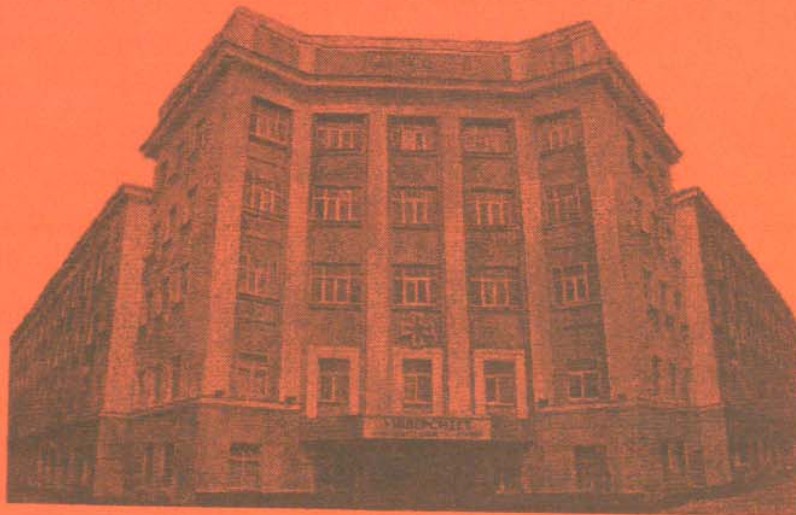


# ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

---

Випуск 10



Харків – 2009

МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАСЛІДКІВ  
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

---

УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

# ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 10

Зареєстрований Державним комітетом  
телебачення і радіомовлення України  
28 лютого 2006 року  
Серія КВ № 11041

Затверджено до друку Вченою радою  
УЦЗ України  
(протокол № 2 від 05.10.2009 р.)

Харків 2009

УДК 331.101+351.861+351.861:514.18+355.474+355.58+504.056+504.064.4+  
519.2.003.12:331.461.2+536.423:504.062:502.5:504.062+[556.114:574.63] (285.33)+  
614.8+614.84+614.841.334.1+621.373:772+621.384.327+681.355+681.518.3+  
697.953:537.56+911.2:504.54(477.52)

Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України.  
Вип. 10. – Харків: УЦЗУ, 2009. – 252 с.

Видання засноване у 2005 р. та включене до переліку видань ВАК України (постанова Президії № 1-05/7 від 04.07.2006 р.).

Наведені результати наукових досліджень у галузі забезпечення цивільного захисту. Розглядаються організаційно-технічні аспекти вдосконалення системи цивільної оборони, що відображають сучасні методи підвищення ефективності цивільного захисту та тенденції розвитку наукових досліджень в даній галузі.

Матеріали призначені для інженерно-технічних робітників цивільного захисту, професорсько-викладацького складу, докторантів, ад'юнктів, слухачів, курсантів та студентів вищих навчальних закладів.

Іл. – 60, табл. – 14

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:** д-р техн. наук, проф. *Ю.О. Абрамов* (відп. ред.), д-р техн. наук, проф. *Е.В. Бодяиський*, д-р хім. наук, проф. *В.Д. Калугін*, д-р техн. наук, проф. *В.М. Комяк*, д-р техн. наук, проф. *В.І. Кривцова*, д-р техн. наук, проф. *Л.М. Куценко*, д-р техн. наук, проф. *О.М. Ларін*, д-р техн. наук, проф. *Е.Ю. Прохач*, д-р техн. наук, проф. *В.В. Соловей*, д-р фіз.-мат. наук, проф. *О.П. Сознік*, д-р техн. наук, проф. *І.Б. Туркін*, д-р фіз.-мат. наук, проф. *С.В. Яковлєв*, д-р техн. наук, проф. *Р.А. Яковлєва*

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко  
д-р техн. наук, проф. О.Г. Руденко

Издание основано в 2005 г. и включено в перечень изданий ВАК Украины (постановление Президиума № 1-05/7 от 04.07.2006 г.)

Представлены результаты научных исследований в области обеспечения гражданской защиты. Рассматриваются организационно-технические аспекты совершенствования системы гражданской обороны, отражающие современные методы повышения эффективности гражданской защиты и тенденции развития научных исследований в данной области.

Материалы предназначены для инженерно-технических работников гражданской защиты, профессорско-преподавательского состава, докторантов, адъюнктов, слушателей, курсантов и студентов высших учебных заведений.

