

УДК: 537.56

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА АЭРОИОННЫХ ЗОН В ПОМЕЩЕНИЯХ

Барановская В.С.<sup>1</sup>, Строкань О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Мелитопольский государственный университет имени А.С. Макаренко, Мелитополь, Россия, e-mail: vibara1308@gmail.com

**Аннотация:** В статье предложен алгоритм определения уровня концентрации отрицательных аэроионов на особых плоскостях – плоскостях, находящихся под некоторым углом к горизонтальной плоскости. В качестве угла наклона расчетной плоскости принимается угол, образующийся между горизонтальной плоскостью и расчетной. Таким типом плоскости обладают помещения: лекционные аудитории, зрительные залы кинотеатров и другие. В частности, в статье предлагается программное обеспечение для определения уровня концентрации аэроионов от одного и более ионизаторов в заданной точке на плоскости, разработанное в среде программирования Delphi. Для осуществления диалога в системе разработан интерфейс пользователя, с помощью которого пользователь имеет возможность задавать входные параметры: геометрические размеры помещения (рабочей зоны), угол наклона расчетной плоскости  $\alpha$ , количество источников аэроионного излучения. С учетом входных параметров результаты работы разработанного программного обеспечения выводятся на экран в виде специальной формы. По полученным результатам можно сделать вывод о наличии зон аэроионного комфорта и дискомфорта. Предложенный алгоритм направленный на повышение эффективности и качества определения картины распределения концентрации отрицательных аэроионов от ионизаторов на расчетной плоскости при изменении ее угла наклона.

Ключевые слова: отрицательные аэроионы, ионизатор, угол наклона, наклонная плоскость, программное обеспечение, программа.

## INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATING AERATION ZONES IN THE PREMISES

Baranovskaya V.S.<sup>1</sup>, Strokan O.V.<sup>1</sup>

*Makarenko Melitopol State University, Melitopol, Russia, e-mail: vibara1308@gmail.com*

**Abstract:** The article proposes an algorithm for determining the concentration level of negative aeroions on special planes – planes located at some angle to the horizontal plane. The angle of inclination of the calculated plane is the angle formed between the horizontal plane and the calculated one. Rooms have this type of plane: lecture halls, movie theaters and others. In particular, the article offers software for determining the concentration level of aeroions from one or more ionizers at a given point on the plane, developed in the Delphi programming environment. To carry out a dialogue in the system, a user interface has been developed, with the help of which the user has the opportunity to set input parameters: the geometric dimensions of the room (working area), the angle of inclination of the calculated plane  $\alpha$ , the number of sources of air ion radiation. Taking into account the input parameters, the results of the developed software are displayed on the screen in the form of a special form. Based on the results obtained, it can be concluded that there are zones of aeroion comfort and discomfort. The proposed algorithm is aimed at improving the efficiency and quality of determining the pattern of distribution of the concentration of negative aeroions from ionizers on the calculated plane when its angle of inclination changes.

Keywords: negative aeroions, ionizer, tilt angle, inclined plane, software, program.

**Введение** Микроклимат в общественных помещениях является важным фактором окружающей среды, способным оказывать существенное влияние на здоровье и самочувствие человека. Всемирная организация здоровья (ВОЗ) ставит достаточно жесткие требования к соблюдению нормированных показателей микроклимата в производственных

помещениях [1,2]. Основными параметрами микроклимата общественного помещения являются: температура, влажность, давление, загазованность и уровень концентрации отрицательных аэроионов. Анализ состояния микроклимата в помещении позволил сделать выводы, что параметрами микроклимата в помещениях можно регулировать и управлять ими, обеспечивая нормированные показатели [3]. Среди наиболее важных параметров микроклимата помещения можно выделить наличие отрицательных ионов в воздухе, источником которых служат искусственные источники аэроионов – аэроионизаторы. Зоны аэроионного комфорта и дискомфорта в помещениях от искусственных источников аэроионизации определяются с помощью специальных карт с нанесенными на них линиями одинаковой концентрации аэроионов – изолиниями. Установлено, что координаты точек, которые инцидентны заданным изолиниям концентрации аэроионов, изменяются с изменением угла наклона расчетной плоскости [4]. В связи с этим возникает необходимость в автоматизации процесса расчета аэроионного распределения на наклонной плоскости путем разработки специализированного программного обеспечения.

