

УДК 614.841.12

*О. А. Антошкін, к.т.н., викладач каф. НУГЗУ,
О. М. Литвяк, к.т.н., доцент, доцент каф. НУГЗУ,
М. В. Маляров, к.т.н., доцент, доцент каф. НУГЗУ*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАНОВКИ ПО ОСАДЖЕННЮ ВОГНЕГАСНОГО АЕРОЗОЛЮ

(представлено д-ром техн. наук)

Наведено результати експериментального дослідження характеристик установки по осадженню вогнегасного аерозолю з використанням електростатичного поля. Проаналізовано вплив величини напруги на електродах на швидкість осадження часток вогнегасного аерозолю.

Ключеві слова: автоматична система аерозольного пожежогасіння, осадження вогнегасного аерозолю, електростатичне поле.

Постановка проблеми. Активне впровадження аерозольних систем пожежогасіння (АСПГ) на об'єктах різного призначення протягом останніх 20-25 років довело їх значну ефективність. Але на даний час існує проблема ліквідації наслідків роботи таких систем в приміщенні. Таким чином, актуальною є проблема дослідження способів швидкого та якісного очищення повітря в приміщенні після спрацювання аерозольних систем пожежогасіння при розробці систем і елементів забезпечення протипожежного захисту об'єктів. Ця проблема може бути ще більш актуальною, враховуючи те, що жорсткі вимоги до нещільності приміщень із [1] не дозволяють застосовувати звичайне провітрювання, а тверді частки аерозолю дрібного розміру (1-10 мкм) швидко забруднюють системи активного видалення пилу (вентиляція, фільтрація тощо).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню механізмів дії аерозольних систем пожежогасіння присвячено багато робіт [2-4]. Але при цьому ліквідації наслідків їх спрацювання приділялася недостатня увага. Як приклади робіт присвячених саме осадженню вогнегасного аерозолю (ВА) можна вважати роботи [5, 6]. Де для осадження ВА пропонується застосовувати електростатичне поле та досліджується можливість пришвидшення цього процесу.

Якщо розглядати ВА як пил з відповідними характеристиками, то застосування електричних фільтрів для його осадження розглядалося у роботах [7-9].

Але дослідження залежності швидкості осадження саме ВА від величини напруги, яка подається на електроди не проводилися. А саме

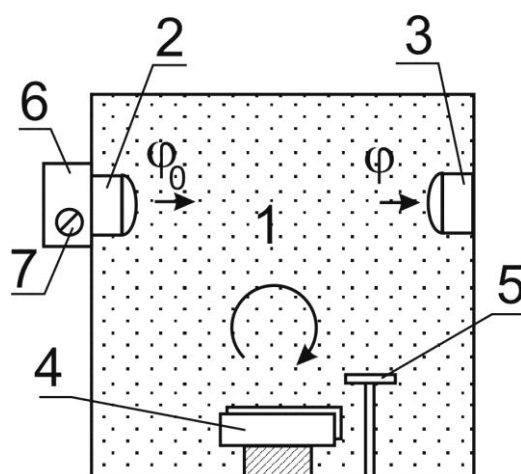
цей показник характеризує загальне енергоспоживання установки по осадженню ВА. І знаходження розумного компромісу «енергоспоживання установки – швидкість осадження» цікава задача, яка потребує розв'язання.

Постановка завдання та його вирішення. Дана робота присвячена дослідженню характеристик електричного фільтру по осадженню ВА. А саме - залежності часу осадження твердих часток від напруги, яка подана на електроди. Вона є продовженням досліджень, які викладені в роботах [5, 6].

За результатами раніш проведених досліджень було прийнято рішення про вдосконалення експериментальної установки. По-перше, зі складу установки було виключено пристрій для забезпечення примусової циркуляції газо-повітряної суміші. Це пов'язано зі швидким його забрудненням дрібнодисперсними частками ВА. Як показали подальші дослідження, активна циркуляція в об'ємі забезпечується природнім шляхом завдяки наявності електростатичного поля. По-друге, в конструкцію експериментальної установки було додано регулятор напруги на електродах (від 0 до 15 кV). Саме це дозволило провести серію дослідів для даної роботи.

Як модель реального приміщення було обрано замкнений об'єм з розмірами 600x400x200 мм. Площа двох пластин електричного фільтру 16000 мм² кожна. Відстань між пластинами 80 мм. Для утворення в об'ємі необхідної концентрації ВА використані аерозолеутворюючі заряди Е-1 масою 2, 3, 4 та 5 грам. Для кожного з зарядів було виконано осадження утвореного ВА напругою 10 та 15 кV.

