

2. Методика прогнозування масштабів зараження сильнодействующими веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. РД 52.04.253-90.- М.: Госгидромет СССР, 1991.- 23 с.
3. <http://rizikon.ua/articles/>

УДК 697.953:537.56

*Толкунов І.О., ст. викл., УЦЗУ,
Маринюк В.В., нач. від., ДОЗ та МБЗ МНС України,
Попов І.І., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Пономар В.В., ад'юнкт, УЦЗУ*

**ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНОГО
АЕРОІОННОГО РЕЖИМУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА
ПРИМІЩЕНЬ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МНС УКРАЇНИ**
(представлено д-ром техн. наук Ларіним О.М.)

Обґрунтована доцільність штучної аероіонізації робочого середовища приміщень спеціального призначення шляхом застосування електричного коронуючого розряду та визначені основні тактико-технічні вимоги до методів і засобів для її реалізації. Визначені загальні підходи щодо розробки електронних схем коронних іонізаторів локального типу для приміщень оперативного управління силами і засобами МНС України

Постановка проблеми. Реалізація заходів по попередженню і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій вимагає постійного підвищення ефективності оперативного управління силами і засобами (ОУСЗ) МНС України. Це в значній мірі визначається якістю діяльності особового складу підрозділів ОУСЗ, яка залежить як від фізичної і спеціальної підготовки, так і від умов повітряного середовища мешкання (ПСМ) [1]. Підтримання необхідних гігієнічних, мікрокліматичних та хімічних показників ПСМ забезпечується високоефективними сучасними системами вентиляції та кондиціювання. В той же час, їх застосування залишає повітря робочої зони приміщень ОУСЗ без природного електричного заряду (позитивно та негативно заряджених аероіонів). Наявність останнього формує відповідний аероіонний режим, який в значній

мірі впливає на загальний стан особового складу підрозділів ОУСЗ та ефективність їх діяльності в цілому [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання забезпечення нормативного аероіонного режиму в приміщеннях спеціального призначення різних відомств поки що не знайшли відповідного місця як в науковій літературі, так і безпосередньо при реалізації технічних рішень в процесі їх проектування, будівництва і експлуатації. У той же час є дані, що при експлуатації систем кондиціонування в приміщеннях формується аероіонний режим із низьким рівнем концентрації аероіонів, походження яких, до того ж, відрізняється від природних іонів атмосфери. При цьому у людей спостерігається дратівливість, втома, депресії, зниження працездатності, виникнення „синдрому нездорової будівлі” тощо [3]. У зв'язку з цим питання оптимізації аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення набуває особливої актуальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що сучасні іонізатори, які застосовуються в побутових, промислових та інших приміщеннях, мають загальний суттєвий недолік – складність отримання достатньо стабільної та однорідної концентрації іонів в ПСМ. Також недостатньо вивчені закономірності процесу іоноутворення та методи оптимального використання штучної аероіонізації для підвищення якості повітряного середовища приміщень [4].

Для отримання штучно іонізованого повітря використовуються методи, що засновані на різних фізичних процесах (рис. 1) і на основі яких розроблений широкий клас генераторів аероіонів (аероіонізаторів): генератори аероіонів на основі радіоактивних ізотопів, генератори аероіонів з використанням УФ випромінювань і фотоефекту, гідроаероіонізатори, термоелектронні аероіонізатори, коронні аероіонізатори [4,5].

Радіоактивні аероіонізатори при простоті конструкції, високій надійності та економічності вимагають забезпечення радіаційної безпеки як при їх експлуатації, так і в процесі зберігання. Обмежене їх застосування в спеціальних приміщеннях пов'язано з необхідністю забезпечення захисту від забруднення робочого середовища радіоактивними речовинами вище встановлених норм.

Генератори аероіонів, засновані на іонізації повітря УФ випромінюванням, не отримали розповсюдження із-за складності їх експлуатації та утворення в повітрі при іонізації високих концен-

Деякі аспекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення МНС України

трацій озону та інших шкідливих біологічно активних газів. Цей метод, крім вказаних недоліків, характеризується низькою ефективністю іоноутворення, значною споживаемою потужністю та складністю регулювання концентрації аероіонів.