**Цель исследования.** Предлагается на основе моделей распределения концентрации отрицательных аэроионов на наклонной плоскости [4] разработать алгоритм, который позволял бы получить картину распределения концентрации отрицательных аэроионов при сменном угле наклона расчетной плоскости. С целью повышения эффективности и наглядности работы предлагается осуществить программную реализацию разработанного алгоритма в среде программирования Delphi.

**Материал и методы исследования.** Вопросам определения картины распределения отрицательных аэроионов на расчетной плоскости посвящены научные работы [4-6]. В данных работах разработан способ геометрического моделирования распределения отрицательных аэроионов от источников аэроионизации, который позволяет определить зоны аэроионного комфорта и дискомфорта в помещении от одного и более аэроионизаторов на определенном расчетном уровне. Также в работах рассмотрена модель распределения концентрации аэроионов на особой плоскости, когда горизонтальная плоскость и плоскость, которая расположена под некоторым острым углом к горизонтальной плоскости (наклонная плоскость). Такого типа плоскость располагается в зрительных залах кинотеатров, лекционных аудиториях и т.д. Результаты исследований, полученные в работах [4-6], позволили получить модели распространения концентрации аэроионов на наклонной плоскости в аналитическом виде.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Задача, которая ставится перед результатом работы разрабатываемого алгоритма определения картины распределения концентрации отрицательных аэроионов в заданном помещении или области,

предусматривает определение зон, которые соответствуют нормируемым показателям ионизационного режима в помещении при наличии наклонной плоскости (рис. 1).

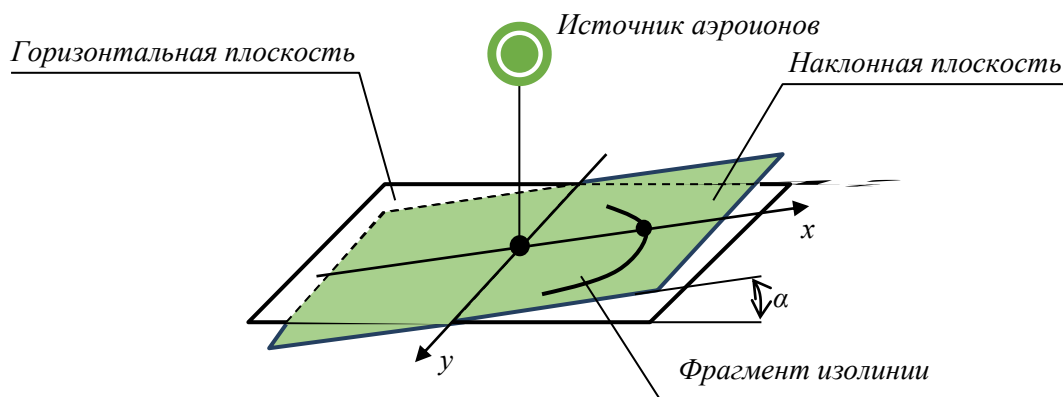


Рисунок 1. Положение расчетной плоскости

В качестве нормируемых показателей ионизационного режима приняты значения концентрации аэроионов: минимальной  $n_{зад.мин}$  и максимальной  $n_{зад.макс}$ . Расчетная зона (или помещение) задается геометрическими параметрами: шириной  $A$  и длиной  $B$ . Исходя из анализа существующих помещений с наклонным типом расчетной плоскости (зрительные залы кинотеатров, лекционные аудитории и т. п.) все они имеют прямоугольную форму, в которых длина горизонтальной составляющей намного больше ширины. В связи с этим дальнейший расчет ведется для прямоугольных областей. Размещение источников будет выполняться вдоль длины помещения.

Концентрация отрицательных аэроионов от одного источника определяется функцией [7]:

$$n_i = n_i(u_i, x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, x_3^{(i)}, z_1, z_2, z_3) \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, m,$$

где  $x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, x_3^{(i)}$  - координаты  $i$ -й точки ;

$z_1, z_2, z_3$  - координаты точки, принадлежащей помещению;

$u_i$  - совокупность физических параметров, определяющих эффективность работы ионизатора.

