

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА”



МІНІСТЕРСТВО  
ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization

**М.А.Н.**

• Мала академія наук  
• України під егідою  
• ЮНЕСКО

# ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ XVII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ “АКАДЕМІЧНА Й УНІВЕРСИТЕТСЬКА НАУКА: РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ”



**12-13 ГРУДНЯ 2024 РОКУ**

УДК: 537.565

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПРЕМІЩЕНЬ  
ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ ФАКТОРАМИ ВПЛИВУ**

**Петровський О. М.**

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

***Анотація.** Проведено аналіз принципів знезараження повітря поєднанням двох способів випромінювання: іонізаційного та ультрафіолетового. Висвітленні основні конструкції аероіонізаторів для вибору найефективнішої системи знезараження конденсованих середовищ та фізико-математичного моделювання його роботи.*

*Запропоновано електрофізичну модель роботи іонновітрового ультрафіолетового озонатора-знезаражувача повітря, яка враховує процеси створення електричного вітру, негативних аероіонів, озону, знезараження за допомогою ультрафіолетового випромінювання, що може застосовуватися при проектуванні відповідного обладнання.*

***Ключові слова:** іонізатори, ультрафіолетове випромінювання, іонний вітер, коронний розряд.*

**Постановка проблеми.** Запобігання розповсюдження захворювань - основне завдання процесу знезараження повітря та поверхонь. Особливо гостро ця проблема стоїть у місцях великого скупчення людей, тварин, погано вентильованих приміщеннях, а також в приміщеннях з рециркуляцією повітря.

Застосування різних фізичних впливів в даний час стає все більш актуальним, оскільки є одним з головних методів інактивації вірусів, бактерій і грибків [1,10,11,].

**Аналіз літературних джерел.** Штучні іонізатори бувають: електричні уніполярні і біполярні, радіоактивні, з використанням ефекту розбризкування води, ультрафіолетового випромінювання і інші. Найчастіше застосовують штучні іонізатори, засновані на використанні коронного розряду. Першими застосовувалися уніполярні іонізатори, які окрім корисних ефектів виробляли ще електростатичне поле і озон [1 - 8].

**Мета досліджень.** Моделювання фізичних процесів іонізації середовищ. Створення конструктивно простих і технологічно ефективних іонізаторів середовищ в основу роботи яких покладено принцип іонного вітру, ефекту Бифельда-Брауна, коронного розряду, ультрафіолетового випромінювання.

**Методи досліджень.** Застосовані методи опису і аналізу літературних джерел. Метод фізико-математичного моделювання процесу створення іонного вітру і наявності аероіонів різної полярності. Удосконалені математичні моделі ефекту Бифельда-Брауна і аероіонізації Чижевського. Метод експериментальних досліджень визначення швидкості іонного вітру.

**Основні результати теоретичних досліджень.** Іонний вітер – електрофізичне явище, при якому рух газу створюється за допомогою електричного поля, що створюється електростатичним прискорювачем. Електростатичний прискорювач (ЕП) – пристрій, що надає рух газам, зокрема – повітрю без яких-небудь рухомих частин. Замість механічної енергії лопатей, що обертаються, як в звичайних вентиляторах, ЕП використовує електричне поле для додачі рушійного моменту електрично зарядженим молекулам повітря[8].

Процеси іонізації електронів описуються рівнянням [8, 10, 11]:

$$dn = \alpha n dx \quad (1)$$

де  $dn$  – кількість вільних електронів, що з'явилися в результаті пробігу  $n$  електронів на дистанції  $dx$  в електричному полі.

$\alpha$  – коефіцієнт, що залежить від властивостей газу і його щільності, а також є функцією напруженості електричного поля.