*Сидоренко В.Л., Азаров С.И.*

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОЕННЫХ  
ОБЪЕКТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЯ  
"ОПАСНЫЙ ОБЪЕКТ"**

Проанализировано понятие "опасный объект" и на его основе дано определение военного объекта повышенной опасности и факторов опасностей относительно артбаз, артскладов, арсеналов, складов и хранилищ боеприпасов Вооруженных Сил Украины. Рассмотрены вопросы идентификации военных объектов повышенной опасности и приведен пример.

*Тарахно Е.В., Сырых В.Н., Тарахно Р.В.*

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ  
АВАРИЙНОГО НАТЕКАНИЯ ГАЗА  
В ПОМЕЩЕНИЕ**

В работе учтено влияние газообмена помещения с окружающей средой на возможность образования взрывоопасных смесей и время достижения опасных концентраций как в объеме всего помещения, так и в локальных зонах загазованности

*Толкунов И.А., Попов И.И., Барбашин В.В.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА  
УПРАВЛЯЕМЫХ ГЕНЕРАТОРОВ  
АЭРОИОНОВ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ  
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
МЧС УКРАИНЫ**

Разработано и исследовано регулируемое устройство аэроионизации, которое обеспечивает гарантированную безопасность и высокую эффективность мероприятий по искусственной ионизации воздуха с одновременным сокращением расходов на их проведение

*Яковлева И.А., Панина Е.А., Малежик А.В.*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНО-  
ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ  
НА ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ОБЪЕКТАХ**

В работе предлагается использование вероятностно-детерминистических моделей для исследования распространения внешних воздействий по сложным техническим системам, на объектах химической промышленности, при попадании их в условия внешних воздействий (форс-мажорные обстоятельства). Разработка и исследование построенной модели позволит решать задачу распространения внешнего воздействия по структуре системы, и его влияния на качественное состояние ее элементов.

*Sidorenko V.L., Azarov S.I.*

**MILITARY OBJECT IDENTIFICATION  
CONCERNING DEFINITION  
OF "DANGEROUS OBJECT"  
CONCEPTION**

Concepts "Dangerous object" are analysed and on his basis determination of military objective of the promoted danger and factors of dangers is given in relation to artillery bases, ordnance depots, arsenals, storages and depositories of live ammunitions of Military Powers of Ukraine. The questions of authentication of military objectives of the promoted danger are considered and an example is resulted.

*Tarachno E.V., Syrykh V.N., Tarachno R.V.*

**THE FORECAST OF CONSEQUENCES  
OF EMERGENCY EXIT OF GAS  
IN A PREMISE**

In article influence of gas exchange of a premise with environment on possibility dangerous mixes is formation and time of achievement of dangerous concentration in volume of all premise and in local zones was considered

*Tolkunov I.O., Popov I.I., Barbashin V.V.*

**RESEARCH AND DEVELOPMENT  
CONTROLLED GENERATORS  
OF AEROIONS FOR THE APARTMENTS  
OF THE SPECIAL SETTING  
OF MINISTRY OF EMERGENCY  
MEASURES OF UKRAINE**

Developed and investigational device aeroionization, which provides the assured safety and high efficiency of measures on artificial ionization of air with the simultaneous cutback of spending on their leadthrough

*Yakovleva I.A., Panina E.A., Malezhik A.V.*

**USE OF PROBABILISTIC  
DETERMINISTIC MODEL  
FOR PROGNOSTICATION  
OF EXTRAORDINARY SITUATIONS  
ON DANGEROUS INDUSTRIAL OBJECTS**

In work the use of probabilistic deterministic models is offered for research of distribution of external influences on the difficult technical systems, on the objects of chemical industry, at a hit them in the terms of external influences (force-majeure circumstances). Development and research of the built model will allow to decide the task of distribution of external influence on the structure of the system, and his influences on the high-quality state of its elements.

УДК 697.953:537.56

*Толкунов И.А., ст. преп., УГЗУ,  
Попов И.И., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,  
Барбашин В.В., канд. техн. наук, нач. каф., УГЗУ*

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЕМЫХ  
ГЕНЕРАТОРОВ АЭРОИОНОВ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ  
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ МЧС УКРАИНЫ**  
(представлено д-ром хим. наук Калугиным В.Д.)