К совокупности физических параметров относятся параметры самого ионизатора отрицательных аэроионов (угол заострения иглы излучения, количество и шаг игл излучения, входное напряжение питания) и параметры окружающей среды (влажность, движение воздуха, давление) и т.д. При расчетах принимается, что физические параметры известны и принадлежат к некоторому множеству  $\{U\}$ .

Закон распределения концентрации отрицательных аэроионов на плоскости, расположенной под углом  $\alpha$  к горизонтальной плоскости описывается уравнением:

$$n = \frac{1}{c \cdot (x^2 + y^2) + b} 2^{-xg\alpha}, \quad (2)$$

где  $c$  - коэффициент, зависящий от величины напряжения, прикладываемого к ионизатору [5];

$b$  - коэффициент, зависящий от излучательной способности ионизатора [6];

$x, y$  - координаты центра ионизатора;

$\alpha$  - угол наклона расчетной плоскости, °.

При размещении в помещении (рабочей зоне) более одного аэроионизатора суммарная концентрации отрицательных аэроионов от этих ионизаторов в точке на плоскости равна сумме концентраций аэроионов от каждого из  $k$  источников источники в этой точке [3] :

$$n(k, x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, x_3^{(i)}, z_1, z_2, z_3) = \sum_{i=1}^k n_k(k, x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, x_3^{(i)}, z_1, z_2, z_3) \quad (3)$$

Концентрация аэроионов в точке с координатами  $(z_1, z_2)$  от двух ионизаторов согласно формуле (3) равна :

$$n_i(x_1, x_2, z_1, z_2) = \left( \frac{1}{a_1[(z_1 - x_1)^2 + (z_2 - x_2)^2] + b_1} + \frac{1}{a_2[(z_2 + x_2)^2 + (z_1 + x_2)^2] + b_2} \right) \cdot 2^{-2xg\alpha}. \quad (4)$$

От большего количества источников аэроионного излучения уровень концентрации в каждой точке на наклонной плоскости рассчитывается аналогично.

Алгоритм расчета уровня концентрации отрицательных аэроионов в расчетной точке на наклонной плоскости включает задание постоянных и переменных параметров:  $A$  – длина помещения (расчетной области),  $B$  – ширина помещения (расчетной области), угол наклона расчетной плоскости  $\alpha$ , интервал изменения угла наклона расчетной плоскости, шаг изменения угла наклона расчетной плоскости, координаты источника и точки на плоскости.

Реализуем представленную модель определения уровня концентрации отрицательных от одного ионизатора в ограниченной зоне или помещении в зависимости от входных параметров с помощью программного средства Delphi. Особенностью программы является использование расширения .dfm.

**unit** uMain;  
**interface**

**uses**  
Math, Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, StdCtrls, AdvEdit, Grids, AdvObj, BaseGrid, AdvGrid, Mask, AdvSpin,  
AdvGlowButton, AdvPanel, ExtCtrls, AdvGroupBox, AdvOfficeButtons;

**type**

TfMain = class(TForm)

Label1: TLabel;

Label2: TLabel;

**private**

A: Real; {Длина А и Ширина В комнаты в м}

B: Real;

{Координаты источника X и точки Y по оси абсцисс на большей границе комнаты}

{ Private declarations }

**Function** F1(Z:Real; Angle: Real):Real;

{Функция для расчета аэроионов в куб. сантиметре на границе помещения в  
случае одного источника аэроионов  $0 \leq Z \leq A$ }

**public**

{ Public declarations }

**end;**

Const {Физические константы}

U = 0.000023;

V = 0.000044;

**var**

fMain: TfMain;

**implementation**

{ \$R \*.dfm }

{ TfMain }

**function** TfMain.F1(Z: Real; Angle: Real): Real;

**begin**

**if** ((0 <= Z) and (Z <= A)) **then**

Result := 1 / (U \* ((Sqr(Z) + Sqr(b))) + V) \* power(2, -Z \* tan(Angle))

**else**

Result := -1;