Кількість аероіонів в повітрі, що створюються між коронуючим і осаджуючим електродами за одну секунду можна підрахувати за формулою [7],

$$n = \frac{52U \left( Ur - n_{en} d \left( 31\delta r + 9,548\sqrt{\delta r} \right) \right)}{1,6 \cdot 10^{-13} S r d^2}, \quad (2)$$

де  $S$  – площа екрану (осаджуючого електроду),  $\text{см}^2$ .  $U$  – напруга між електродами, кВ;  $\delta$  – відношення щільності повітря до нормальної, що відповідає

тиску  $p = 760$  мм. рт. ст., і температурі  $t = 25$  °С;  $r$  – радіус внутрішнього (коронуєчого) електроду, см;  $d$  – відстань між електродами, м;  $n_{ел}$  – постійна, що враховує коефіцієнт забруднення коронуєчого електрода, його шорсткість поверхні і зміщення відносно осі симетрії,  $n_{ел} = 0,6 \dots 1$ , для чистих співвісних електродів  $n_{ел} = 1$ .

При горінні коронних розрядів будь-якого типу виникають газодинамічні явища у формі електричного вітру (ЕВ) [9].

Для вибраної конструкції іонновітрового бактерицидного знезаражувача-озонатора проведені розрахунки. Використовуючи залежності визначено швидкість електричного вітру (швидкість потоку що проходить через установку),

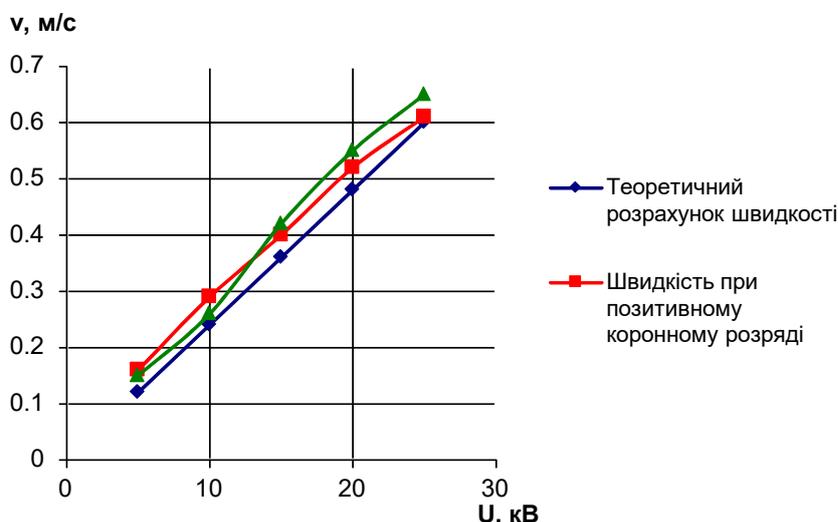
$$V_e = 5,34 \cdot 10^{-9} \frac{U}{r \ln(2d/r) \sqrt{d}}, \quad (3)$$

де  $r$  – радіус поперечного перерізу провoda (радіус закруглення),  $r = 0,00015$  м;  $d$  – відстань між електродами,  $d = 0,052$  м;  $U$  – напруга на електродах,  $U = (5 \dots 25$  кВ).

**Розробка конструкції обладнання.** Враховуючи теоретичні засади і аналіз існуючих систем запропоновано іонновітровий бактерицидний знезаражувач-озонатор призначений для знезараження повітря в закритих приміщеннях в присутності людей. Використовується для зниження мікробної обсемененості повітря та поверхонь за рахунок циркуляції повітряних мас, що знаходяться в приміщенні через поле коронного розряду, де збагачується аероіонами і озоном, а потім опромінюється ультрафіолетовим опроміненням. При роботі пристрою враховується умова, що забір та викид повітря виконується без обмежень та співпадає з напрямками основних конвекційних потоків (наприклад, поблизу приладів опалення, вікон та дверей). Знезаражувач-озонатор може монтуватись в вентиляційну систему в вертикальному або горизонтальному положенні на висоті не нижче 1,5 м від підлоги.