Разработано и исследовано регулируемое устройство аэроионизации, которое обеспечивает гарантированную безопасность и высокую эффективность мероприятий по искусственной ионизации воздуха с одновременным сокращением расходов на их проведение

**Ключевые слова:** аэроионизация, нормативный аэроионный режим, искусственная ионизация воздуха, управляемый генератор аэроионов, помещение специального назначения МЧС Украины

**Постановка проблемы.** Анализ способов нормализации ионного состава воздушной среды показывает, что нормативный аэроионный режим в помещениях специального назначения МЧС Украины (ПСН) наиболее эффективным образом может быть реализован путем подачи в помещение искусственно ионизированного воздуха с помощью стационарных коронных аэроионизаторов, встроенных в систему кондиционирования воздуха (СКВ), как наиболее совершенного варианта в медико-техническом и экономическом отношении [1,2,3]. В этом случае аэроионный режим зависит от организации воздухообмена и в значительной степени определяется способом распределения воздуха в помещении, т.е. типом и производительностью воздухораспределительных устройств.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Анализ схем распределения воздуха показывает, что для проведения мероприятий по нормализации аэроионного режима наиболее эффективной является схема организации воздухообмена «сверху-вниз», когда приточный воздух должен выпускаться в верхней зоне помещения по возможности ближе к рабочей зоне, а вытяжной удаляться через пол или стены в нижней части помещения. Поэтому в ПСН, оборудованных дополнительными фильтрами тон-

кой очистки приточного воздуха, генераторы аэроионов необходимо устанавливать на выходе воздухораспределительных устройств.