Схема експериментальної установки наведена на рис. 1.



1. Модель приміщення.
2. Джерело світла.
3. Фотоприймач.
4. Пластини-електроди.
5. Місце розміщення аерозолеутворюючого заряду.
6. Прилад управління.
7. Регулювач напруги на електродах.

Рис. 1. Схема експериментальної установки

Для виміру концентрації ВА було застосовано оптичний метод. У відповідності до закону Ламберта-Бера:

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

де: ϕ_0 , мV – еквівалент інтенсивності світлового потоку випромінювача в прозорому середовищі;

ϕ – еквівалент інтенсивності світлового потоку в запиленому середовищі, мV.

k - коефіцієнт, який враховує оптичні властивості газоповітряного середовища;

c_a – концентрація завислих часток;

l – відстань між приймачем та випромінювачем.

Враховуючи клас точності приладів, які використовувалися для знаття показників, було прийнято рішення оперувати поняттям відносної оптичної щільності середовища:

$$S_x = \frac{\phi_0 - \phi}{\phi_0}. \quad (2)$$

Цього буде достатньо для оцінки результатів експерименту.

Перед початком проведення експериментів було зафіксовано показник на фотоелектричному приладі (ФЕП) для чистого середовища – 1,3. Після спалювання аерозолеутворюючого заряду на пластини-електроди подавалася відповідна напруга. В ході кожного з експериментів знаття показників на ФЕП здійснювалося з шагом 5 сек. Після повного осадження ВА знаття показників припинялося.

Протоколи експериментів представлені в таблиці 1.

Табл. 1. Протоколи проведення експериментів

U=10kV											
m=2 грама			m=3 грама			m=4 грама			m=5 грама		
t, сек	ϕ , мV	Sx	t, сек	ϕ , мV	Sx	t, сек	ϕ , мV	Sx	t, сек	ϕ , мV	Sx
0	0,35	0,731	0	0,3	0,769	0	0,3	0,769	0	0,3	0,769
5	0,35	0,731	5	0,35	0,731	5	0,35	0,731	5	0,3	0,769
10	0,35	0,731	10	0,35	0,731	10	0,35	0,731	10	0,3	0,769
15	0,35	0,731	15	0,35	0,731	15	0,35	0,731	15	0,3	0,769
20	0,40	0,692	20	0,35	0,731	20	0,35	0,731	20	0,3	0,769
25	0,60	0,538	25	0,4	0,692	25	0,4	0,692	25	0,3	0,769
30	1,05	0,192	30	0,4	0,692	30	0,4	0,692	30	0,35	0,731

