

ПРОБЛЕМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Випуск 9



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 9

Зареєстрований Державним комітетом
телебачення і радіомовлення України

28 лютого 2006 року

Серія KB № 11041

Затверджено до друку Вченою радою
УЦЗ України
(протокол № 11 від 26.03.2009 р.)

Харків 2009

УДК 351.861+351.861:514.18+355.474+355.77:614.8+504.064+504.75+
539.21:536.42+[556.114:574.63](285.33)+614.355+614.8+614.84+614.876:355.58+
621.314.26+621.396.96+621.861+666.946:355.614+681.518.3+697.953:537.56

Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України.
Вип. 9. – Харків: УЦЗУ, 2009. – 193 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.

Л. – 45, табл. – 13

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ: д-р техн. наук, проф. *Ю.О. Абрамов* (відп. ред.), д-р техн. наук, проф. *Е.В. Бодянський*, 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. Яковлев*, 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.

© Університет цивільного захисту України, 2009

Стрелец В.М.

**ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА
ИЗОЛИРУЮЩЕГО АППАРАТА
И ЛИЦЕВОЙ ЧАСТИ К НЕМУ
ДЛЯ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ,
ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ОТ УСЛОВИЙ
ПОЖАРА**

Обоснован критерий и последовательность выбора конкретного типа изолирующего аппарата и модификации лицевой части к нему, использование которых обеспечит безопасную работу газодымозащитников в условиях, отличающихся от наилучших условий пожара

Strelets V.M.

**CHOICE FEATURES OF INSULATING
APPARATUS AND ITS FACIAL PART
FOR WORKING IN CONDITIONS
DIFFERENT FROM FIRE CONDITIONS**

A criterion and sequence of choice of concrete type of insulating vehicle and modification of facial part is grounded to him, the use of which will provide safe work of fire fighters in terms, different from the worst terms of fire

Тарасенко А.А.

**ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ
СУБМОДЕЛИ ПРИЗЕМНОЙ СКОРОСТИ
ВЕТРА – ВХОДНОГО ПАРАМЕТРА
МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ОБЛАСТИ ЧС**

На основании проведения серии натуральных экспериментов подтверждена теоретическая модель [1] приземной скорости ветра. Описаны условия и методика проведения эксперимента, получены параметры точности теоретической модели.

Tarasenko A.A.

**SUBMODEL ADEQUACY ESTIMATION
OF THE WIND GROUND SPEED –
EMERGENCY AREA DYNAMICS MODEL
ENTRY PARAMETER**

On the basis of leadthrough of series of model experiments the theoretical model [1] of the ground speed of wind is confirmed. Terms and method of leadthrough of experiment are described, the parameters of exactness of theoretical model are got.

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ГЕНЕРИРОВАНИЯ АЭРОИОНОВ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИОНИЗАТОРАХ
ВОЗДУХА**

Исследованы процессы генерирования аэроионов в электрических аэроионизаторах, предназначенных для искусственной ионизации воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины. Приведены результаты исследования влияния режимных и конструктивных параметров коронирующих систем на характеристики электрических аэроионизаторов.

Tolkunov I.A., Popov I.I., Barbashin V.V.

**AIR IONS GENERATION PROCESS
RESEARCH IN ELECTRIC AIR IONIZERS**

The processes of generating of aéroions are investigational in electric aéroionizers, intended for artificial ionization of air in the apartments of the special setting of Ministry of Emergencies of Ukraine. The results of research of influence of regime and structural parameters of the corona systems are resulted on descriptions of electric aéroionizers.

Тютюнник В.В., Шевченко Р.И., Тютюнник О.В.

**ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ
ОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ
РЕГИОНОВ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В работе сформирован принцип комплексной оценки индивидуальной опасности населения регионов Украины, как основы разработки и построения интегральной системы безопасности от чрезвычайных ситуаций. Проведен анализ состояния регионов Украины с его учетом.

Tyutyunik V.V., Shevchenko R.I., Tyutyunik O.V.

