

УДК: 378.14.003.13

О.В. Строкань, В.М. Малкіна

Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь

МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОІОННОГО РЕЖИМУ НА ОБ'ЄКТАХ ЗІ ШТУЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ ІСНУВАННЯ

З метою підвищення ефективності управління аероіонним режимом на об'єктах зі штучним середовищем існування виконаний аналіз комп'ютерних систем визначення аероіонного розподілу на горизонтальній площині. Розглянуті системи забезпечують визначення аероіонного розподілу у вигляді ізоліній різного рівня концентрації від'ємних аероіонів, по яких можна визначати зони аероіонного комфорту і дискомфорту на заданому розрахунковому рівні. На основі проведеного аналізу у роботу запропонований алгоритм моделювання аероіонного розподілу у вигляді поверхонь. Таке представлення аероіонного розподілу дасть змогу моделювати аероіонний режим у шарі повітря, що в свою чергу підвищить ефективність створення комфортних умов на робочих місцях, а також дозволить прогнозувати даний процес.

Ключові слова: аероіонний режим, ізоповерхня, алгоритм моделювання, аероіонізатор, аероіонний розподіл.

Вступ

Постановка проблеми. Мікроклімат на об'єктах зі штучним середовищем існування на відміну від відкритих просторів, можна регулювати і керувати ним, забезпечуючи нормовані показники [1, 2, 9]. Управління параметрами аероіонізаційного режиму на таких об'єктах забезпечує боротьбу з такими небезпечними для організму людини факторами як забрудненість, запиленість та загазованість повітря. Пил здатний негативно впливати на внутрішні органи і центральну нервову систему, сприяти виникненню та інтенсивному протіканню професійних захворювань. Тому боротьба із пилом в наш час набуває величезного значення. Для усунення негативного впливу повітря робочого середовища використовується спеціальні аероіонізаційні системи, головним елементом яких є аероіонізатор [3, 11, 12].

Створення комфортних умов на об'єктах зі штучним середовищем існування можливе за рахунок моделювання аероіонного розподілу від штучних джерел аероіонного випромінювання у даному середовищі, яке забезпечить визначити картину розподілення аероіонів, зони аероіонного комфорту і дискомфорту, а також прогнозувати даний процес. Тому моделювання аероіонного розподілу на об'єктах зі штучним середовищем існування є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В наш час моделювання аероіонного поля на об'єктах зі штучним середовищем можливе за допомогою спеціалізованих програмних продуктів (рис. 1, 2) [6, 7]. Наведені на рис. 1-2 програмні продукти призначені для моделювання аероіонного розподілення у вигляді ізоліній – ліній однакового рівня концентрації від'ємних аероіонів.

Система моделювання аероіонного режиму, наведена на рис. 1, призначення для визначення ізоліній концентрації аероіонів у випадку одночасного використання розсіювальних аероіонізаторів

та аероіонізаторів спрямованого аероіонного випромінювання. Дана система є desktop-додатком.

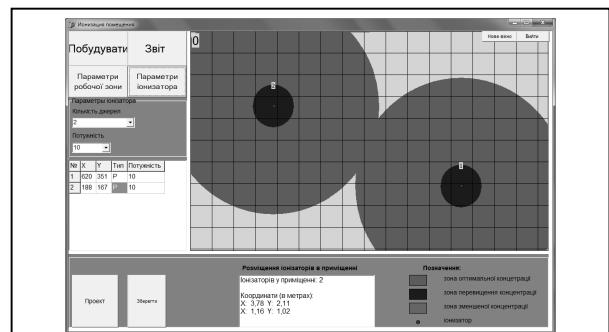


Рис. 1. Система моделювання аероіонного режиму при комбінованому способі використання аероіонізаторів

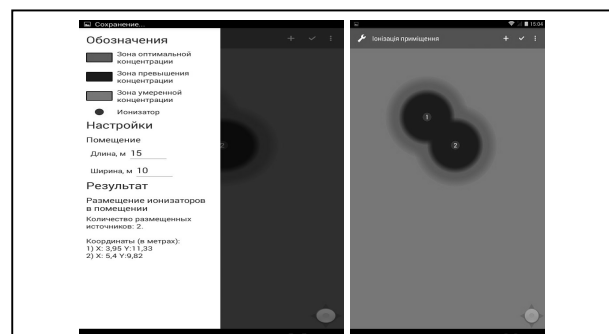


Рис. 2. Мобільний додаток

Наступним кроком у напрямку моделювання аероіонного розподілу від аероіонізаторів стала розробка мобільного додатка на базі операційної системи Android (рис. 2). Дані системи забезпечують моделювання аероіонного розподілу у вигляді ізоліній тільки на рівні, який відповідає рівню дихання людини [5 – 7]. В реальності людина знаходиться в так званому шарі дихання, який являє собою тривимірну модель концентрації від'ємних аероіонів. Тому з метою оптимізації аероіонного режиму на об'єктах зі штучним

середовищем існування пропонується розробити алгоритм моделювання аероіонного режиму у вигляді поверхні аероіонного розподілу.

