

Сведения о выполненных работах  
в период с 27.07.2021 г. по 30.06.2022 г.

по проекту «**Фундаментальные и прикладные исследования процессов распространения горения и взрыва в газозвеси угольной пыли**»,  
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 21-71-10034

Руководитель: Моисеева Ксения Михайловна, канд. физ.-мат. наук

На первом этапе выполнения проекта разработаны физико-математические модели, численные алгоритмы, программы реализации численных алгоритмов для исследования закономерностей распространения пламени в газозвеси угольной пыли. Разработаны подходы, позволяющие 1) решать задачу ламинарного распространения пламени в газозвеси угольной пыли в одномерной и двухмерной постановке задачи с целью подробного исследования особенностей поведения пламени на этапе ламинарного горения; 2) решать задачу о распространении ударной волны в выработке при наличии взрыва метана с использованием в качестве входного параметра скорости горения газозвеси; 3) исследовать закономерности распространения пламени в масштабах лабораторной установки с использованием двухмасштабного подхода к моделированию горения газозвеси (масштаб ламинарного горения - масштаб установки); 4) учитывать неоднородность распределения температуры внутри частицы при распространении пламени в газозвеси (двухмасштабная модель, масштаб частицы - масштаб газозвеси). Проведены эксперименты в ВостНИИ, г. Кемерово и Институте гидродинамики СО РАН, г. Новосибирск с целью определения характеристик распространения пламени газозвеси угольной пыли в условиях сферического объема и ударной трубы.

По результатам выполненных работ 1) определены закономерности движения частиц пыли по каналу с учетом высоко- и низкоскоростных газодинамических процессов. Выполнены расчеты распространения ударной волны при наличии горения угольной пыли и метана в канале. Определено влияние подъема пыли со стенок на скорость распространения пламени в угле-метано-воздушной смеси при скоростях движения газа много меньших скорости ударной волны. Показано, что для смесей с высоким содержанием метана высокая концентрация витающей пыли приводит к замедлению пламени. Отрыв частиц от стенок канала также замедляет пламя. 2) Определены закономерности процессов воспламенения газозвеси в зависимости от параметров газозвеси (содержание метана или иного реагирующего газа в воздухе, размер, массовая концентрация, дисперсность угольной пыли, отложение пыли на стенках канала в окрестностях источника воспламенения). Показано, что наличие небольшого количества метана в воздухе со взвесью угольной пыли увеличивает скорость распространения пламени в аэрозвеси угольной пыли. Увеличение размера частиц угольной пыли в бедной метано-воздушной смеси неоднозначно влияет на скорость распространения пламени: приводит к уменьшению скорости пламени при малых концентрациях угольной пыли и к увеличению при

больших концентрациях. Скорость горения взвеси угольной пыли в бедных метано-воздушной и пропано-воздушной смеси при одинаковых значениях избытка горючего в газе отличаются незначительно. Определены пределы применимости представленной модели горения угле-метано-воздушной смеси. 3) Определены диапазоны изменения давления, а также скорость нарастания давления в замкнутом сферическом объеме при горении аэрозвеси угольной пыли заданного состава. 4) Проведено сравнение результатов расчета скорости пламени в угле-метано-воздушной смеси по двум моделям – с учетом и без учета неоднородности распределения температуры в частицах. Сравнение показало существенное отличие в значениях расчетно-теоретической скорости фронта горения для быстрогорящих составов газозвесей. Для медленно горящих газозвесей такое отличие уменьшается. Разработанная модель объясняет смещение максимума скорости распространения пламени в угле-метано-воздушной смеси в сторону избытка горючего в воздухе. 5) Выполнено численное исследование закономерностей распространения пламени в метано-воздушной и пропано-воздушной смесях при горении в цилиндрическом канале. Показано, что видимая скорость распространения пламени газа в узком закрытом канале имеет несколько пиков, связанных с продвижением пламени по каналу. В частности, первый пик для смеси любого состава возникает при достижении пламенем боковых стенок канала. Второй пик возможен в отраженной волне за счет прихода в зону пламени дополнительной энергии и дополнительных несгоревших компонентов газа. Выполнено численное исследование характеристик распространения пламени угле-метано-воздушной смеси в цилиндрическом канале с закрытым и открытым правым торцом в двухмерном осесимметричном приближении. Из численного решения задачи определена динамика распространения пламени в зависимости от состава смеси. Показано, что пламя достигает стенок канала и вытягивается вдоль осевого направления. Скорость распространения пламени угле-метано-воздушной смеси после достижения фронтом горения стенок канала увеличивается. Показано, что для выбранной протяженности канала скорость распространения пламени в канале с закрытым правым торцом выше скорости распространения пламени в открытом канале. Согласно полученным результатам для скорости распространения пламени реализуется несколько максимумов, связанных с установлением пламени. Первый максимум, как указано выше, связан с достижением фронтом горения стенок канала, второй максимум связан с приближением пламени к правому торцу канала.

Подготовлено 3 статьи в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus/WoS, сделано 12 докладов на 5 научных конференциях.