**UKRAINE REGIONS POPULATION
INDIVIDUAL DANGER ESTIMATION
UNDER THE CONDITIONS
OF EMERGENCIES**

Principle of complex estimation of individual danger of population of regions of Ukraine, as bases of development and construction of the integral system of safety, is in-process formed from extraordinary situations. The analysis of the state of regions of Ukraine is conducted with his account.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРИРОВАНИЯ АЭРОИОНОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИОНИЗАТОРАХ ВОЗДУХА

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Исследованы процессы генерирования аэроионов в электрических аэроионизаторах, предназначенных для искусственной ионизации воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины. Приведены результаты исследования влияния режимных и конструктивных параметров коронирующих систем на характеристики электрических аэроионизаторов.

Постановка проблемы. Повышение эффективности деятельности личного состава МЧС Украины требует проведения ряда мероприятий по обеспечению нормативных условий жизнедеятельности в помещениях специального назначения МЧС Украины (ПСН), одним из которых является искусственная аэроионизация. Анализ методов и технических средств искусственной ионизации воздуха показывает, что наиболее универсальными для нормализации аэроионного режима в ПСН является коронный метод аэроионизации. Устройства ионизации воздуха, основанные на этом методе обладают высокой производительностью, лучшими, по сравнению с аналогами, конструктивно-технологическими особенностями, безопасны в эксплуатации, практически не создают при работе побочных продуктов [1]. Разработка таких устройств для ПСН требует исследования процесса генерирования аэроионов в коронных аэроионизаторах.

Анализ последних исследований и публикаций. Обзор работ по технике ионизации воздуха показывает, что для искусственной аэроионизации практическое применение находят коронные аэроионизаторы на постоянном, переменном и импульсном напряжении, а также генераторы аэроионов на высокочастотном разряде [2]. При этом аналитическому описанию поддаются лишь электрические поля коаксиально-цилиндрической системы и частично поля системы «провод-плоскость». Поэтому выбор применяемых коронирующих систем осуществляется, в основном, экспе-

риментальными методами, которые позволяют получать только качественную картину рассматриваемых явлений [3].

Наиболее распространенными конструкциями коронирующих систем в аэроионизаторах являются игольчатые и проволочные электроды. Экспериментально установлено, что игольчатые электроды с определенным расстоянием между остриями при одинаковых напряжениях создают более сильные электрические поля, чем провода. Кроме того, для игольчатой формы электродов наблюдается широкая локализация пространственного заряда у острия [4].

Количество аэроионов n , генерируемых коронным аэроионизатором, зависит от электрических характеристик коронного разряда, которые определяются полярностью, типом и формой напряжения на коронирующих электродах, геометрической конфигурацией коронирующей системы (количеством коронирующих электродов, их размерами, расстоянием между ними и др.)

$$n = \exp\left(\int a_u(x)dx\right), \quad (1)$$

где x – расстояние от коронирующего электрода, м; $a_u(x)$ – первый коэффициент ионизации Таунсенда.

Многообразие коронирующих систем и сложность явлений процессов коронного разряда в них определили цель данной работы – исследование влияния режимных и конструктивных параметров коронирующих систем на характеристики электрических аэроионизаторов.

Постановка задачи и ее решение. В данной работе было проведено исследование коронирующих систем с игольчатыми (остриевыми) электродами.

Основными конструктивными параметрами игольчатых коронирующих электродов являются: длина электрода $l_э$, угол заточки острия $\beta_э$, радиус закругления $R_э$.

Длина игольчатых электродов является параметром, определяющим размеры коронирующих систем. На рис. 1 приведена зависимость ионного тока I_k от длины игольчатого коронирующего электрода $l_э$ при напряжении $U_k = -15$ кВ. Влияние длины игольчатых коронирующих электродов на количество генерируемых аэроионизатором ионов тем сильнее, чем больше угол заточки острия. В связи с этим целесообразно при выборе длины игольчатых коронирующих электродов в качестве критерия принимать опти-

мально возможное соотношение между ионной производительностью коронного аэроионизатора и его массогабаритными характеристиками.