Продовження табл. 1

m=2 грама			m=3 грама			m=4 грама			m=5 грама		
t, сек	φ2, mV	Sx2	t, сек	φ3, mV	Sx3	t, сек	φ4, mV	Sx4	t, сек	φ5, mV	Sx5
35	1,05	0,192	35	0,4	0,692	35	0,4	0,692	35	0,35	0,731
40	1,05	0,192	40	0,4	0,692	40	0,4	0,692	40	0,35	0,731
45	1,30	0,000	45	0,4	0,692	45	0,4	0,692	45	0,4	0,692
50	1,30	0,000	50	0,4	0,692	50	0,4	0,692	50	0,4	0,692
55	1,30	0,000	55	0,6	0,538	55	0,4	0,692	55	0,4	0,692
60	1,30	0,000	60	0,9	0,308	60	0,4	0,692	60	0,4	0,692
65	1,30	0,000	65	1,05	0,192	65	0,5	0,615	65	0,4	0,692
70	1,30	0,000	70	1,05	0,192	70	0,9	0,308	70	0,4	0,692
75			75	1,1	0,154	75	1	0,231	75	0,5	0,615
80			80	1,1	0,154	80	1	0,231	80	0,7	0,462
85			85	1,2	0,077	85	1,05	0,192	85	0,9	0,308
90			90	1,3	0,000	90	1,05	0,192	90	1	0,231
95			95	1,3	0,000	95	1,1	0,154	95	1	0,231
100			100			100	1,1	0,154	100	1,05	0,192
105			105			105	1,15	0,115	105	1,1	0,154
110			110			110	1,15	0,115	110	1,1	0,154
115			115			115	1,2	0,077	115	1,2	0,077
120			120			120	1,2	0,077	120	1,2	0,077
125			125			125	1,2	0,077	125	1,2	0,077
130			130			130	1,25	0,038	130	1,3	0,000
135			135			135	1,25	0,038	135	1,3	0,000
140			140			140	1,3	0,000	140	1,3	0,000
U=15kV											
m=2 грама			m=3 грама			m=4 грама			m=5 грам		
t, сек	φ2, mV	Sx2	t, сек	φ3, mV	Sx3	t, сек	φ4, mV	Sx4	t, сек	φ5, mV	Sx5
0	0,35	0,731	0	0,35	0,731	0	0,3	0,769	0	0,3	0,769
5	0,35	0,731	5	0,35	0,731	5	0,3	0,769	5	0,3	0,769
10	0,35	0,731	10	0,35	0,731	10	0,3	0,769	10	0,3	0,769
15	0,35	0,731	15	0,35	0,731	15	0,3	0,769	15	0,3	0,769
20	0,65	0,500	20	0,4	0,692	20	0,35	0,731	20	0,3	0,769
25	0,90	0,308	25	0,4	0,692	25	0,35	0,731	25	0,3	0,769
30	1,00	0,231	30	0,4	0,692	30	0,35	0,731	30	0,35	0,731
35	1,05	0,192	35	0,4	0,692	35	0,4	0,692	35	0,35	0,731
40	1,20	0,077	40	0,4	0,692	40	0,4	0,692	40	0,35	0,731
45	1,30	0,000	45	0,9	0,308	45	0,4	0,692	45	0,4	0,692
50	1,30	0,000	50	1	0,231	50	0,8	0,385	50	0,4	0,692
55	1,30	0,000	55	1,2	0,077	55	1	0,231	55	0,4	0,692
60			60	1,2	0,077	60	1,05	0,192	60	0,4	0,692
65			65	1,2	0,077	65	1,1	0,154	65	0,8	0,385

Продовження табл. 1

m=2 грама			m=3 грама			m=4 грама			m=5 грама		
t, сек	ϕ_2 , mV	Sx2	t, сек	ϕ_3 , mV	Sx3	t, сек	ϕ_4 , mV	Sx4	t, сек	ϕ_5 , mV	Sx5
70			70	1,25	0,038	70	1,1	0,154	70	0,95	0,269
75			75	1,3	0,000	75	1,15	0,115	75	0,95	0,269
80			80			80	1,2	0,077	80	1,05	0,192
85			85			85	1,3	0,000	85	1,05	0,192
90			90			90	1,3	0,000	90	1,05	0,192
95			95			95			95	1,1	0,154
100			100			100			100	1,1	0,154
105			105			105			105	1,2	0,077
110			110			110			110	1,25	0,038
115			115			115			115	1,3	0,000

Зміна оптичної щільності середовища з часом для аерозолеутворюючих зарядів різної маси і напругою 10 та 15 kV показано на рис. 2 та 3 відповідно. Порівняння зміни оптичної щільності середовища для зарядів однакової маси при різних напругах на електродах показано на рис. 4.

