

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-3.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/80TVN317.pdf>

Статья опубликована 04.07.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Шаповал А.Ф., Куриленко Н.И., Аксенов Б.Г., Степанов О.А., Моисеев Б.В. Исследование горения газодисперсных систем // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017)

<http://naukovedenie.ru/PDF/80TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 622.276.622.279.001 (571.12)

Шаповал Анатолий Филиппович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень¹

Научный консультант кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция»

Доктор технических наук

Профессор, член-корреспондент РААСН

E-mail: Conf_nauka@tyuiu.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=779162

Куриленко Николай Ильич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Научный консультант кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция»

Кандидат физико-математических наук

Старший научный сотрудник

E-mail: kurilenkoni@tyuiu.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=556267

Аксенов Борис Гаврилович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Заведующий кафедрой «Математика»

Доктор физико-математических наук

Профессор

E-mail: aksenovbg@tyuiu.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=517757

Степанов Олег Андреевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Заведующий кафедрой «Промышленной теплоэнергетики»

Доктор технических наук

Профессор

E-mail: stepanovoa@tyuiu.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=650951

Моисеев Борис Вениаминович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Россия, Тюмень

Научный консультант кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов»

Доктор технических наук

Профессор

E-mail: moiseevbv@tyuiu.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=386892

¹ 625000, Тюменская обл., г. Тюмень, ул. Володарского 38, к. 337а

Исследование горения газодисперсных систем

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований образования и воспламенения материалов с высокой теплотворной способностью - газодисперсных систем. Целью проводимых исследований является изучение концентрационных пределов воспламенения и распространения фронта пламени в местах образования газодисперсных материалов, что позволит в дальнейшем исключить их воспламенение и взрывы в помещениях.

В результате исследований выявлено, что распространение пламени во взвешенных в потоке газа металлических частицах возможно лишь при таких концентрациях порошка, при которых ширина зоны горения не меньше среднего расстояния между частицами порошка. Также отмечено, что в отличие от газовых смесей, где ввиду однородности горючего и окислителя концентрационные пределы определяются без особых затруднений, в случае газодисперсных систем концентрация твёрдой компоненты меняется во времени, и создание облака с равномерной концентрацией частиц затруднено.

Ключевые слова: эксперимент; газодисперсная система; пылегазовый поток; полидисперсный порошок; гранулометрический состав; распространение фронта пламени; концентрационные пределы

В настоящее время в промышленности получило широкое применение производство дисперсных материалов. Такое производство порождает продуцирование газодисперсных систем, при наличии инициатора данные системы способны воспламеняться и взрываться в помещениях.

В данной статье приводятся результаты исследования образования и воспламенения материалов с высокой теплотворной способностью. Целью проводимых исследований является изучение концентрационных пределов (к.п.) воспламенения и распространения фронта пламени в местах образования газодисперсных материалов, что позволит в дальнейшем исключить возникновение неуправляемых ситуаций.

До настоящего времени распространение фронта пламени в ламинарных пылегазовых потоках изучено недостаточно. Для исследователей большой интерес представляет процесс горения и распространение пламени в трубопроводах. Необходимость как теоретических, так и экспериментальных исследований горения взвешенных в потоке газа металлических частиц не вызывает сомнений. При воспламенении горючей металлопорошковой смеси у открытого конца трубы (в экспериментальной установке она прозрачная) а движение фронта пламени сначала имеет равномерный характер, т.е. скорость распространения пламени постоянна для данной смеси при постоянном давлении и температуре. Если скорость движения фронта пламени равна скорости движения горючей смеси, то пламя стабильно. Но, как известно из практики, из-за местных колебаний потока горючей смеси стабильность пламени нарушается [4, 7]. Стабилизация пламени при ламинарных и турбулентных потоках представляет большой интерес и в большинстве случаев осуществляется фиксированным источником непрерывного воспламенения горючей смеси продуктами сгорания.

Исследованию процессов горения порошково-воздушных потоков в трубах посвящено в настоящее время недостаточное количество публикаций. Авторы изучали процессы горения при различных концентрациях порошка в смеси в трубе с ламинарным потоком. В результате экспериментальных исследований была зафиксирована скорость движения фронта пламени при различных концентрациях. В применяемой авторами экспериментальной установке (рис. 1) вблизи источника зажигания установлен электроклапан, что приводит к турбулизации

двухкомпонентного потока при проходе в узком пространстве между стенками трубы и клапаном. Ламинизировать поток на пути движения к воспламенителю на таком расстоянии не представляется возможным.

