволяет...» подтверждено проведенными экспериментами. На основании исследований углей методом ТГА получено, что нагрев до 1000 °C проводить

нецелесообразно, так как представляющая интерес реакция окисления для исследуемых проб углей завершается до 500 °С. Методом математического моделирования получены распределения температуры в исследуемых углях при разных режимах нагревания, показавшие, что при скорости 3 °С/мин происходит более равномерное распределение температуры в тигле с образцом и разница температур в центре образца и вблизи стенок тигля не превышает 2 °С.

Третье положение, основанное на экспериментах, показывает закономерности термического разложения углей в диапазоне температур 120–350 °С, которые позволяют оценить склонность к самовозгоранию углей одной степени метаморфизма.

Четвертое положение об установленных критериях, характерных для склонных и не склонных к самовозгоранию углей, подтверждено экспериментально и позволяет оценить количественно к какой группе склонности к самовозгоранию следует отнести угли.

Основная новизна работы: впервые обосновано применении метода ТГА для определения склонности углей к самовозгоранию по установленным особенностям и закономерностям протекания термического разложения для углей разной степени самовозгораемости и получении критериев разделения на склонные и не склонные к самовозгоранию.

Практическое и научное значение работы.

В целом результаты исследований и установленные на их основе закономерности позволили разработать критерии и обосновать метод определения склонности углей к самовозгоранию методом ТГА.

Научное значение работы: впервые установлена степень изменения термогравиметрических кривых, обусловленных приростом массы при поглощении кислорода в низкотемпературной области, различающаяся для углей, склонных и не склонных к самовозгоранию.

Замечания по содержанию работы

По диссертационной работе есть ряд замечаний:

1. Для прогноза возможного самовозгорания угля необходимо выйти на определение инкубационного периода самовозгорания. В работе об этом ничего не сказано.

2. В автореферате и диссертации отсутствуют сведения о внедрении разработанной методики.

3. Из представленной работы неясно, при какой степени изменения концентрации водородсодержащих компонент в угле (физически и химически связанной воды, метана и летучих) требуются уточнения критериев самовозгорания.

4. В автореферате и диссертации не приведен расчетный экономический эффект от внедрения разработанных результатов работы.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку рассмотренной диссертационной работы, качество проведенных исследований, научную и практическую ценность работы.

Заключение

Представленная диссертация Докучаевой Анастасии Игоревны «Установление закономерностей термического разложения углей и критериев склонности к самовозгоранию» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-практическая задача обоснования критериев разделения углей по склонности к самовозгоранию, определенных методом термогравиметрического анализа, на основе установленных автором закономерностей термического разложения углей в низкотемпературной области, что является важным для определения опасности самовозгорания угля.

Содержание диссертации достаточно полно отражено в автореферате и 15 публикациях автора (5 из которых опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК). Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Докучаева Анастасия Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Ученый секретарь

ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России»,
кандидат технических наук

Смир

И.Г. Старикова

e-mail: ir-starik@yandex.ru, Тел.: +7 (949) 332-12-36

ФГКУ «Научно-исследовательский институт «Респиратор» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Подпись Старицкой Ирины Геннадиевны удостоверяю,

*заместитель начальника
отдела кадров ФГКУ
«НИИ «Респиратор» МЧС России»*



Е.А. Золотова

«27» апреля 2024 года.