Формулювання мети статті. Пропонується на основі отриманих практичних результатів дослідження розподілення концентрації аероіонів [5, 8] розробити алгоритм моделювання аероіонного розподілу від розсіювальних аероіонізаторів і аероіонізаторів спрямованого аероіонного випромінювання у вигляді поверхонь.

Виклад основного матеріалу

Для забезпечення нормативних значень концентрації від'ємних аероіонів на об'єктах зі штучним середовищем існування використовуються штучні джерела аероіонного випромінювання – розсіювальні та аероіонізатори спрямованого аероіонного випромінювання [3]. Розсіювальне джерело аероіонів рекомендується підвищувати безпосередньо над зоною аероіонного опромінювання, а аероіонізатор спрямованого аероіонного випромінювання направляти у необхідну для аероіонізації зону.

Побудова поверхонь аероіонного розподілу базується на використанні законів аероіонного розподілення [5, 8]. Розподілення концентрації аероіонів від розсіювального аероіонізатора описується рівнянням, запропонованим Кунгуровим С.Г. [8]:

$$n = 1 / (a r^2 + b), \quad (1)$$

де n – концентрація аероіонів в розрахунковій точці на площині, іон/см³; r – відстань від проекції джерела випромінювання на заданій площині до розрахункової точки, м; a, b – коефіцієнти, які характеризують силу випромінювання аероіонізатору.

Розподілення негативних аероіонів від аероіонізатора направлено аероіонного випромінювання характеризується описується виразом [5]:

$$n = n_0 2^{-h/K_H}, \quad (2)$$

де n_0 – сила випромінювання аероіонізатора, іон/см³; h – траєкторія шляху аероіона від аероіонізатора до заданого шару повітря робочої зони, м; K_H – коефіцієнт, що характеризує змінення величини концентрації аероіонів у два рази при зміні відстані на один метр.

Аналитичний опис поверхні розподілення концентрації аероіонів при і джерел випромінювання отримано, виходячи з наступних міркувань. Нехай дано і аероіонізаторів, сила інтенсивності випромінювання яких $n_1 = n_2 = \dots = n_i$ відповідно, розташованих довільно по відношенню один до одного. Для будь якої точки A^i , інцидентній заданій поверхні, віддаленій від джерел на певну відстань, справедливо співвідношення (1) для розсіювального аероіонізатора і співвідношення (2) для аероіонізатора спрямованого аероіонного випромінювання.

Складемо рівняння для моделювання аероіонного розподілення від двох розсіювальних аероіонізаторів, інтенсивність випромінювання яких n_1 і n_2 відповідно, і які розташовані на одній осі (осі x). Розрахункова точка A^i , що належить горизонтальній площині, проведеній центри аероіонізаторів n_1 і n_2 , має координати $(x_A; y_A)$ (рис. 3).

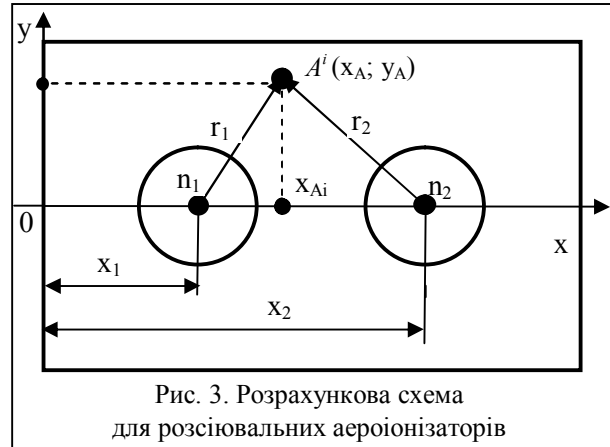


Рис. 3. Розрахункова схема для розсіювальних аероіонізаторів

Квадрат відстані r_1^2 від першого джерела аероіонного випромінювання до розрахункової точки A^i :

$$r_1^2 = x_A^2 - 2x_A x_1 + x_1^2 + y_A^2, \quad (3)$$

де x_1 – відстань від початку координат до першого джерела, м. Квадрат відстані від другого аероіонізатора r_2^2 до розрахункової точки A^i :

$$r_2^2 = x_A^2 - 2x_A x_2 + x_2^2 + y_A^2, \quad (4)$$

де x_2 – відстань від початку координат до другого джерела, м. Підставивши отримані вирази у рівняння (1), рівняння поверхні двох розсіювальних аероіонізаторів прийме вигляд:

$$n = 1 / (a(x_A^2 - 2x_A x_1 + x_1^2 + y_A^2) + b) + 1 / (a(x_A^2 - 2x_A x_2 + x_2^2 + y_A^2) + b). \quad (5)$$