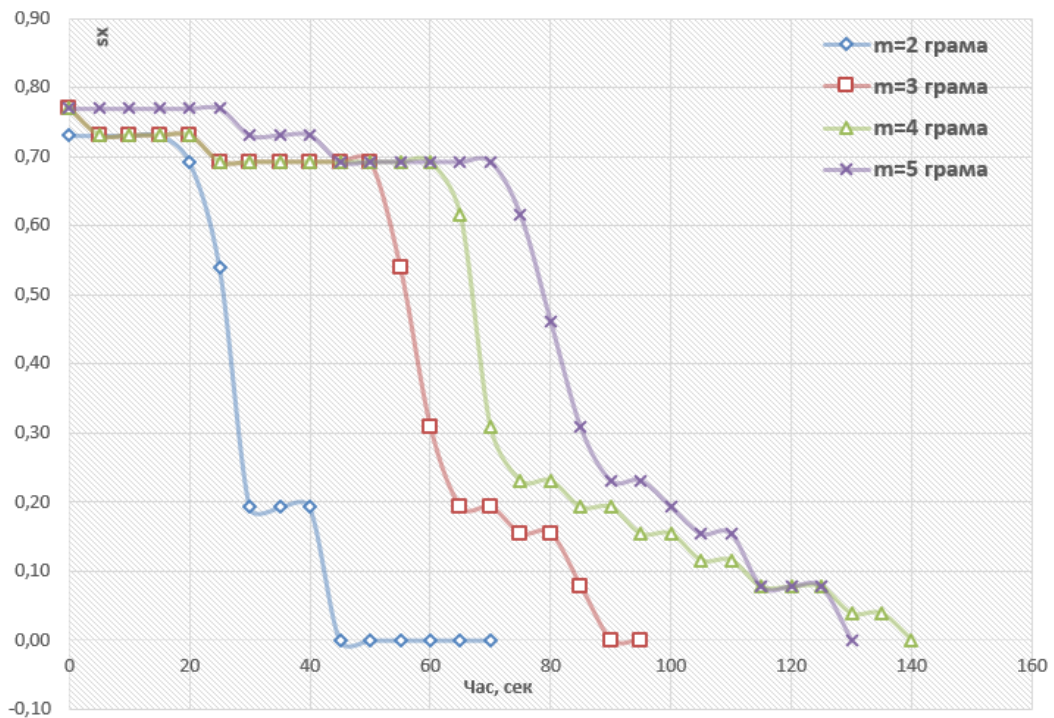


Рис. 2. Зміна оптичної щільності середовища з напругою на пристрах 10 kV

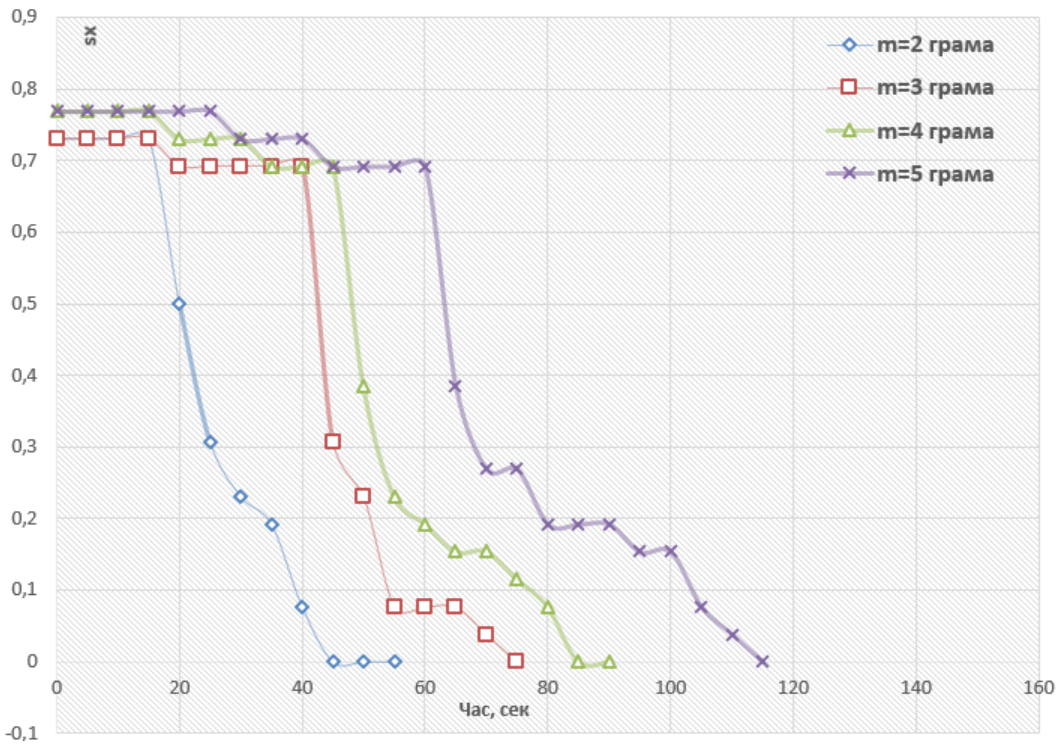
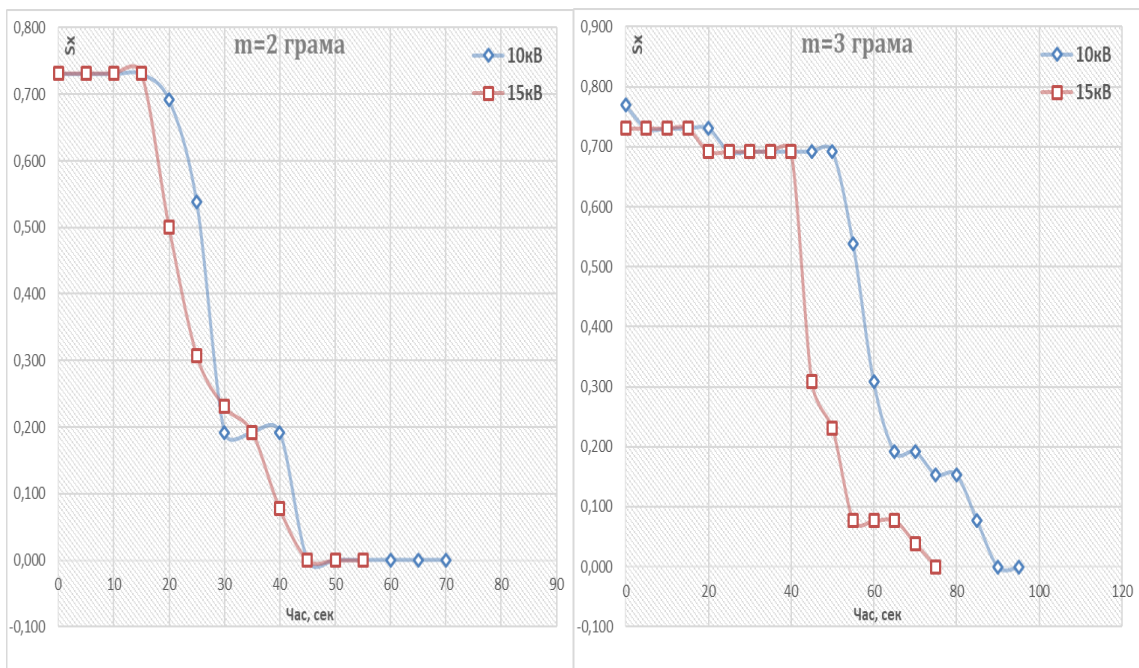
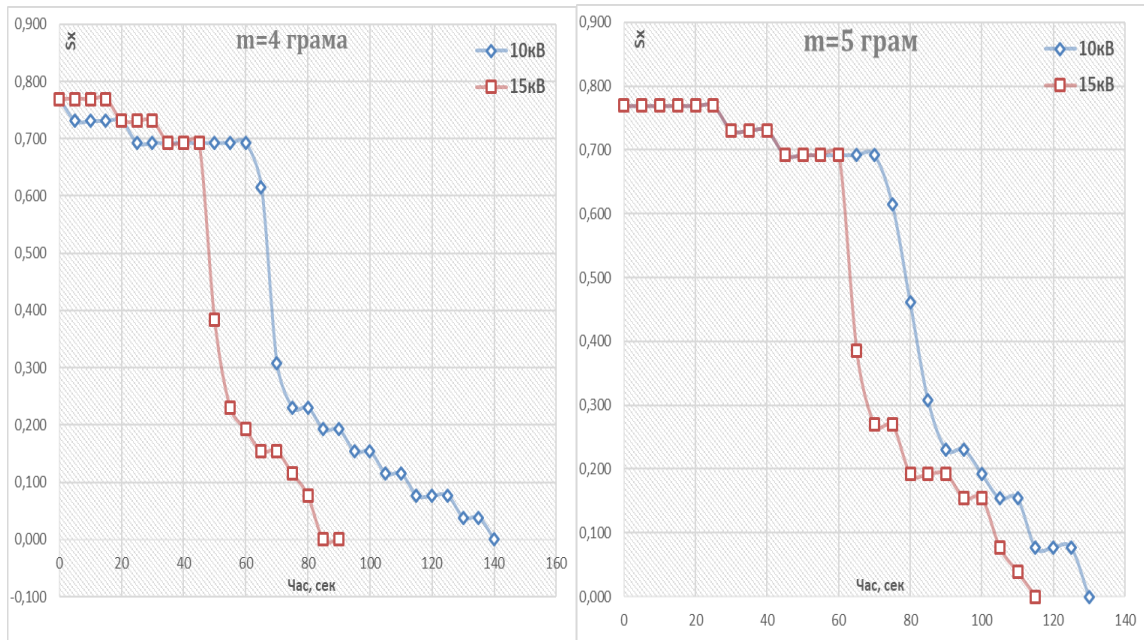


Рис. 3. Зміна оптичної щільності середовища з напругою на пластинах 15 кV



а)

б)



в)

г)

Рис. 4. Порівняння зміни оптичної щільності середовища для зарядів однакої маси при різній напрузі на електродах: а) для $m=2$ гр; б) для $m=3$ гр; в) для $m=4$ гр; г) для $m=5$ гр.

