

*А.А. Антошкин, НУГЗУ,
В.И. Галица, к.т.н., НТУ «ХПИ»,
А.Н. Литвяк, к.т.н., доцент, НУГЗУ*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ОГNETУШАЩЕГО АЭРОЗОЛЯ

(представлено д.т.н. Абрамовым Ю.А.)

Представлены результаты экспериментального исследования влияния электростатического поля на скорость осаждения огнетушащего аэрозоля.

Ключевые слова: автоматическая система аэрозольного пожаротушения, генератор огнетушащего аэрозоля, аэрозолеобразующий состав, газоздушная среда, скорость осаждения аэрозоля.

Постановка проблемы. После срабатывания генератора огнетушащего аэрозоля атмосфера в помещении долгое время остается непригодной для дыхания. Принимая во внимание жесткие требования [1] по степени негерметичности помещений, защищаемых аэрозольными установками пожаротушения, восстановление нормальных условий проветриванием займет слишком много времени. Использование дымососов для удаления огнетушащего аэрозоля (ОА) потребует установки на них фильтров для предотвращения выброса мелкодисперсной взвеси в атмосферу и оседания ее на прилегающей территории.

Таким образом, существует проблема исследования способов увеличения скорости осаждения частиц аэрозоля в замкнутых объемах. Проблема становится еще более актуальной для случаев, когда проветривание объемов вообще невозможно.

Анализ последних исследований и публикаций. При исследовании горения аэрозолеобразующих составов (АОС) основное внимание уделялось определению избыточного давления в помещении и решению проблемы высокой температуры сгорания АОС [2, 3, 4].

Вопросы влияния внешних полей на скорость осаждения угольной пыли исследовались в [5,6]. Основное внимание уделено исследованию влияния ультразвукового поля. Исследований влияния электростатического поля на скорость осаждения ОА не проводилось. Результаты численного расчета влияния электростатических сил на осаждение заряженных частиц представлены в [7]. Полученные результаты сравнивались с известными аналитическими решениями.

Таким образом исследование способов увеличения скорости осаждения ОА до сих пор остается проблемой.

Постановка задачи и ее решение. Задачей данной работы является исследование влияния электростатического поля на скорость осаждения ОА.

В качестве объекта исследования был выбран замкнутый объем высотой 485 мм, шириной 460 мм и длиной 500 мм. В этом объеме сжигались аэрозолеобразующие заряды Е-1 разной массы, создавалась раз-

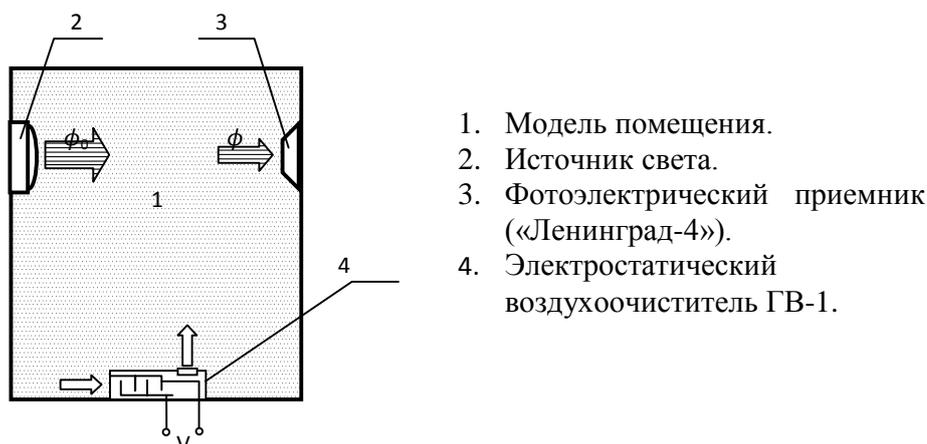
личная концентрация ОА и исследовалась скорость осаждения ОА гравитационным методом и электростатическим методом.

Для исследования влияния электростатического поля на скорость осаждения ОА внутрь объекта был помещен разработанный электростатический прибор ГВ-1 (рис. 1) с электростатическими пластинами общей площадью 12032мм^2 , на которые подавалось напряжение 20кВ . Через пластины прокачивалась газоздушная среда с начальной скоростью 2м/с , через выходное отверстие площадью 500мм^2 .



Рис. 1. Электростатический прибор ГВ-1

Схема экспериментальной установки показана на рис. 2.



1. Модель помещения.
2. Источник света.
3. Фотоэлектрический приемник («Ленинград-4»).
4. Электростатический воздухоочиститель ГВ-1.

Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Концентрация ОА в эксперименте определялась оптическим методом. Согласно закону Ламберта-Бера

$$\phi = \phi_0 \cdot e^{-k c_a l}, \quad (1)$$

где $\phi_0 = 420, \text{ мВ}$ – эквивалент интенсивности светового потока излучателя в прозрачной среде; ϕ – эквивалент интенсивности светового потока в запыленной среде, мВ ; k – коэффициент, учитывающий оптические свойства газоздушной среды; c_a – концентрация взвешенных частиц; l – расстояние между излучателем и приемником.