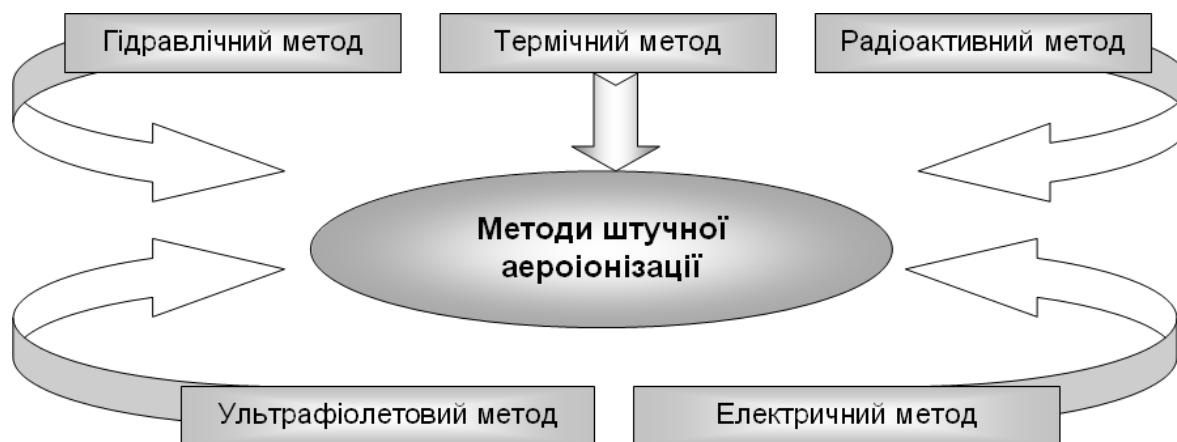


Рис. 1 – Основні методи аероіонізації штучного середовища мешкання

Порівняльний аналіз методів аероіонізації показує, що недоліком гідроаероіонізаторів є складність регулювання кількості утворених аероіонів. Практично не піддається регулюванню коефіцієнт уніполярності аероіонів. Такі аероіонізатори громіздкі, незручні в експлуатації, при роботі створюють неконтрольовані зміни параметрів мікроклімату повітряного середовища та механічний шум.

Ряд суттєвих недоліків притаманний і тепловим генераторам аероіонів: низька надійність (перегорання спіралей), утворення великої кількості позитивних середніх і важких іонів, пожеже-небезпечність, утворення значної кількості озону, окислів азоту, продуктів горіння та іонної емісії, необхідність забезпечення в процесі експлуатації стабільності параметрів робочої поверхні.

Проведений аналіз методів і технічних засобів штучної іонізації повітря показує, що найбільш універсальним методом для забезпечення нормативного аероіонного режиму в штучному середовищі мешкання є метод електричної аероіонізації. В електричних генераторах аероіонів повітря іонізується коронним розрядом, який утворюється біля коронуючих електродів іонізатора під дією високої напруги. Аероіонізація повітряного середовища електричним коронним розрядом відрізняється простотою конструкції, малими експлуатаційними витратами, можливістю отримання чисто

уніполярних іонів високої концентрації, легкістю керування в широкому діапазоні та можливістю повної автоматизації процесу.

Постановка завдання та його вирішення. Мета роботи – визначення можливих шляхів удосконалення методів та засобів штучної аероіонізації робочого середовища приміщень ОУСЗ МНС України.

Аналіз методів та засобів штучної аероіонізації показує, що в умовах робочого середовища приміщень ОУСЗ МНС України найбільш доцільним є використання електричного методу. Коронні аероіонізатори, засновані на цьому методі, повинні задовольняти наступним вимогам, а саме:

- генератор аероіонів повинен створювати в будь-якій точці приміщення задану концентрацію аероіонів з визначеним коефіцієнтом уніполярності;

- електрична рухливість аероіонів, створюваних аероіонізатором, повинна бути не меншою ніж $0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$;

- генератор аероіонів не повинен створювати в повітрі озон, окисли азоту та інші шкідливі домішки в кількостях, що перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК);

- конструкція коронуючої системи повинна забезпечувати можливість роботи аероіонізатора при мінімально можливій напрузі ;

- конструкція аероіонізатора повинна виключати випадкове торкання людини до коронуючих електродів, які знаходяться під високою напругою;

- генератор аероіонів повинен бути електро-пожежо-вибухонебезпечним, не створювати перешкод в кабельній мережі та радіоефірі;

- генератор аероіонів повинен мати мінімально можливе енергоспоживання, масо-габаритні характеристики і опір потоку повітря;

- генератор аероіонів повинен бути нескладним і технологічним у виготовленні, зручним в експлуатації високонадійним приладом, який не вимагає частого профілактичного обслуговування.