Аналогічно отримуємо рівняння для 2 аероіонізаторів спрямованого аероіонного випромінювання:

$$n = n_{01} 2^{-\sqrt{r_1^2 + h_1}/K_{H1}} + n_{02} 2^{-\sqrt{r_2^2 + h_2}/K_{H2}}. \quad (6)$$

Розрахункова схема для аероіонізаторів спрямованого аероіонного випромінювання наведена на рис. 4.

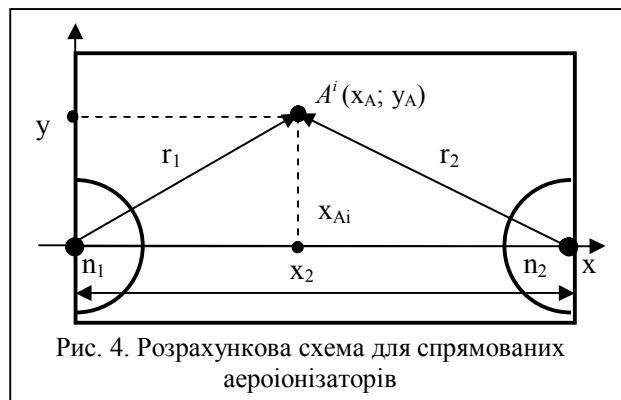


Рис. 4. Розрахункова схема для спрямованих аероіонізаторів

Враховуючі координати аероіонізаторів і розрахункової точки, отримуємо:

$$n = n_{01} 2^{-\sqrt{x_A^2 + y_A^2 + h_1} / K_{H1}} + n_{02} 2^{-\sqrt{x_A^2 - 2x_A x_2 + x_2^2 + h_2} / K_{H2}} \quad (7)$$

У випадку більшої кількості аероіонізаторів моделювання поверхні концентрації аероіонів виконується аналогічним чином за таким алгоритмом:

- вводиться декартова система координат, відносно якої визначаються координати аероіонізаторів;
- для спрощення розрахунку поверхня, яка моделюється, розбивається на сітку, вузли якої приймаються за розрахункові точки;
- за основу береться величина відрізка за ко-

ординатами кінця, що з'єднує центри джерел з розрахунковою точкою;

- визначається рівень концентрації аероіонів у розрахунковій точці;
- отримані точки з'єднуються і отримується вихідна поверхня концентрації аероіонів.

Отримані математичні вирази опису ізоповерхонь концентрації аероіонів являються основою для розробки алгоритмів комп'ютерної візуалізації процесу розподілення концентрації аероіонів від аероіонізаторів. Як особливий випадок на рис. 5 представлені результати моделювання ізоповерхні концентрації від'ємних аероіонів на основі розробленого алгоритму для одного (а), двох (б) та трьох (в) розсіювальних аероіонізаторів.