Начальную концентрацию ОА можно определить по формуле

$$c_{a_0} = \frac{\beta_0 M_a}{V_0}, \quad (2)$$

где M_a – исходная масса АОС, мг; $\beta_0=0,7$ – доля массы АОС, идущая на генерацию газов; $V_0=0,112$ – объем модели помещения, м³.

Из совместного решения уравнений 1 и 2 получим

$$c_a = \frac{c_{a_0} \cdot \ln\left(\frac{\phi_0}{\phi}\right)}{\ln\left(\frac{\phi_0}{\phi_{a_0}}\right)}. \quad (3)$$

В ходе выполнения работы было запланировано проведение 4-х экспериментов: эксперимент 1 – масса аэрозоля 2,5 г, эксперимент 2 – масса аэрозоля 1,5 г, эксперимент 3 – масса аэрозоля 2,0 г, эксперимент 4 – масса аэрозоля 1,0 г.

После сжигания АОС показания ФЭП фиксировались с шагом 1 минута. Первые 10 мин осаждение ОА происходило под действием гравитации, последующие 10 мин осаждение ОА происходило с использованием электростатического прибора ГВ–1.

Протокол эксперимента представлен в табл. 1.

Табл. 1. Протокол эксперимента

t, мин	ϕ , мВ	C_1 , мг/м ³	ϕ , мВ	C_2 , мг/м ³	ϕ , мВ	C_3 , мг/м ³	ϕ , мВ	C_4 , мг/м ³
0	306	15625,0	297	12500,0	299	9375,0	313	6250,00
1	306	15625,0	309	11071,2	310	8378,2	317	5980,094
2	308	15303,6	311	10838,5	314	8024,5	318	5913,15
3	310	14984,2	317	10149,2	316	7849,4	328	5255,055
4	316	14038,3	321	9696,8	321	7416,3	330	5125,846
5	319	13572,1	325	9250,1	325	7074,6	333	4933,494
6	323	12957,2	328	8918,7	329	6737,1	336	4742,867
7	326	12501,1	331	8590,2	333	6403,7	342	4366,666
8	330	11899,3	335	8156,9	337	6074,3	343	4304,608
9	335	11157,3	340	7622,5	341	5748,8	345	4181,034
10	343	9992,9	345	7095,9	345	5427,0	349	3936,019
10	343	9992,9	345	7095,9	345	5427,0	349	3936,019
11	349	9137,2	358	5761,6	357	4483,7	360	3276,439
12	358	7880,9	364	5162,0	363	4023,9	366	2925,112
13	367	6655,8	372	4377,8	369	3571,6	371	2636,712
14	373	5855,7	379	3705,3	375	3126,6	377	2295,719
15	379	5068,3	384	3232,6	379	2833,9	383	1960,11
16	384	4421,6	388	2858,7	393	1833,1	388	1684,428
17	388	3910,3	392	2488,8	387	2257,6	391	1520,719
18	392	3404,2	395	2213,7	390	2044,6	394	1358,261
19	395	3028,0	398	1940,8	398	1484,4	397	1197,036
20	397	2778,8	400	1760,0	400	1346,1	400,0	1037,024

По формуле (3) определялась концентрация АОС. Изменение концентрации огнетушащего аэрозоля в зависимости от времени показано на рис. 3.