Розглянемо процес утворення іонів в аероіонізаторі, вольт-амперні характеристики та схеми заміщення коронно-розрядної електродної системи. Відомо, що для створення коронного розряду необхідно щоб хоча б один з електродів мав невеликий радіус кривизни (тонкий дріт, голчастий електрод або вістря тощо), на який

Деякі аспекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення МНС України

подається напруга, а другий електрод заземлюється. Коронний розряд виникає при різко неоднорідному електричному полі з достатньою напруженістю розрядного проміжку.

У випадку циліндричних електродів коронний розряд буде характеризуватися величиною напруженості електричного поля E_i , яку можна визначити використовуючи емпіричну формулу Піка [6]

$$E_i = 3,04 \left(\delta + 0,0311 \sqrt{\frac{\delta}{r_0}} \right) \cdot 10^6, \quad (1)$$

де E_i – критична напруженість поля запалювання корони, В/м; δ – відносна щільність повітря (при $t = 20^\circ\text{C}$ та $\rho = 760$ мм.рт.ст. $\delta = 1$); r_0 – радіус коронуючого електроду, м.

При цьому, вираз для критичної напруги U_i запалювання коронного розряду має вигляд

$$U_i = 3,04 \cdot 10^6 \left(\delta + 0,0311 \sqrt{\frac{\delta}{r_0}} \right) \cdot r_0 \cdot \ln \left(\frac{R}{r_0} \right). \quad (2)$$

де U_i – критична напруга запалювання коронного розряду, В; R – радіус зовнішнього електроду, м, ($r_0 < R$).

При збільшенні напруги U між електродами вище критичного U_i , електричний струм коронного розряду швидко наростає та визначається формулою Дейча [6]

$$i = \frac{8\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot k \cdot U(U - U_i)}{R^2 \cdot \ln \frac{R}{r_0}}, \quad (3)$$

де U – напруга між коронуючими електродами, В; i – лінійна щільність струму між циліндричними електродами, А/м; ε_0 – діелектрична проникність вакууму, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; k – рухливість іонів, $k = 1,84 \cdot 10^{-4}$ м²/В·с.

Виходячи з формули (2), отримуємо вираз для розрахунку напруги U

$$U = U_i + \frac{i \cdot R}{8\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot k \cdot E}, \quad (4)$$

де E – напруженість електричного поля біля зовнішнього електрода, В/м.

Збільшення напруги корони U над критичною напругою U_i запалювання корони визначається з формули (4), при цьому враховується об'ємний заряд аероіонів, отриманих в результаті коронного розряду

$$U - U_i = \frac{i \cdot R}{8\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot k \cdot E} = \frac{n \cdot e \cdot R^2}{4\varepsilon_0}, \quad (5)$$

де e – елементарний заряд, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; n – концентрація аероіонів, що генерується аероіонізатором, м^{-3} .

Таким чином, виходячи з формули (5) можна отримати значення концентрації аероіонів, що створюються коронним аероіонізатором, у вигляді

$$n = \frac{4\varepsilon_0 \cdot \left(U - 3,04 \cdot 10^6 \left(\delta + 0,0311 \sqrt{\frac{\delta}{r_0}} \right) \cdot r_0 \cdot \ln \left(\frac{R}{r_0} \right) \right)}{e \cdot R^2}. \quad (6)$$

При цьому в розрахунках при визначенні режиму роботи коронного аероіонізатора слід дотримуватися рекомендованих доз аероіонізації в біологічній зоні дихання особового складу в залежності від часу тривалості чергової зміни.