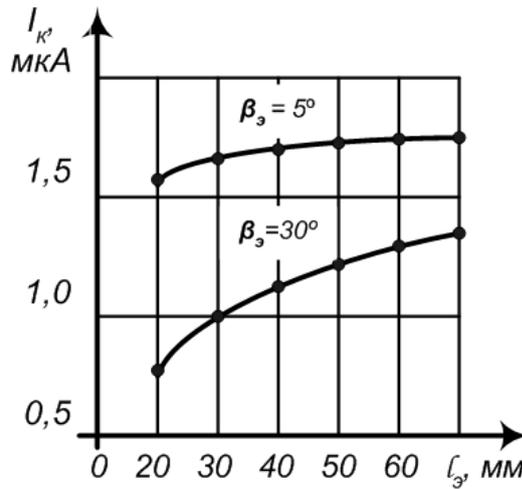


Рис. 1 – Влияние длины остриевого коронирующего электрода l_3 на ток I_k коронного разряда ($U_k = -15$ кВ)

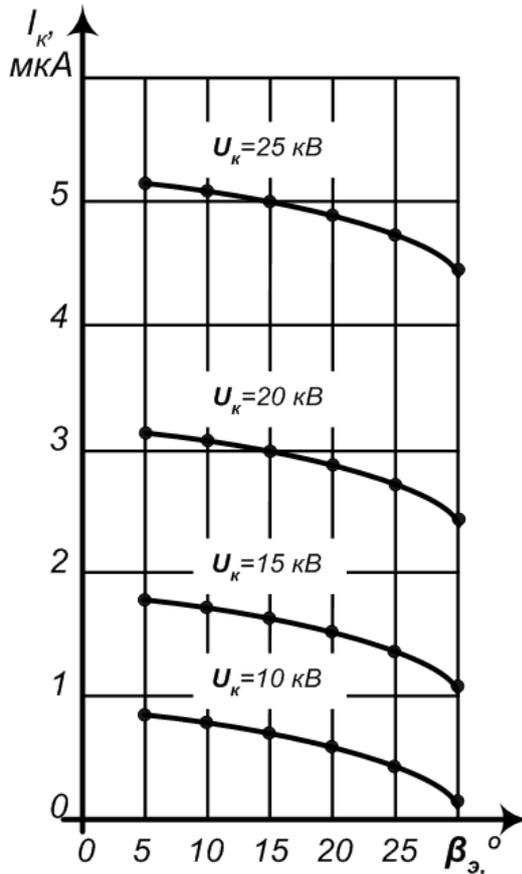


Рис. 2 – Зависимость тока коронного разряда I_k от угла β_3 острия коронирующего электрода

Экспериментальными исследованиями было установлено, что угол заточки игольчатых коронирующих электродов не только оказывает влияние на ионную производительность аэроионизатора, как один из конструктивных параметров, но и определяет радиус закругления острия при изготовлении, который должен быть минимально возможным. С учетом технологии изготовления игольчатых коронирующих электродов, оптимальный угол заточки β_3 , в пределах которого наблюдается максимальный ионный ток I_k при минимальном напряжении на коронирующем электроде, должен находиться в пределах от 15° до 30° (рис.2).

Диаметр цилиндрической части и материал игольчатого коронирующего электрода при атмосферном давлении не влияет заметным образом на электрические характеристики коронного разряда.

Конструктивные особенности коронных аэроионизаторов также определяются реализуемым в них механизмом удаления образующихся аэроионов.

Удаление аэроионов от коронного аэроионизатора осуществляется под действием тепловой диффузии, электрических сил объемного заряда, внешних электрических полей и направленного потока воздуха.

Согласно кинетической теории газов, максимальную скорость диффузии можно оценить среднеквадратичным смещением \bar{x} аэроиона по одной из координат за некоторое время t , с [5]

$$\bar{x} = 0,0105\sqrt{K \cdot T \cdot t}, \quad (2)$$

где K – подвижность аэроионов, $\text{см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$; T – абсолютная температура, К.

Электрическое поле объемного заряда генерируемых аэроионов приводит к электростатическому рассеиванию последних, которое заканчивается тогда, когда концентрация аэроионов в объеме ионизированного воздуха становится однородной. Скорость электростатического рассеивания выражает время $t_{0,5}$, в течение которого концентрация аэроионов n уменьшается до половины первоначальной величины

$$t_{0,5} = \frac{1}{4\pi \cdot K \cdot q \cdot n} \approx \frac{55}{K \cdot n} \cdot 10^{-3}, \text{ с.} \quad (3)$$

где q – электрический заряд, $q = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Для случая одномерного расширения слоя ионизированного воздуха проведем сравнительную оценку эффектов электростатического рассеивания и диффузии, рассматривая оба эти фактора независимо.