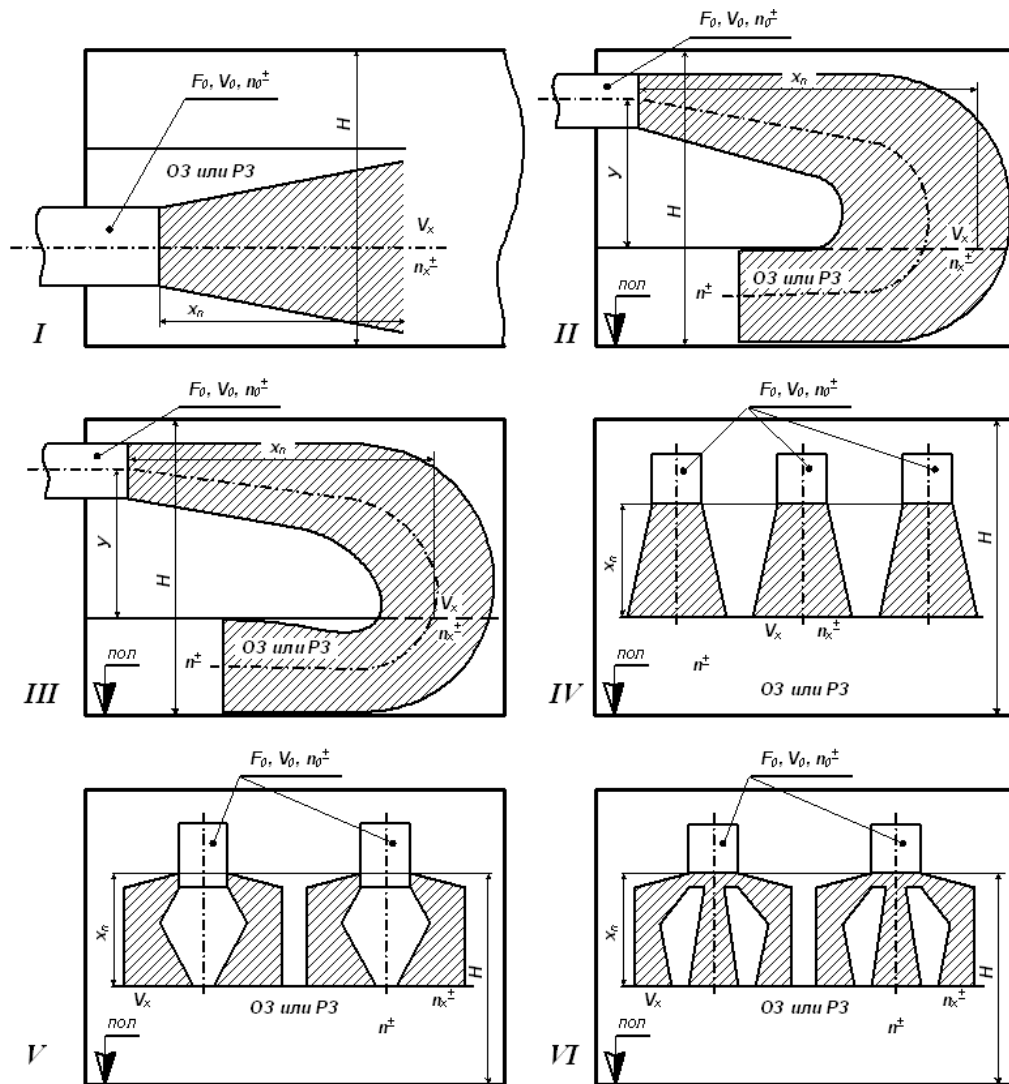


Рис. 1 – Основные схемы подачи ионизованного воздуха компактными, плоскими, веерными и коническими струями:  $x_n$  – расстояние от места выхода струи до постоянного рабочего места (схема I) или до обслуживаемой или рабочей зоны (OЗ или PЗ) (схемы II-VI), м;  $F_0$  – расчетное сечение приточного отверстия, м<sup>2</sup>;  $H$  – высота помещения, м;  $Y$  – расстояние от оси приточного отверстия до обслуживаемой или рабочей зоны по высоте, м;  $V_0$  и  $V_x$  – скорость воздуха при выходе из воздухораспределителя и ее максимальное значение в обслуживаемой или рабочей зоне соответственно, м/с;  $n_0^\pm$ ,  $n_x^\pm$  и  $n^\pm$  – концентрация аэроионов на выходе из приточного отверстия воздухораспределителя, в обслуживаемой или рабочей зоне и их установившаяся концентрация в помещении соответственно, ион/м<sup>3</sup>

В практике кондиционирования подача приточного воздуха может осуществляться компактными, плоскими или веерными струями по схемам, приведенным на рис. 1 [4].

В основу реализации способа нормализации ионного состава воздушной среды обитания ПСН путем подачи искусственно ионизированного воздуха положены свойства и закономерности приточных струй [4,5]. Расчеты по определению концентрации аэроионов в рабочей зоне кондиционируемых помещений ведутся для условий прямого воздействия приточных струй с учетом характеристик воздухораспределительных устройств, в качестве которых в существующих системах кондиционирования воздуха применяются разработанные и утвержденные конструкции воздухораспределителей, обеспечивающие нормируемую скорость движения воздуха в рабочей зоне и нормируемую разность температур между температурой воздуха в струе и средней температурой воздуха рабочей зоны. Тип и число воздухораспределителей должны приниматься в зависимости от выбранной схемы организации воздухообмена и объемно-планировочного решения помещения.

**Постановка задачи и ее решение.** Таким образом, для определения концентрации легких аэроионов  $n_x^\pm$  отрицательной и положительной полярности в обслуживаемой или рабочей зоне (ОЗ или РЗ) ПСН необходимо учесть следующие параметры:

1. Характеристики используемого воздухораспределителя, которые зависят от конструктивных параметров помещения.
2. Принять по рис. 1 схему подачи воздуха в помещение и определить расстояние  $x_n$  от места выхода струи до постоянного рабочего места или до выхода струи в ОЗ или РЗ.
3. Определить начальную скорость воздуха  $V_0$  при выходе из воздухораспределителя в его расчетном сечении  $F_0$ , используя известные соотношения и основываясь на заданном расстоянии и максимальной скорости воздуха  $V_x$  в ОЗ или РЗ.
4. Провести расчет на обеспечение заданных концентраций аэроионов в ОЗ или РЗ. При этом расчетные концентрации отрицательных и положительных легких аэроионов не должны превышать нормативных значений.

Характеристики, определяемые в п.п. 1-3 относятся к конструктивным и режимным параметрам СКВ и могут быть определены по известным методикам [5]. Наибольший интерес представляют показатели устройства ионизации воздуха (генераторов аэроионов или аэроионизаторов), которые создают в указанных зо-

нах помещения требуемые концентрации аэроионов и обеспечивают нормативные параметры аэроионного режима.