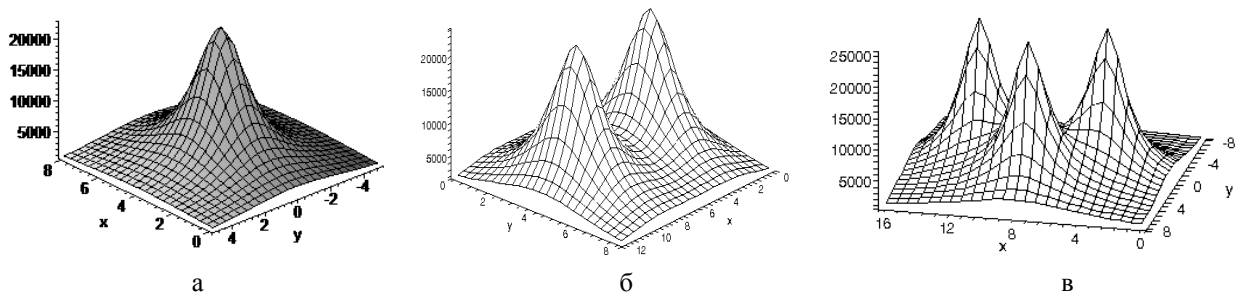


Рис. 5. Ізоповерхні аероіонів від розсіювальних аероіонізаторів

Враховуючі математичний опис ізоліній концентрації аероіонів для аероіонізаторів спрямованого аероіонного випромінювання алгоритм моделювання аероіонного поля буде включати врахування постійних параметрів – інтенсивності випромінювання, висоти підвісу, відстані між аероіонізаторами. Як особливий випадок на рис. 6 представлені результати моделювання ізоповерхні концентрації від'ємних аероіонів на основі розробленого алгоритму для двох (а) та трьох (б) аероіонізаторів спрямованого аероіонного випромінювання.

Представлення аероіонного розподілу у вигляді ізоповерхонь надає змогу аналізувати аероіонний розподіл у заданій зоні: визначати зони з підвищеним та збідненим рівнем концентрації аероіонів. В таких зонах знаходження людей не бажано. Також за допомогою наведено алгоритму моделювання можна прогнозувати процес аероіонного розподілу і тим самим самостійно створювати необхідний аероіонний режим в точно визначеній зоні.

Подальшим розвитком запропонованого алгоритму є моделювання аероіонного розподілу при комбінованому способі використання розсіювальних та спрямованих аероіонізаторів. При такому способі спрямовані аероіонізатори встановлюються таким чином, що б спрямовувати аероіонний потік у необхідну зону, а розсіювальні аероіонізатори встановлюються безпосередньо в цій зоні. Комбіноване застосування розглянутих аероіонізаторів дозволить оптимізувати аероіонний режим на об'єктах зі штучним середовищем існування, забезпечуючи необхідний рівень концентрації аероіонів в заданій зоні [4].

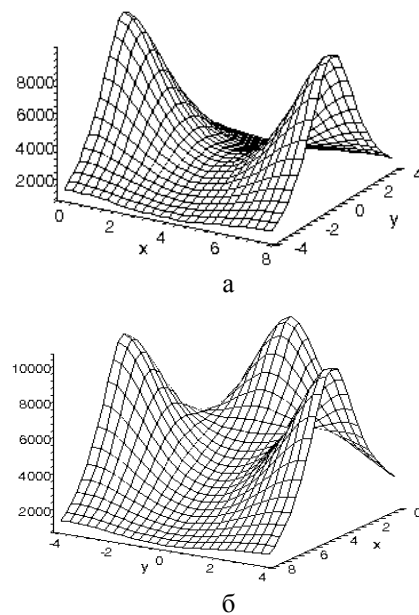


Рис. 6. Ізоповерхні аероіонів від аероіонізаторів спрямованого аероіонного випромінювання

Висновки

Моделювання аероіонного поля від штучних джерел аероіонізації у вигляді ізоповерхонь дає можливість визначити аероіонний розподіл у шарі дихання людини і, тим самим, забезпечувати заданий аероіонізаційний режим у заданому середовищі.

Перевагами запропонованого у статті алгоритму моделювання аероіонного розподілу на об'єктах зі штучним середовищем існування від розсіювальних аероіонізаторів та аероіонізаторів спрямованого

аероіонного випромінювання є представлення аероіонного поля у вигляді ізоліній. Даний алгоритм дає можливість візуалізувати процес моделювання за допомогою графічних процесорів і виконати аналіз аероіонного розподілу в зоні дихання людини. Це в свою чергу дасть змогу оптимізувати аероіонний режим згідно вимог до мікроклімату на об'єктах зі штучним середовищем існування. Також запропонований алгоритм моделювання аероіонного розподілу може бути реалізований шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення, яке дасть змогу визначати аероіонний розподіл у заданому середовищі, на основі якого давати рекомендації стосовно оптимального розміщення аероіонізаторів у цьому середовищі. Алгоритм автоматизованої побудови ізоповерхні концентрації аероіонів передбачає отримання просторової моделі як рішення самої задачі, так і як особливий випадок при розгляді просторової моделі шляхом перетину отриманих ізоповерхонь горизонтальними площинами.

З метою раціоналізації використання розсіювальних аероіонізаторів та аероіонізаторів спрямованого аероіонного випромінювання доцільно їх використовувати сумісно.