Выделим в объеме слой ионизированного воздуха шириной $2x_0$, средней плоскостью которого является плоскость $Y-Z$. Поверхностная плотность электрических зарядов слоя σ_s , создаваемая отрицательными аэроионами, имеющими начальную концентрацию n_0^- , и положительными аэроионами, концентрацией n_0^+ ($n_0^- > n_0^+$), будет равна

$$\sigma_s = 2x_0 \cdot q(n_0^- - n_0^+). \quad (4)$$

По теореме Гаусса, в некоторой точке вблизи этого слоя напряженность электрического поля E , направленного вдоль оси X , будет

$$E = 2\pi \cdot \sigma_s, \quad (5)$$

а скорость дрейфа V_{dp} аэроионов с поверхности слоя под действием этого поля

$$V_{dp} = K \cdot E = 2\pi \cdot \sigma_s \cdot K. \quad (6)$$

Путь $x_{эф}$, пройденный аэроионом за время t , будет равен

$$x_{эф} = x - x_0 = V_{dp} \cdot t = 2\pi \cdot \sigma_s \cdot K \cdot t. \quad (7)$$

Приравнивая (2) и (7), определяем момент времени, в течение которого рассеивание вызывает такое же перемещение, как и диффузия

$$t_0 = 2,8 \cdot 10^{-6} \frac{T}{\sigma_s^2 \cdot K}, \quad (8)$$

Перемещение $x_{эф}$ аэроионов под действием электростатического рассеивания увеличивается пропорционально времени t , тогда как смещение \bar{x} под действием диффузии пропорционально

\sqrt{t} . При $t < t_0$ имеет место превалирование диффузии над рассеиванием, а при больших t ($t > t_0$) движение аэроионов определяется в основном электростатическим рассеиванием (рис. 3).

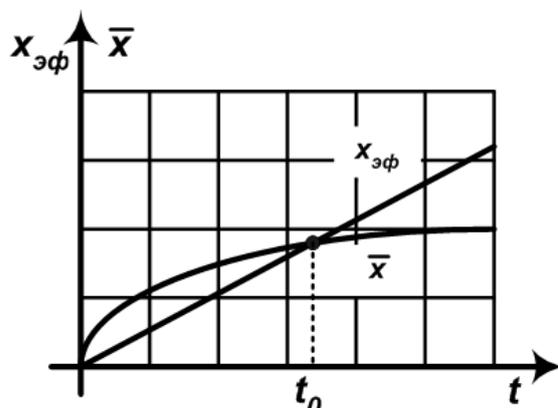


Рис. 3 – Зависимость времени t электростатического рассеивания $x_{эф}$ и расстояния \bar{x} , проходимого ионом вследствие диффузии

Влияние тепловой диффузии и электрического поля объемного заряда на удаление аэроионов от коронного аэроионизатора при встречающихся в практике искусственной аэроионизации градиентах концентрации аэроионов незначительно.

В отдельных случаях представляется возможным использовать внешние направленные электрические поля [6]. Однако, при таком способе возникают значительные трудности обеспечения равномерного распределения концентрации аэроионов в объеме.

Наиболее часто в практике искусственной аэроионизации реализуется механизм удаления аэроионов потоком воздуха, проходящего через аэроионизатор. Для ионного тока I_k с острия коронного ионизатора при обдуве последнего потоком воздуха экспериментально установлена зависимость [7]

$$I_k = 1,315 \cdot \varepsilon_0 \cdot V(U_k - U_{к0}) \left(\frac{D_0}{D} \right)^{0,31} + 1,785 \cdot \varepsilon_0 \cdot K \cdot U_k (U_k - U_{к0}) \left(\frac{D_0}{D} \right), \quad (9)$$

где D_0 – плотность воздуха при 293 К и 760 мм рт.ст., кг/м³; D – плотность воздуха в разрядном промежутке, кг/м³; V – скорость воздуха, м/с; U_k – напряжение на коронирующих электродах, В;

$U_{\kappa 0}$ – напряжение начала коронирования, В; ε_0 – диэлектрическая постоянная, Ф/м.