Одним из основных требований, предъявляемых к генераторам аэроионов как к основным устройствам для нормализации ионного состава воздушной среды рабочей зоны, является возможность регулирования количества генерируемых аэроионов  $n_x^\pm$ , которое определяется полярностью, типом и формой напряжения на коронирующих электродах, геометрической конфигурацией коронирующей системы и др. [6].

$$n_x^\pm = \exp \left[ \int_0^{x_n} \alpha_u(x) dx \right], \quad (1)$$

где  $x_n$  – расстояние от места выхода струи до постоянного рабочего места или до выхода струи в рабочую зону, м;  $x$  – расстояние от коронирующего электрода, м;  $\alpha_u(x)$  – первый коэффициент ионизации Таунсенда.

В работе было проведено исследование коронирующих систем с игольчатыми (остриевыми) электродами [7]. Разрядный промежуток такого аэроионизатора можно рассматривать образованным гиперболическим острием с радиусом кривизны  $R_\circ$  и плоскостью, находящейся на расстоянии  $d$  от острия, в воздухе при атмосферном давлении  $P = 760$  мм рт.ст. Напряженность электрического поля  $E_p$  у острия равна

$$E_p = \frac{2U_\kappa}{R_\circ \cdot \lg \left( \frac{4d}{R_\circ} \right)}, \quad (2)$$

где  $U_\kappa$  – потенциал острия, В.

Напряженность поля  $E$  вблизи острия изменяется с расстоянием  $x$  по формуле

$$E = \frac{R_\circ}{R_\circ + x} E_p, \quad (3)$$

Согласно законам подобия, коэффициент ионизации  $\alpha_u$  в выражении (1) может быть определен из соотношения



$$\frac{\alpha_u}{P} = f\left(\frac{E}{P}\right) = A \exp\left(-\frac{B \cdot P}{E}\right), \quad (4)$$

где  $A$  и  $B$  – постоянные коэффициенты, которые для воздуха при  $\left(\frac{E}{P}\right) = 100 \dots 800 \text{ В м}^{-1} \text{ мм рт.ст}^{-1}$  соответственно равны 15 и  $365 \text{ см}^{-1} \text{ мм рт.ст}^{-1}$ .

Используя соотношения (2)...(4), выражение (1) можно представить в виде

$$n_x^\pm = \exp\left\{ \int_0^{x_n} A \cdot P \exp\left[-\frac{B \cdot P(R_s + x) \lg\left(\frac{4d}{R_s}\right)}{2U_k}\right] dx \right\}. \quad (5)$$

Анализ соотношения (5) показывает, что обеспечение требуемого уровня аэроионизации может быть достигнуто изменением величины напряжения на коронирующих электродах, изменением расстояния между коронирующим и заземленным металлическими электродами, экранированием и изменением расстояния между рабочей зоной и аэроионизатором, а также различной комбинацией этих способов [8].

В условиях изолированных малых объемов обеспечение требуемых уровней аэроионизации путем экранирования или изменения расстояния между аэроионизатором и рабочей зоной малоэффективно и не всегда может быть реализовано вследствие ограниченных размеров помещения. Поэтому в помещениях специального назначения основной метод регулирования концентрации аэроионов, генерируемых коронным аэроионизатором, должен заключаться в изменении величины постоянного напряжения на коронирующих электродах.

В качестве управляемых генераторов аэроионов используются также устройства, в которых на аэроионы, образовавшиеся у коронирующего электрода (или другого источника), воздействуют электрическим полем, создаваемым с помощью дополнительного управляющего электрода, установленного на выходе аэроионизатора.

Реализация такого метода регулирования концентрации аэроионов требует высокостабильного источника напряжения и сложных электронных схем управления. Это усложняет конструкцию подобных устройств, повышает их стоимость, снижает надежность, безопасность и удобство эксплуатации.

В данной работе было разработано устройство для ионизации воздуха, выполненное в виде камеры 1 из диэлектрического материала, в которой установлен коронирующий электрод 2 в виде острия, соединенный с источником постоянного напряжения отрицательной или положительной полярности (рис. 2). После коронирующего электрода по ходу воздуха, который подается через предварительный фильтр тонкой очистки 4, установлен управляющий заземленный электрод 3, выполненный в виде металлического стержня с резьбой, имеющего регулируемую глубину погружения в поперечной плоскости диэлектрической камеры, что позволяет регулировать количество образующихся в процессе коронного разряда аэроионов и, следовательно, их концентрацию в потоке воздуха.