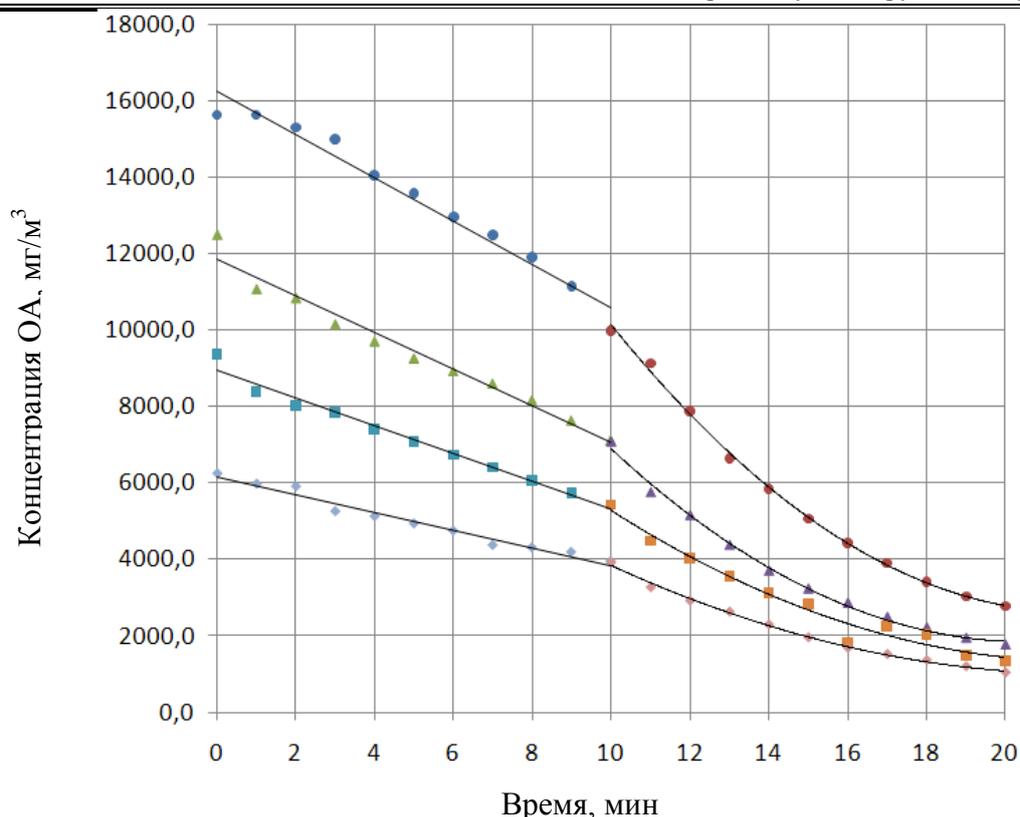


Рис. 3. Изменение концентрации огнегасящего аэрозоля

Из полученных данных (рис. 3, первые 10 минут) видно, что при осаждении ОА гравитационным методом концентрация изменяется линейно. Данный результат соответствует данным, полученным в [5, 6]. При включении электростатического поля через 10 минут гравитационного осаждения (рис.2, после 10-й минуты) скорость осаждения ОА увеличивается в (1,3-1,7) раза. Однако через 5 минут после включения ГВ-1 (15-я минута на рис.2) скорость осаждения ОА на пластинах уменьшается, что связано с загрязнением выходной решетки прибора.

Выводы. Полученные результаты показывают, что для принятых условий эксперимента скорость осаждения АОС увеличивается при включении ГВ-1 примерно в 1,3-1,7 раза, по сравнению с гравитационным способом. Через 5 минут после включения ГВ-1 скорость осаждения ОА на пластинах уменьшается, что связано с загрязнением выходной решетки прибора.

Выявлено, что наиболее интенсивно пыль оседает на электростатических пластинах в областях завихрений, образованными входной решеткой. Для установления основных закономерностей влияния электростатического поля на скорость осаждения АОС требуются дальнейшие исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожежна техніка. Установки автоматичні аерозольного пожежогасіння. Проектування, монтування та експлуатування: ДСТУ 4490:2005 – [Чинний від 2005-25-11]. – К.: Держспоживстандарт Украї-

ни. – 2005. – 16 с. – (Національний стандарт України).

2. Горшков В.И. Влияние негерметичности помещения на давление, развиваемое при работе генераторов огнетушащего аэрозоля. / В.И. Горшков, Ю.Н. Шебеко, В.Ю. Навценя, А.В. Трунев, А.А.Зайцев // Пожаровзрывобезопасность. – 1995. – Вып. 4. – С.67–70.

3. Бондаренко С.Н. Применение генераторов огнетушащего аэрозоля в составе автоматических установок пожаротушения, вопросы математического моделирования/ С.Н. Бондаренко // Проблемы пожарной безопасности. – 1999. – №3. – С. 25-28. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1512>.

4. Литвяк А.Н Экспериментальное определение температуры и избыточного давления при работе генераторов огнетушащего аэрозоля. / А.Н. Литвяк, М.Н. Мурин // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков, УГЗУ. – 2008. – Вып. 23. – С.115-119. – Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/492/1/08%20Litvyak%20Murin%20GOA.pdf>.

5. Кудряшова О.Б. Осаждение пыли с помощью внешних полей / О.Б. Кудряшова, М.Ю. Степкина, А.А. Антонникова, М.В. Тильзо // Южно-сибирский научный вестник. – Бийск – 2017. – №3(19). С. 35-41.

6. Olga Kudryashova and Maria Stepkina Electrostatic charge of powder particles and their sorption capacity // Proc. HEMS 2016. 136-137, Tomsk (2016).

7. Zaripov T.Sh., Egorov A.G. Deposition efficiency of charged aerosol particles in cylinder array // European Aerosol Conference? EAC–2012. – Granada, 2012. 1p. – Digital Abstracts Book : C-WG10S1P20.

Получено редколлегией 12.03.2018

О.А. Антошкін, О.М. Литвяк

Експериментальне дослідження впливу електростатичного поля на швидкість осадження вогнегасного аерозолю

Представлено результати експериментального дослідження впливу електростатичного поля на швидкість осадження вогнегасного аерозолю.

Ключові слова: автоматична система аерозольного пожежогасіння, генератор вогнегасного аерозолю, аерозолеутворююча сполука, газоповітряне середовище, швидкість осадження аерозолю.

O. Antoshkin, A. Litvyak

Experimental study of the influence of electrostatic field on the rate of deposition of fire-extinguishing aerosol

The results of an experimental study of the effect of an electrostatic field on the deposition rate of a fire extinguishing aerosol are presented.

Keywords: automatic aerosol fire extinguishing system, fire-extinguishing aerosol generator, aerosol-forming composition, gas-air medium, aerosol deposition rate.