Список літератури

1. Мецзяков А.Ю. Проблемы оценивания аэроионного состояния среды обитания. [Текст]/ А.Ю. Мецзяков, Ю. А. Федотов // Приборы и системы управления. – М., 1998. – № 11. – С.75-79.
2. Мецзяков А.Ю. Медико-биологические аспекты управления физическими характеристиками воздуха на объектах с искусственной средой обитания [Текст] / С.Н. Осипов, С.В. Колерский // Труды ИСА РАН. – 2006. – Т. 19. – С. 182.
3. Мітрофанова Т.В. Класифікація іонізаторів за принципом отримання аероіонів та їх вплив на здоров'я людини [Текст]/Т.В. Мітрофанова, Т.М. Нікітчук // Вісник ЖДТУ. – ЖДТУ, 2015. – №2(73). – с. 149- 153.
4. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. - [Чинний від 01.12.99]. – К.: МОЗ України, 1999. – 10 с.
5. Строкань О.В. Спосіб побудови ізоліній аероіонів [Текст]/ О.В. Строкань / Прикладна геометрія та інженерна графіка // Праці ТДАТУ.- Мелітополь, 2008. – Випуск 4. – Т. 39. – С.149 - 154.
6. Строкань О.В., Стрелкова М.А. Програмна реалізація задачі забезпечення проектування процесу іонізації [Текст] / М.А. Стрелкова, О.В. Строкань // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – Харків: НТУ «ХПІ». – Випуск 62(1171). – 2015. – С. 94-98.
7. Строкань О.В. Нова технологія управління фізичними характеристиками повітря на об'єктах зі штучним середовищем існування [Текст]/ Ю.О. Литвин, О.В. Строкань, М.Ю. Мирошніченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 76-80.
8. Чижевский Л.О. Аэроионификация в народном хозяйстве [Текст] / Л.О. Чижевский. - М.: Госпланиздат, 1960. – 758с.
9. Glaser D.A. Some effects of ionizing radiation on the formation of bubbles in liquids [Text]/ D.A.Glaser// "The Physical Review".- G, 1991. - v. 87. – P. 135-139.
10. Hagen D. E. Mobility of intermediate sized aqueous ions in neutral gas. [Text]/ D. E. Hagen, P.C. Yue, J. L. Kassner // J. of Colloid and Interface Science. 1995. Vol. 52. P. 526-537.
11. Bricard J. Formation and properties of neutral ultrafine particles and small ions conditioned by gaseous impurity of the air [Text] / J. Bricard // J. of Colloid and Interface Science. 1992. - Vol. 39. - P. 42-58.
12. Liu L. The effect of wire heating and configuration on ozone emission in a negative ion generator [Text] / L. Liu, J. Guo, L. Sheng // J. of Electrostatics. 2000. 48. P. 81- 91.

Надійшла до редколегії 8.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Осадчий, Мелітопольський державний педагогічний університет, Мелітополь.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОИОННОГО РЕЖИМА НА ОБЪЕКТАХ С ИСКУССТВЕННОЙ СРЕДОЙ ОБИТАНИЯ

О.В. Строкань, В.М. Малкина

С целью повышения эффективности управления аэроионным режимом на объектах с искусственной средой обитания выполнен анализ компьютерных систем определения аэроионного распределения на горизонтальной плоскости. Рассмотренные системы обеспечивают определение аэроионного распределения в виде изолиний разного уровня концентрации отрицательных аэроионов, по которым можно определять зоны аэроионного комфорта и дискомфорта на заданном расчетном уровне. На основе проведенного анализа в работе предложен алгоритм моделирования аэроионного распределения в виде поверхностей. Такое представление аэроионного распределения позволит моделировать аэроионный режим в слое воздуха, что в свою очередь повысит эффективность создания комфортных условий на рабочих местах, а также позволит прогнозировать данный процесс.

Ключевые слова: аэроионный режим, изоповерхность, алгоритм моделирования, аэроионизатор, аэроионное распределение.

MODELING AEROIONIC MODE ON OBJECTS WITH ARTIFICIAL HABITAT

O.V. Strokan, V.M. Malkina

With the purpose of increase of efficiency of management of aeroionic mode on objects with artificial habitat the analysis of computer systems definition of aeroionic distribution on a horizontal plane is considered in this article. Reviewed systems provide the definition of aeroionic distribution of isolines of different levels of concentration of negative ions, which can determine areas of aeroionic comfort and discomfort at a given current level. On the basis of the analysis in this paper, a simulation algorithm aeroionic distribution in the form of surfaces. This representation of aeroionic distribution will allow you to simulate aeroionic mode in the layer of air, which in turn will increase the efficiency of creation of comfortable conditions in the workplace, and will allow us to predict this process.

Keywords: aeroionic mode, isosurface, algorithm modeling, aeroionizator, aeroionic distribution.