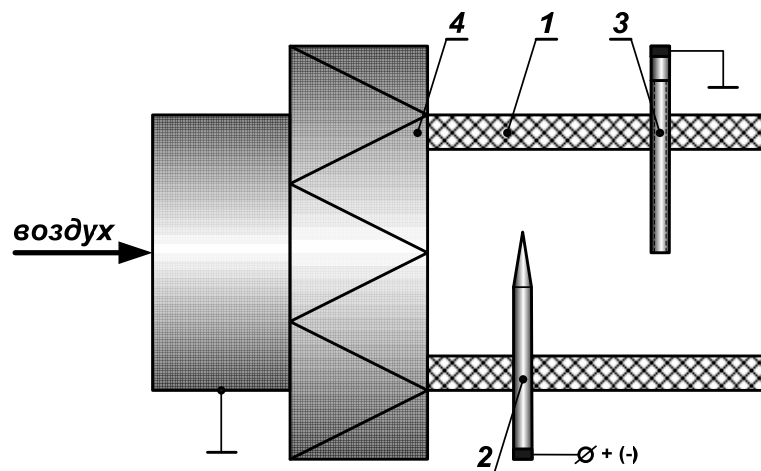


Рис. 2 – Устройство для ионизации воздуха: 1 – камера из диэлектрического материала; 2 – коронирующий электрод в виде острия; 3 – управляющий заземленный электрод; 4 – предварительный фильтр тонкой очистки

При начальной напряженности  $E$  электрического поля в разрядном промежутке коронного аэроионизатора перемещение заземленного управляющего электрода создает некоторое положительное или отрицательное приращение  $E + \Delta E$ . При этом раз-

ность потенциалов, приложенных к разрядному промежутку длиной  $d$ , изменится от значения  $U_\kappa$  до  $U_\kappa + \Delta U_\kappa$ . Здесь

$$\Delta U_\kappa = \int_0^d \Delta E dx. \quad (6)$$

С учетом преобразования выражения (4) имеем

$$\frac{\alpha_u}{P} = A \exp\left(-\frac{BP}{E + \Delta E}\right) = \frac{\alpha_{u0}}{P} \left[1 + \frac{BP}{E^2} \Delta E + \frac{BP}{E^4} \left(\frac{BP}{2} - E\right) \Delta E^2\right], \quad (7)$$

где  $\alpha_u = \alpha_{u0}$  при  $\Delta E = 0$ .

Изменение количества генерируемых аэроионов получаем интегрированием выражения (1) с учетом (7)

$$\int_0^d (\alpha_u - \alpha_{u0}) dx = \alpha_{u0} \frac{BP}{E^2} \left[ \Delta U_\kappa + \frac{1}{E^2} \left(\frac{BP}{2} - E\right) \int_0^d \Delta E^2 dx \right]. \quad (8)$$

Минимальное изменение разности потенциалов на разрядном промежутке, которое приводит к изменению количества образующихся аэроионов, определяем из выражения (8), приравнивая левую часть к нулю

$$\Delta U_\kappa = \frac{1}{E^2} \left(E - \frac{BP}{2}\right) \int_0^d \Delta E^2 dx. \quad (9)$$

Знак приращения разности потенциалов  $\Delta U_\kappa$  в этом случае будет определяться знаком множителя  $\left(E - \frac{BP}{2}\right)$ . Соотношение (9)

позволяет определить в первом приближении пространственные границы зоны регулирования при определенных конструктивных и режимных параметрах исследуемых коронных аэроионизаторов.

На рис. 3 приведены зависимости концентрации отрицательных  $n_0^-$  и положительных  $n_0^+$  легких аэроионов на выходе разработанного устройства для ионизации воздуха от величины перемещения управляющего электрода, полученные экспериментальным путем.