Ток I_{κ} будет определять ток ионов I_n на выходе аэроионизатора

$$I_n = \eta \cdot I_{\kappa} = \eta \cdot q \cdot n^{\pm} \cdot S_{эф}(V + K \cdot E), \quad (10)$$

где $S_{эф}$ – площадь выходного сечения аэроионизатора, м³; η – коэффициент использования тока коронного разряда ($\eta < 1$).

Для систем вентиляции и кондиционирования воздуха, где $K \cdot E \ll V$ и воздух обеспылен, с достаточной для инженерных расчетов точностью можно не учитывать вторые члены в формулах (10), (11). Тогда

$$I_{\kappa} = 1,315 \cdot \varepsilon_0 \cdot V(U_{\kappa} - U_{\kappa 0}) \left(\frac{D_0}{D} \right)^{0,31}, \quad (11)$$

и

$$I_n = \eta \cdot q \cdot n^{\pm} \cdot S_{эф} \cdot V. \quad (12)$$

Решая (12) и (13) относительно n^{\pm} , имеем

$$n^{\pm} = \frac{1,315 \cdot \eta \cdot \varepsilon_0 (U_{\kappa} - U_{\kappa 0})}{q \cdot S_{эф}} \left(\frac{D_0}{D} \right)^{0,31}, \quad (13)$$

т.е. концентрация n^{\pm} аэроионов на выходе коронного аэроионизатора не зависит от скорости воздуха, обдувающего коронирующие электроды.

Влияние температуры T и давления P воздуха на ток I_{κ} коронного разряда может быть выражено соотношением (10) через изменение плотности воздуха D при помощи уравнения состояния газа

$$D = D_0 \frac{T_0}{T} \cdot \frac{P}{P_0}. \quad (14)$$

Экспериментальные вольтамперные характеристики коронного разряда в воздухе в зависимости от давления при отрицательных постоянных напряжениях на коронирующих электродах и температуре $T = 293 \text{ К}$ показаны на рис. 4. Температурные зависимости вольтамперных характеристик коронного разряда в воздухе при атмосферном давлении приведены на рис. 5. Существенное влияние на ток коронного разряда оказывает относительная влажность воздуха, проходящего через коронный аэроионизатор (рис. 6). Это связано с процессом прилипания образующихся ионов к каплям воды, поверхность которых заряжена положительно за счет наличия двойного электрического слоя [8].

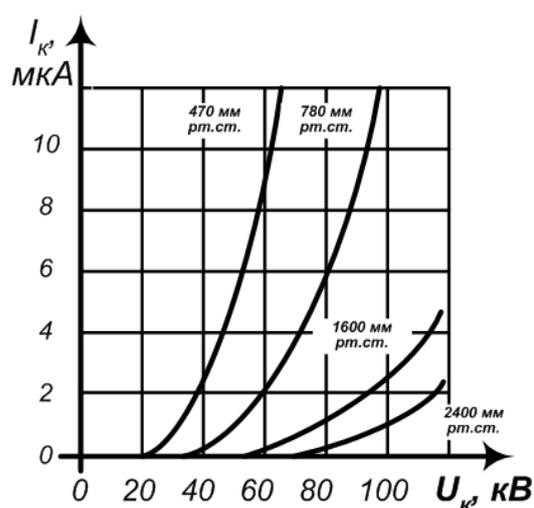


Рис. 4 – Влияние давления на отрицательный коронный разряд в воздухе при $T = 293 \text{ К}$

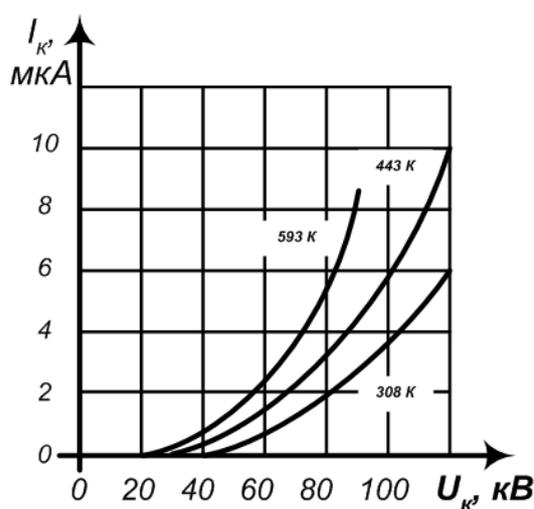


Рис. 5 – Влияние температуры на коронный разряд в воздухе при атмосферном давлении