**Експериментальні дослідження.** З метою перевірки теоретичних розрахунків параметрів іонновітрового бактерицидного знезаражувача-озонатора проведено ряд

експериментів по визначенню основних технологічних параметрів, а саме залежність швидкості електричного вітру від напруги на електродах  $V_e = f(U)$  (рис. 1).



*Рис. 1. Залежність швидкості вітру від напруги на електродах іонновітрового бактерицидного знезаражувача-озонатора  $V_e = f(U)$ .*

**Висновки.** Проведено аналіз принципів знезараження повітря поєднанням двох способів випромінювання: іонізаційного та ультрафіолетового. Висвітленні основні конструкції аероіонізаторів для вибору найефективнішої системи знезараження фізико-математичного моделювання його роботи.

Запропоновано електрофізичну модель роботи іонновітрового ультрафіолетового озонатора-знезаражувача повітря, яка враховує процеси створення електричного вітру, негативних аероіонів, озону, знезараження за допомогою ультрафіолетового випромінювання, що може застосовуватися при проектуванні відповідного обладнання.

Проведені експериментальні дослідження показали, що швидкість руху повітря через озонатор-знезаражувач знаходиться в межах 0,16 – 0,65 м/с при напрузі на електродах 5 – 25 кВ, що дозволяє дезінфікувати значні об'єми приміщень. Залежність між напругою електродів і швидкістю руху повітря є лінійною а відповідно її можна збільшувати використовуючи більш потужне живлення.

**Література:**

1. Вассерман, А. Л. Ультрафиолетовые бактерицидные установки для обеззараживания воздушной среды помещений / А. Л. Вассерман. – М.: Изд-во дом света, 1999. – Вып. 8(20).
2. Вассерман, А. Л. Сравнительные характеристики бактерицидных облучателей с ксеноновыми импульсными лампами и с ртутными лампами НД / А. Л. Вассерман // Светотехника. – 2011. – № 5. – С. 51–52.
3. Устройство для получения озона: пат. 2080285 Рос. Федерация: МПК С 01 В 13/11 / Викторов А. И., Марунчак Н. М. – заявитель и патентообладатель Производственно-коммерческая и внедренческая компания "Альфа-Омега". – № 93038125/25 ; заявл. 26.07.1993; опубл. 27.05.1997.
4. Устройство для обеззараживания воздуха: пат. 2153886 Рос. Федерация: МПК А 61 L 9/20 / Сизиков В. П. – заявитель и патентообладатель Сизиков Владимир Петрович. - №99106031/14; заявл. 29.03.2000; опубл. 10.08.2000.
5. Александров Г.Н. Физические условия формирования коронирующего разряда переменного тока. / Г.Н. Александров // Советская физика. – 1956. – Т. 1, № 8. – С. 1714 – 1726.
6. Чижевский А. Л. Аэроионификация в народном хозяйстве / А. Л. Чижевский. – [2-е изд., сокр]. – М.: Стройиздат, 1989. – 488 с.
7. Токарев А. В. Коронный разряд и его применение / А. В. Токарев. – Бишкек: КРСУ, 2009. – 138 с. – Режим доступа <http://arch.kyrlibnet.kg/uploads/Tokarev%20A.V.pdf>
8. Townsend J.S., *Electricity and Magnetism* / J.S.Townsend, // 5th ed., New York: Cambridge University Pressю – 2003. – P. 927.
9. Райзер Ю. П. Физика газового разряда / Ю. П. Райзер. – М.: Наука, 1987. – 536 с.
10. Stephen B. Martin Jr., Chuck Dunn, James D. Freihaut, William P. Bahnfleth, Josephine Lau, Ana Nedeljkovic-Davidovic. *Germicidal ultraviolet irradiation. Modern effective methods to combat pathogenic microflora* // ASHRAE JOURNAL. - 2008. - August.
11. Keklik, N. M. *Microbial decontamination of food by ultraviolet (UV) and pulsed UV light* / N. M. Keklik, K. Krishnamurthy, A. Demirci // *Microbial decontamination in the food industry*. – 2012. – P. 344–369.