Одною з основних характеристик коронного розряду є вольтамперна характеристика (ВАХ) – залежність сили струму коронного розряду від напруги, прикладеної до розрядної системи. За допомогою ВАХ можна визначити потужність, що споживається коронним розрядом, регулювати технологічні процеси в приладах з коронним розрядом, кількісно оцінювати утворення іонів в процесі іонізації повітряного середовища та ефективність застосування різних коронуєчих систем тощо [7].

ВАХ залежить від геометричних параметрів розрядної системи, температури, тиску, відносної вологості, газового складу оточуючого середовища і визначається експериментально.

На рисунку 2 показана вольт-амперна характеристика коронного іонізатора локального типу, що досліджувався. При цьому формула (3) або вольт-амперна характеристика (рис. 2) дозволяє визначити активний опір R іонізатора.

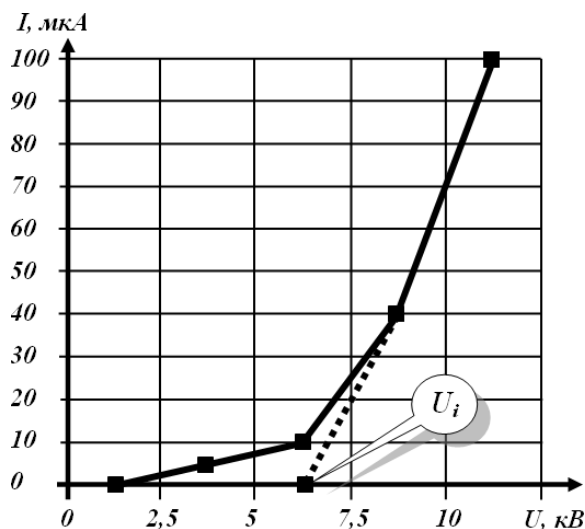


Рис. 2 – Вольт-амперна характеристика досліджуваного коронного аероіонізатора

Приведений вище аналіз дозволяє скласти схему заміщення коронно-розрядної системи іонізатора локального типу, до складу якої разом з коронуючими елементами входить блок живлення (рис. 3, а, б, в). Схема заміщення (рис. 3, а) при напрузі менше критичної ($U < U_i$), дозволяє високовольтний кабель живлення (з'єднаний з трансформатором, який має схему заміщення $L1-R1$) та емкісну накладку (з елементами іонізатора) представити конденсатором $C1$, який заряджається до амплітудного значення пульсуючої напруги. При цьому, ємкість конденсатора циліндричної форми трубчатого (7) або пластинчастого (8) іонізатора буде відповідно визначатися

$$C_{тр} = \frac{2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot n \cdot L}{\ln \frac{R}{r_0}} + C_k, \quad (7)$$

$$C_{пл} = \frac{2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot n \cdot L}{\ln \frac{\sqrt{R^2 + a^2}}{r_0 \cdot n}} + C_k, \quad (8)$$

де ε – відносна діелектрична проникність бар'єра, для повітря, $\varepsilon = 1$ Ф/м; n – кількість коронуючих електродів, шт.; L – довжина емкісної накладки, м; a – відстань між коронуючими електродами, м; C_k – ємкість кабелю живлення, Ф.