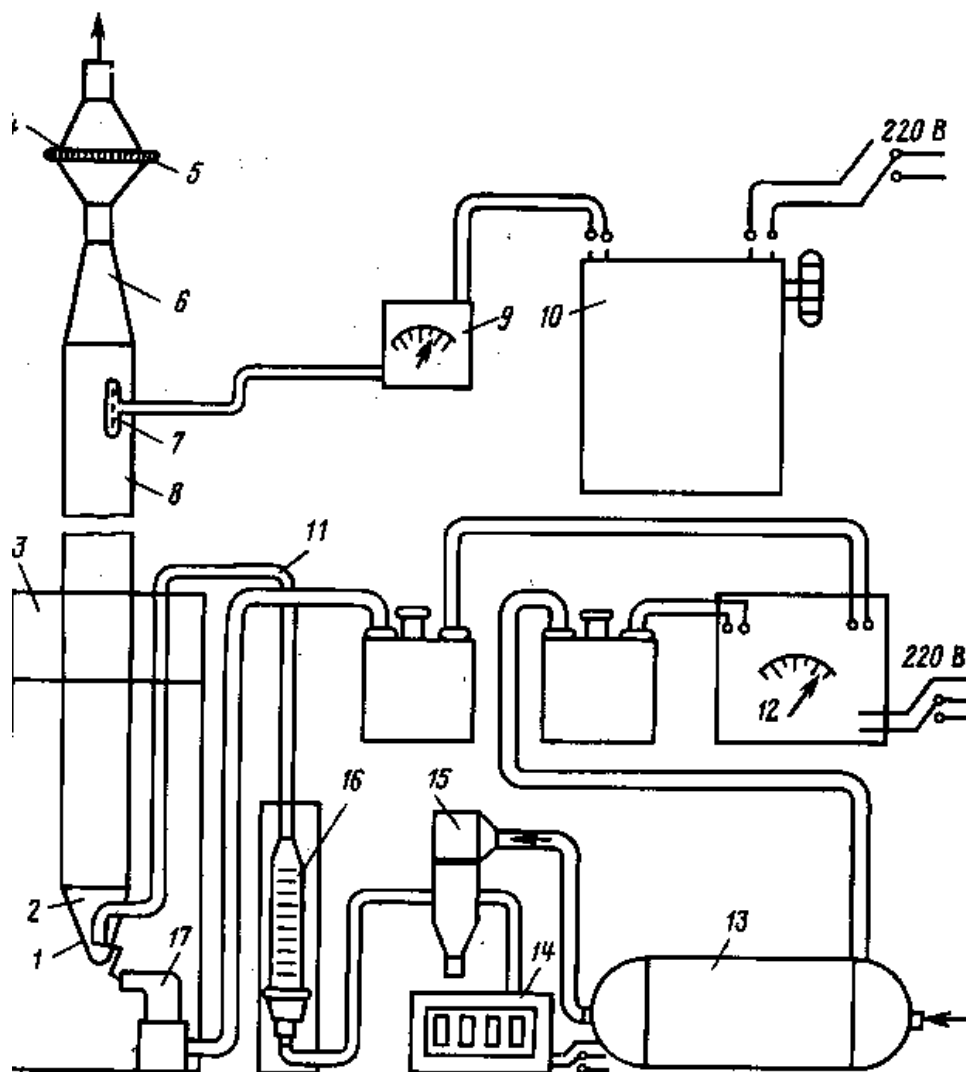
В разработанной авторами методике экспериментального определения предельной концентрации и критической скорости распространения пламени в порошковоздушных потоках с частицами менее 50 мк используется эффект сепарации частиц в вертикальных трубах с ламинарным потоком воздуха с последующим воспламенением и контролем запылённости порошково-воздушного потока, приведённый в работе [1, 8, 9].