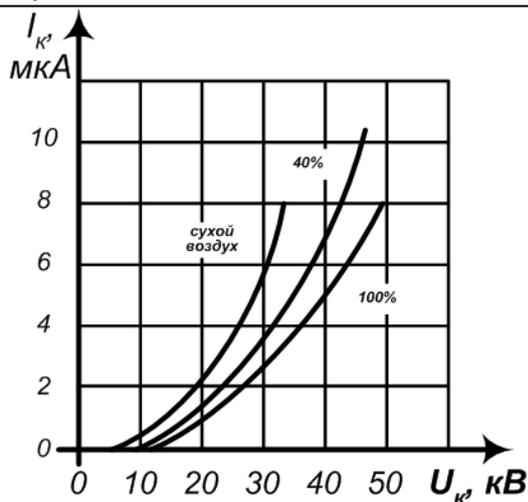


Рис. 6 – Влияние влагосодержания в воздухе на ток отрицательного коронного разряда при $T = 497 \text{ K}$

Выводы. Анализ результатов исследований показывает, что для ПСН, в которых используются коронные аэроионизаторы, установленные в системах жизнеобеспечения, работающих в штатном режиме, изменения количества генерируемых аэроионов за счет возможных колебаний температуры, относительной влажности и давления будут весьма незначительны.

Для реализации мероприятий искусственной аэроионизации воздуха в ПСН наиболее целесообразно использовать удаление аэроионов от источника ионизации потоком проходящего через него воздуха. В этом случае распределение и формирование полей концентрации аэроионов в объеме помещения обеспечивается соответствующим воздухораспределением, а в качестве транспортирующих устройств могут быть использованы соответствующие устройства систем жизнеобеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толкунов І.О., Маринюк В.В., Попов І.І., Пономар В.В. Деякі аспекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення МНС України // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – №8. – С.198-206.
2. Левитов В.И. Корона переменного тока. – М.: Энергия, 1969. – 272 с.

3. Cooperman P. A theory for space charge limited currents with application to electrical precipitation. – Trans. Am. Inst. Elect. Engrs., 1960. – Vol. 79, P.47.
4. Салата Н.П. Обоснование оптимальных параметров остриевых коронирующих электродов для аэроионизации животноводческих помещений. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Вып. №35, 1976. – С85-89.
5. Левич В.Г. Курс теоретической физики. Т.1. – М.: Наука, 1969. – 912 с.
6. Таммет Х.Ф. Удаление ионов от аэроионизаторов: Сб. Труды по аэроионизации и электроаэрозолям. Ученые записки Тартуского госуниверситета. Вып. №140, 1963. – С.103-109.
7. Chapman S. Corona point current in wind. J. of Geophysical Reserch. Vol. 75, №12, 1970. P.2165-2169.
8. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами. – М.: Химия, 1967. – 344 с.
nuczu.edu.ua

УДК [556.114:574.63] (285.33)

*Третьяков О.В., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Пономаренко Р.В., ад'юнкт, УЦЗУ*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПИТНОЇ ВОДИ В УМОВАХ ПОГІРШЕННЯ СТАНУ ПРИРОДНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ДЖЕРЕЛА

(представлено д-ром техн. наук Соловійом В.В.)

Розглянуто основні методи зниження вмісту солей жорсткості, концентрації сульфат іонів, загального вмісту солей у воді поверхневих джерел водопостачання. Наведені результати експериментальних досліджень в умовах Карачунівського водосховища. Запропоновано принципову технологічну схему виготовлення питної води, яка відповідає вимогам стандарту по цих показниках.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день, в Україні, існує постійний ризик захворювання населення, пов'язаний з вживанням питної води з вмістом домішок понад рівень