В ході проведення експериментів було зафіксовано, що спостерігається більше осідання часток ВА на верхній частині пластин-електродів (рис. 5).



Рис. 5. Нерівномірний розподіл осілих твердих часток по площі пластин-електродів

Висновки. Серія проведених експериментів по дослідженню характеристик установки для осадження вогнегасного аерозолі з використанням електростатичного поля дозволила зробити низку висновків. По-перше, в умовах використаної моделі приміщення зміна оптичної щільності середовища для обох серій досліджень (напруга 10 kV та 15 kV) відбувається нелінійно. На початковому етапі, під час накопичення заряду на електродах, спостерігається незначна зміна оптичної щільності. Потім, протягом короткого проміжку часу, щільність зменшується на 70-80%. По-друге, збільшення напруги на електродах в 1,5 рази не дає аналогічного загального виграшу часу осадження. Виграш в часі отримано близько 10-20%. А для малих концентрацій (в експериментах для $m=2$ гр.) час осадження взагалі однаковий. Тобто, якщо час осадження для конкретного випадку не є критичною величиною, свідоме збільшення енергоспоживання не виправдане і потрібно шукати розумний компроміс виходячи з умов конкретного випадку.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4490:2005. Пожежна техніка. Установки автоматичні аерозольного пожежогасіння. Проектування, монтування та експлуатування. [Чинний від 2005-25-11]. Київ, 2005. 16 с. (Національний стандарт України).
2. Влияние негерметичности помещения на давление, развиваемое при работе генераторов огнетушащего аэрозоля / В. И. Горшков и др. *Пожаровзрывобезопасность*. 1995. №4. С. 67–70.
3. Бондаренко С. Н. Применение генераторов огнетушащего аэрозоля в составе автоматических установок пожаротушения, вопросы математического моделирования *Проблемы пожарной безопасности*. 1999. №3. С. 25–28. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1512> (дата звернення: 14.10.2020).
4. Литвяк А. Н., Мурин М. Н. Экспериментальное определение температуры и избыточного давления при работе генераторов огнетушащего аэрозоля. *Проблемы пожарной безопасности*. 2008. № 23. С.115–119. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/492/1/08%20Litvyak%20Murin%20GOA.pdf> (дата звернення: 14.10.2020).
5. Антошкин А. А., Галица В. И., Литвяк А. Н. Экспериментальное исследование влияния электростатического поля на скорость осаждения огнетушащего аэрозоля. *Проблемы пожарной безопасности*. 2018. № 43. С.9–13. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/9311/1/antoshkin.pdf> (дата звернення: 14.10.2020).

6. Антошкин А. А., Качанов П. А., Галица В. И., Литвяк А. Н. Исследование влияния электростатического поля на скорость осаждения мелкодисперсной пыли. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2018. № 2 (48). С.111–113. URL: <http://91.234.43.156/bitstream/123456789/8108/1/18%20Публикация%20очистка%20воздуха%20из%20сборника.pdf> (дата звернення: 14.10.2020).

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

8. Olga Kudryashova, Maria Stepkina Electrostatic charge of powder particles and their sorption capacity. *Proc. HEMS*. 2016. 136–137, Tomsk (2016).

9. Кирпичников И. В. Разработка и исследование электростатического фильтра для очистки воздуха от пыли сельскохозяйственных мелкообъемных помещениях: автореф. дис. на соискание научн. степени кандидата техн. наук. Челябинск, 2000. 20 с.

А. А. Антошкин, А. Н. Литвяк, М. В. Маляров

Експериментальне дослідження характеристик установки по осадженню огнетушачого аерозоля

Приведены результаты экспериментального исследования характеристик установки по осадженню огнетушачого аерозоля с использованием электростатического поля. Проанализировано влияние величины напряжения на электродах на скорость осаждения частиц огнетушачого аерозоля.

Ключевые слова: автоматическая система аерозольного пожаротушения, осаджение огнетушачого аерозоля, электростатическое поле.

O. A. Antoshkin, A. N. Litvyak, M. V. Malyarov

Experimental study of the characteristics of the installation for the deposition of fire extinguishing aerosol.

The results of an experimental study of the characteristics of an installation for the deposition of a fire-extinguishing aerosol using an electrostatic field are presented. The effect of the voltage on the electrodes on the deposition rate of fire-extinguishing aerosol particles is analyzed.

Keywords: automatic aerosol fire extinguishing system, deposition of fire extinguishing aerosol, electrostatic field.