**end;**

**procedure** TfMain.bButtonClick(Sender: TObject);

**var** X, Y, Dx, Dy, Conz: Real;

i, j, n, Angle: integer;

tmp: string;

**begin**

n := eN.Value;

A := StrToFloat(eWidth.Text);

B := StrToFloat(eHeight.Text);

Dx := StrToFloat(eWidth.Text) / n;

Dy := Dx;

Angle := eAngle.Value;

**if** (eRG.ItemIndex = 0) **then**

**begin**

X := 0;

Y := 0;

eGrid.RowCount := n + 2;

eGrid.ColCount := 2;

**for** i := 0 **to** n **do**

```

begin
  { Set Names of Row's }
  eGrid.Cells[0, i+1] :=
    FloatToStrF(Y, ffGeneral, 3, 2);
  { Find Value }
  Conz:=F1(Y,DegToRad(Angle));
  .
  .
end;
end;

end;
procedure TfMain.eAngleChange(Sender: TObject);
begin
  bButtonClick(self);
end;
procedure TfMain.eRGClick(Sender: TObject);
begin
  bButtonClick(self);
end;
end.

```

Для вывода результатов работы программы спроектирован интерфейс в виде формы (рис. 2).

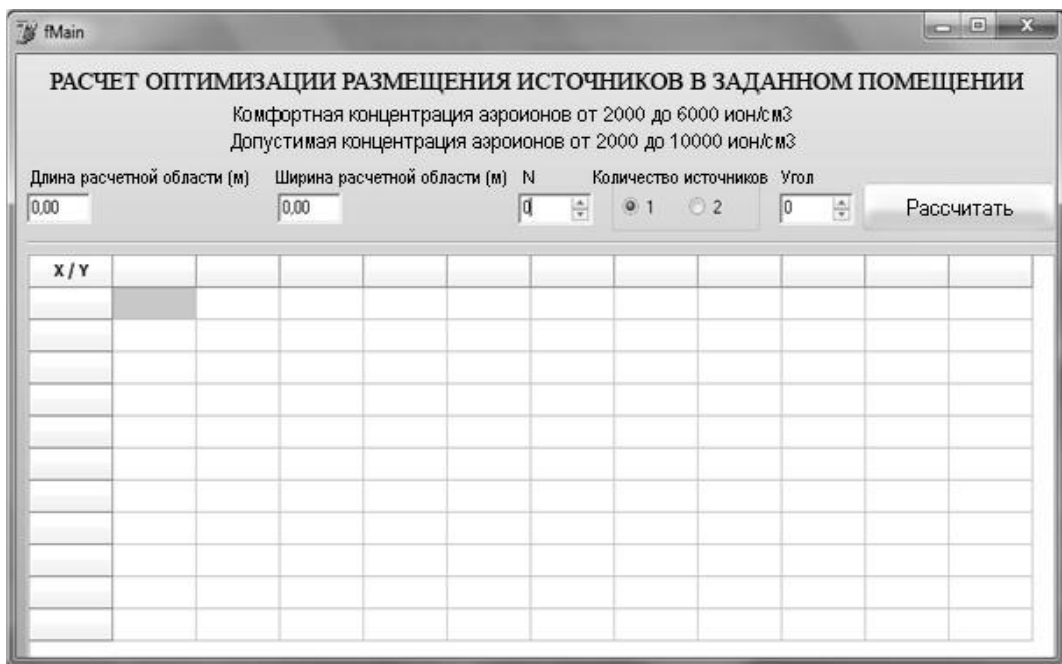


Рис. 2. Главная форма разработанной исполнительной программы

Полученный программный продукт позволяет выполнить расчет уровня концентрации отрицательных аэроионов в заданной зоне от одного и более ионизаторов воздуха.

Результаты работы разработанного программного обеспечения выводятся на экран в виде специальной формы (рис. 3), в которой определяется уровень концентрации

отрицательных аэроионов в заданной точке расчетной зоны в зависимости от входных параметров. Кроме расчетной информации на форму помещена информация относительно допустимых норм концентрации отрицательных аэроионов в общественном помещении [1].

**РАСЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ В ЗАДАННОМ ПОМЕЩЕНИИ**  
 Комфортная концентрация аэроионов от 2000 до 6000 ион/см<sup>3</sup>  
 Допустимая концентрация аэроионов от 2000 до 10000 ион/см<sup>3</sup>

Длина расчетной области (м) 8,00    Ширина расчетной области (м) 6,00    N 10    Количество источников 1    Угол 60    **Рассчитать**

X / Y	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
0	2294	3377	4817	6684	9076	12138	16075	21178	27850	36644	48320
0,8	2256	3326	4760	6637	9057	12163	16159	21334	28091	36985	48778
1,6	2149	3179	4595	6493	8984	12215	16385	21778	28795	37995	50147
2,4	1991	2960	4336	6244	8823	12232	16676	22431	29893	39622	52400
3,2	1806	2698	4007	5892	8534	12132	16911	23155	31252	41760	55468
4	1613	2420	3639	5456	8103	11840	16954	23763	32667	44217	59205
4,8	1427	2147	3260	4968	7543	11323	16688	24048	33860	46694	63337
5,6	1255	1893	2894	4463	6898	10600	16061	23838	34525	48782	67426
6,4	1102	1665	2556	3972	6218	9732	15103	23058	34412	50033	70875
7,2	969	1464	2252	3516	5549	8798	13910	21759	33416	50079	73021
8	853	1290	1985	3106	4923	7867	12602	20087	31614	48769	73321

Рис. 3. Результаты расчета

Разработана исполнительная программа для определения картины распределения отрицательных аэроионов от ионизаторов в помещениях, которые обладают наклонной плоскостью, может быть использована для расчета количества и места расположения ионизаторов воздуха в повседневной практике проектирования систем ионизации, а также для прогнозирования распределения концентрации отрицательных аэроионов при переменных угла наклона расчетной плоскости. На основе предложенного алгоритма есть возможность рассчитывать проектирование размещения одного, двух и более ионизаторов воздуха.

**Выводы.** Предложенный в статье алгоритм и его программная реализация позволяют определить картину распределения отрицательных аэроионов в закрытых помещениях, которые обладают наклонной расчетной плоскостью. Данное программное обеспечение может применяться при расчете ионизационного режима в лекционных аудиториях, зрительных залах кинотеатров и тому подобное. Программное решение, выполненное в среде проектирования Delphi, имеет результатом форму, в которой пользователь непосредственно задавая входные параметры, получает значение уровня концентрации отрицательных аэроионов в заданной точке расчетной зоны. Полученные в статье результаты рекомендуется использовать при оптимизации процесса проектировании места расположения

аэроионизаторов с целью обеспечения нормируемых показателей ионизационного режима в заданных помещениях.

### Список литературы

1. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха. «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений»: СанПиН 22.2.4.1294-03. – [Введен в действие от 2003. 15.06]. – М.: Минюст РФ, 2003. – 10 с.
2. Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н. Основные проблемы гигиенического нормирования микроклимата жилых и общественных зданий // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2018. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnyye-problemy-gigienicheskogo-normirovaniya-mikroklimata-zhilyh-i-obschestvennyh-zdaniy> (дата обращения: 19.02.2023).
3. Мещеряков А.Ю., Осипов С.Н., Колерский С.В. // Труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН), 2006. Т. 19. С. 182-190.
4. Строкань О.В., Малкина В.М. Компьютерная система моделирования аэроионного распределения на наклонной плоскости// Университетская наука серия «Информационные технологии». Минеральные воды, 2016. С. 149-151.
5. Fletcher L.A., Noakes C.J., Sleight P.A., Beggs C.B., Shepherd S.J. Air ion behavior in ventilated rooms. *Indoor and Built Environment*, 2008, vol.17, issue 2, pp. 173-182.
6. Строкань О.В., Малкіна В.М. Моделювання аероіонного режиму на об'єктах зі штучним середовищем існування // Тематичний збірник наукових праць «Системи управління, навігації та зв'язку». Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2017. Випуск 2(42). С. 57-60.
7. Air ion behavior in ventilated rooms / L. A. Fletcher, C. J. Noakes, P. A. Sleight [et al.] // *Indoor and Built Environment*. – 2008. – Vol. 17, № 2. – P. 173–182.