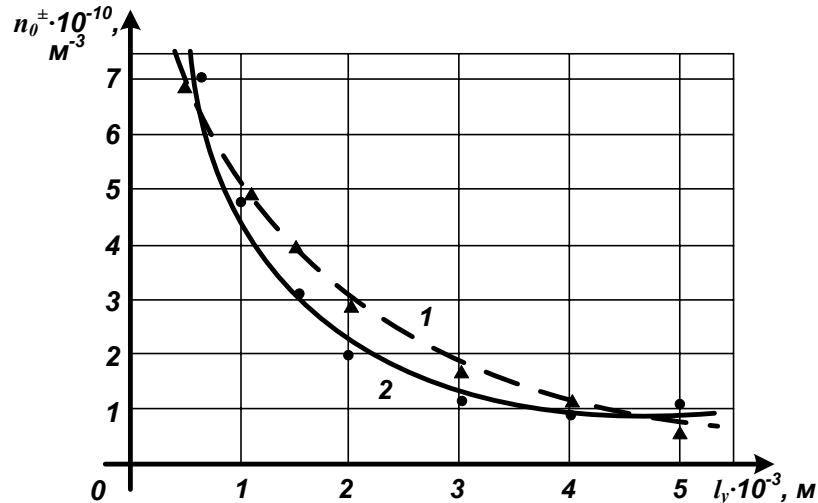


Рис. 3 – Зависимость концентрации  $n_0^\pm$  лёгких аэроионов на выходе устройства для ионизации воздуха от перемещения  $l_y$  управляющего электрода: 1, ▲ – отрицательные аэроионы; 2, ● – положительные аэроионы

Зависимости получены для устройства, выполненного в виде цилиндрической камеры из гетинакса с внутренним диаметром  $2,5 \cdot 10^{-2}$  м. При этом диаметр управляющего электрода равен  $3 \cdot 10^{-3}$  м, а его удаление от коронирующего электрода по ходу воздуха –  $1 \cdot 10^{-2}$  м. Начальное положение управляющего электрода в поперечной плоскости камеры определялось пространственными границами зоны регулирования. Погружение управляющего электрода вглубь камеры приводит к уменьшению концентрации как положительных, так и отрицательных аэроионов. Коронирующий электрод изготовлен в виде стальной иглы диаметром  $2 \cdot 10^{-3}$  м и длиной  $1,5 \cdot 10^{-2}$  м с углом заточки острия  $20^\circ$ .

Установка в ПСН разработанного устройства, с учетом дальнейшего его совершенствования, обеспечивает гарантированную безопасность и высокую эффективность мероприятий по искусственной ионизации воздуха с одновременным сокращением расходов на их проведение, что обусловлено возможностью применения инженерных методов расчета при разработке, изготовлении и эксплуатации устройств аэроионизации, которые будут разработаны и предложены в дальнейшем.

**Выводы.** Нормализация аэроионного режима в ПСН МЧС Украины должна быть реализована путем подачи в помещение искусственно ионизированного воздуха с помощью стационарных

Исследование и разработка управляемых генераторов аэроионов для помещений специального назначения МЧС Украины

регулируемых коронных аэроионизаторов. Однако у подобных аэроионизаторов в следствие физической природы коронного разряда наблюдается сложность создания нормативных уровней концентрации аэроионов в зоне дыхания личного состава, поэтому существующие методы регулирования и технические средства реализующие эти методы требуют дальнейшего совершенствования. Разработано и исследовано устройство для ионизации воздуха для нормализации аэроионного режима в рабочей зоне ПСН, которое обеспечивает гарантируемую безопасность и высокую эффективность мероприятий по искусственной аэроионизации воздуха, являясь наиболее совершенным вариантом в медико-техническом и экономическом отношении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України. – введені в дію наказом МНС України від 07.05.2007 р. № 312.
2. Толкунов І.О., Попов І.І., Барбашин В.В. Исследование процессов генерирования аэроионов в электрических ионизаторах воздуха // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2009. – №9. – С.129-138.
3. ГНАОТ 0.03-3.06.80 Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений № 2152-80.
4. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – М.: Стройиздат, 1978, 144 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха (Справочник проектировщика). – М.: Стройиздат, 1978, 509 с.
6. Chapman S. Corona point current in wind. J. of Geophysical Research. Vol. 75, №12, 1970. P.2165-2169.
7. Салата Н.П. Обоснование оптимальных параметров остриевых коронирующих электродов для аэроионификации животноводческих помещений. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – Вып. №35, 1976. – С.85-89.
8. Монтик П.Н., Коновалов С.А. Исследование управляемого генератора ионов. // Электронная обработка материалов. – М.: 1979. – №4. – С.64-67.  
nuczu.edu.ua