Полидисперсный порошок засыпается в ёмкость-питатель. Загруженная порошком ёмкость герметично вставляется в нижнюю часть вертикальной сепарационной трубы, закреплённой в каркасе. При прохождении определённого количества воздуха через слой порошка создаётся кипящий слой [2, 3, 6]. Для предотвращения образования слоя полидисперсного порошка на стенках питающего устройства, устанавливается вибратор ударного действия с пластмассовым ударником, обороты которого измеряются с помощью автотрансформатора. Изменяя объём воздуха, который нагнетается в установку, можно выделить частицы со скоростью витания, не превышающей максимальной скорости движения газа в поперечном сечении трубы на высоте, где порошково-воздушный поток становится стабильным. Воздух, нагнетаемый в систему, контролируется ротаметром. Объём воздуха в установке регулируется с помощью автотрансформатора за счёт изменения напряжения и, соответственно, оборотов ротора нагнетающего устройства. Для предотвращения флуктуации напряжения в системе имеет место быть стабилизатор напряжения. Двухкомпонентный поток, который образуется над кипящим слоем, поступает по трубе к источнику зажигания, длина которого назначается по условиям устойчивости распределения скоростей в поперечном сечении трубы. В качестве инициатора воспламенения принята нихромовая спираль. Электрическая схема позволяет изменить температуру спирали в широком диапазоне за счёт изменения посредством автотрансформатора силы тока, контролируемой амперметром, рис. 1.

Предлагаемая методика предусматривает образование самовоспламеняющейся порошковогазовой смеси с фронтом пламени, положение которого не зависит от изменения концентрации и критической скорости распространения фронта пламени. Методика позволяет изучать кинетику изменения концентрации порошка в реакционной трубе и выполнять седиментометрический анализ исследуемой фракции порошка [3, 10]. Для каждой исследуемой фракции порошка экспериментально определяли величину навески и расход воздуха. После подготовки установки к работе включается источник зажигания, нагнетающее устройство, вибратор и, через определённый интервал времени, задаваемый программным реле, включается подача воздуха в питающее устройство.

Первоначально для определения предельных величин частиц порошка и критической скорости распространения фронта пламени использовали смесь с концентрацией порошка 800 - 500 мг/л. Воспламенение происходило практически мгновенно при попадании порошково-воздушного облака в зону расположения источника зажигания. При уменьшении скорости движения потока скорость распространения фронта пламени становится больше скорости движения потока. В этом случае фронт пламени приближается к источнику зажигания. При уменьшении концентрации до некоторой величины, когда отвод теплоты превышает приход теплоты в зону, прилегающую к фронту пламени, пламя затухает.

В каждом новом опыте прозрачная труба продувалась сжатым воздухом, а в ёмкость-питатель засыпалась новая порция исходного порошка.



1 - исходный порошок; 2 - ёмкость-питатель; 3 - каркас; 4 - фильтр; 5 - патрон для фильтра; 6 - переходник; 7 - поджигающее устройство; 8 - прозрачная труба; 9 - амперметр; 10 - автотрансформатор; 11 - воздуховод; 12 - стабилизатор; 13 - устройство для нагнетания воздуха; 14 - реле времени; 15 - электроклапан; 16 - ротаметр; 17 - вибратор

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

Для регулировки изменения концентрации порошка во времени к вертикальной трубе герметично подключается пылесосное устройство. Время отбора проб назначали на основании эксперимента, изменяя интервал выдержки программного реле, предварительно определив период от момента включения до момента. Когда пылевоздушное облако приближается к заборному устройству. При включении экспериментальной установки из-за инерционности устройства для нагнетания воздуха наблюдается флуктуация времени от начала пуска нагнетательного устройства до начала фонтанирования, что, в свою очередь, отражается на результатах контроля концентрации. Во избежание больших погрешностей при определении скорости выноса частиц из исходного материала на воздуховоде установлен электроклапан, который обеспечивает стабильную работу устройства для нагнетания воздуха. В ёмкость-питатель засыпается такое количество порошка, которое при включении электроклапана практически сразу начинает фонтанировать [2, 11].

Отделение твёрдой фазы от газовой фазы осуществляли фильтром АКФА-Г8, который вставляли в пылесосное устройство. Вес порошка определялся по разности весов

чистого и запылённого фильтра. Время отбора количества порошка, необходимого для проведения одного опыта, фиксировалось программным реле времени, которое регулировало подачу двухкомпонентного потока в течение одной минуты включением и выключением электромагнитного клапана. Для всех исследованных порошков наблюдается одинаковый характер формирования необходимой порции порошка из исходного материала. Время формирования порции с заданной фракцией для различных порошков отличается, что объясняется различным процентным содержанием по весу в исходном порошке выносимых фракций [2, 5].