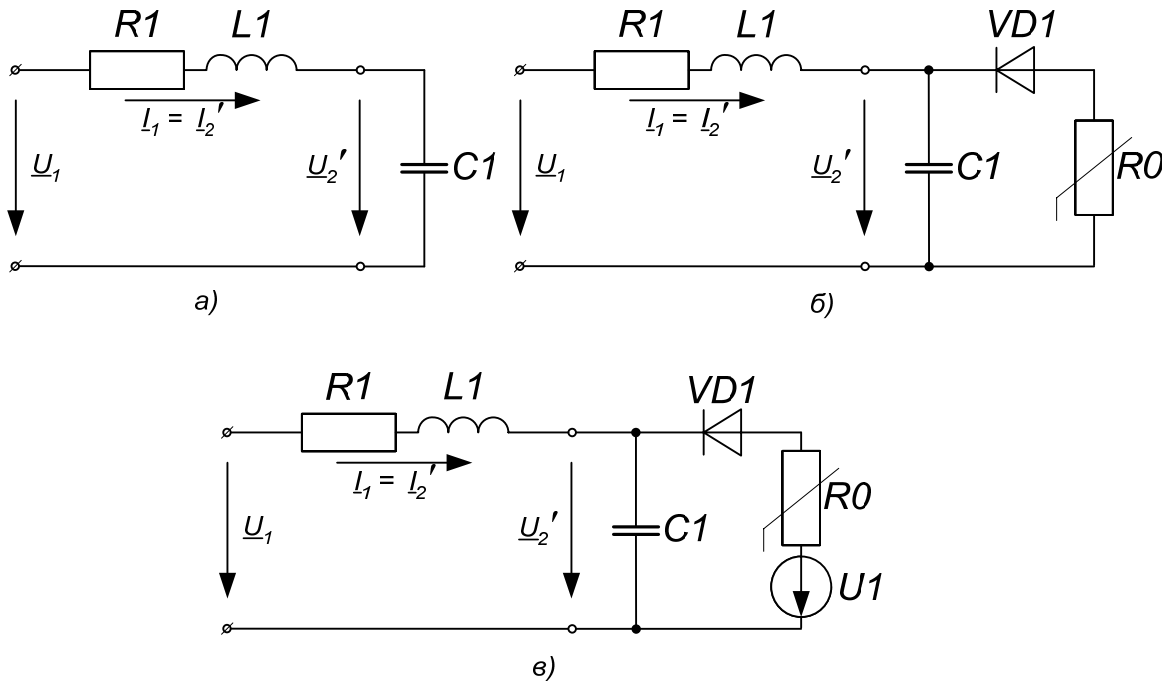


Рис. 3 – Схеми заміщення іонізатора коронно-розрядної системи

При досягненні напруги до значення, при якому починається коронний розряд ($U > U_i$), з'являється активна складова струму. Схема заміщення в цьому випадку (рис. 3, б) виглядає, як конденсатор $C1$ і паралельно включений активний нелінійний резистор $R0$. Нелінійність активного опору $R0$, в основному обумовлена наявністю коронного розряду в міжелектродному просторі, значення якого залежить від напруги і технологічного режиму роботи іонізатора.

Схема заміщення (рис. 3, в) відповідає дуговому пробою міжелектродного проміжку і справедлива для режимів ($U < U_i$) та ($U > U_i$). Однак у випадку дугового пробою може наступити перенапруга $U1$, тобто виникнути аварійний режим роботи. При аналітичному розрахунку цього режиму в схемі заміщення (рис. 3, в) враховують, що загальна напруга U в 1,5...2 рази більше U_i та нелінійний опір $R0$ можна вважати постійним опором R .

Висновок. В роботі проведено аналіз існуючих методів та засобів штучної іонізації повітря та визначені загальні підходи щодо розробки конструктивних схем коронних розрядних електронних систем іонізаторів локального типу для забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень ОУСЗ МНС України.

Визначені вольт-амперні характеристики і розроблені схеми заміщення коронних розрядних систем, які характеризуються активно-ємкісним навантаженням.

Обґрунтована необхідність теоретичного узагальнення та практичного вирішення науково-технічних задач щодо застосування сучасних електротехнологій обробки повітря для розробки ефективних технічних засобів аероіонізації в приміщеннях ОУСЗ МНС України на основі застосування коронно-розрядних систем типу „джерело живлення – іонізатор”.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України. – введені в дію наказом МНС України від 07.05.2007 р. № 312.
2. Попов И.И., Толкунов И.А., Пономарь В.В. Особенности влияния рабочей среды на эффективность деятельности личного состава подразделений оперативного управления силами и средствами МЧС Украины // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2008. – №7. – С.145-152.
3. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей. – <http://www.abok.ru>
4. Шилкин А.А., Губернский Ю.Д., Миронов А.М. Аэроионный режим в гражданских зданиях. – М.: Стройиздат, 1988. 168 с.
5. Сторчевой В.Ф. Ионизация и озонирование в птицеводстве // Автореферат дис. д-ра техн. наук. – М.: РГБ, 2004.
6. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И.П. Верещагин, В.И. Левитов, Г.З. Мирзабекян, М.М. Пашин. – М.: Энергия, 1974. – 480 с.
7. Верещагин И.П. Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 160 с.
nuczu.edu.ua