Распространение пламени во взвешенных в потоке газа металлических частицах возможно лишь при таких концентрациях порошка, при которых ширина зоны горения не меньше среднего расстояния между частицами порошка.

В отличие от газовых смесей, где ввиду однородности горючего и окислителя концентрационные пределы определяются без особых затруднений, в случае газодисперсных систем концентрация твёрдой компоненты меняется во времени, и создание облака с равномерной концентрацией частиц затруднено.

В данной работе при определении н.к.п. исследуемых порошков за искомую концентрацию принималась максимальная фактическая концентрация в зоне расположения источника зажигания в процессе распыления порошка.

Максимальную величину н.к.п., полученную при исследовании порошков, имели порошки алюминия и сплавов на его основе: АЖХС (100 мг/л) и ПА (120 мг/л). Минимальное значение н.к.п. имеет магний сферический (20 мг/л).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаповал А.Ф. О методе определения скорости распространения пламени в запылённых потоках в области критической концентрации. Сб. «Физика аэродисперсных систем». Изд. «Вища школа», В.9. Киев, 1973 г.
2. Шаповал А.Ф. и др. Особенности строительства объектов в нефтегазовых районах Западной Сибири. М., Недра, 1996.
3. Фигуровский Н.А. Седиментометрический анализ. М.-Л.; изд. АН СССР, 1948 г.
4. Дьяченко, Ю.В. Исследование термодинамических циклов воздушно-холодильных машин: монография. - Новосибирск: изд-во НГТУ, 2006. - 404с. ISBN 5-7782-0653-4.
5. Морозюк, Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов. - Одесса: Студия «Негоциант», 2006. - 712 с.
6. Zhang Z. Energy performance optimization of combined Brayton and two parallel inverse Brayton cycles with regeneration before the inverse cycle / Z. Zhang, L. Chen, F. Sun // Scientia Iranica B (2012), Vol. 19 (5), pp. 1279-1287.
7. Staudt, J.E., and L.M. Lidsky, "An MGR Brayton Cycle Power Plant Design", Paper 879154, Proceedings of 22nd IECEC, Vol. 3, pp. 1549-1554.
8. Логинов, В.С. Термодинамический анализ и сравнительная оценка цикла Брайтона / В.С. Логинов // Изв. вузов. Энергетика. - 1987. - № 4. - С. 34-39.
9. Алтухов, С.М., Румянцев, В.А. Мембранные компрессоры. - М.: Изд-во «Машиностроение», 1967. - 128 с.
10. Кутателадзе, С.С. Справочник по теплопередаче / С.С. Кутателадзе, В.М. Боришанский. - М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. - 414 с.

Shapowal Anatoly Fillipovich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: Conf_nauka@tyuiu.ru

Kurilenko Nikolay Ilyich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: kurilenkoni@tyuiu.ru

Aksenov Boris Gavrilovich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: aksenovbg@tyuiu.ru

Stepanov Oleg Andreevich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: stepanovoa@tyuiu.ru

Moiseev Boris Veniaminovich

Industrial university of Tyumen, Russia, Tyumen
E-mail: moiseevbv@tyuiu.ru

The complex of actions for studying the combustion of gas-dispersed systems

Abstract. In article results of research of formation and the ignition of materials with high calorific value - gas-dispersed systems. Are given the purpose of the research is to study the flammability limits and flame front propagation at the sites of the gas-dispersed materials that will allow to avoid ignition and explosions in buildings in the future.

As a result of the research, it was revealed, that flame propagation in metal particles suspended in the gas flow is possible only at such concentrations of powder, at which the width of combustion zone is not less than the average distance between the powder particles. Also it is noted, that unlike gas mixtures, in which because of homogeneity of fuel and oxidant the concentration limits are defined without specific difficulties, in the case of gas-dispersed systems the concentration of solid component is changing over time, and formation of cloud with homogeneous concentration of particles is complicated.

Keywords: experiment; gas-dispersed system; dust-gas flow; a polydisperse powder; particle size distribution; flame front propagation; concentration limits