

УДК 621.3.088.2:51-74

ЧИСЛЕННАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ В ВОЗДУХЕ

Сторожаков С.Ю., Шубович А.А., Куликова Н.А.

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, e-mail: volgau@volgau.com

В настоящее время в связи с ростом промышленного производства и резким увеличением транспортно-го потока, особенно в больших городах, происходит постоянное пагубное влияние человека на окружающую среду. Этому способствует, с одной стороны, развитие химической промышленности, удешевление продукции которой выражается в экономии средств, в том числе на очистные сооружения воздуха и воды. С другой стороны, количество транспортных средств, в расчете на одного человека ежегодно продолжает возрастать. Всё это приводит к увеличению количества токсичных веществ, неблагоприятно влияющих на здоровье населения. Как следствие – рост числа онкологических, сердечно-сосудистых и других заболеваний, увеличение количества инсультов и инфарктов, уменьшение продолжительности жизни. Поэтому при постоянном пребывании человека дома или на работе в городских условиях возникает потребность в нейтрализации токсичных веществ, попадающих в воздух. Для этого широко применяются различные приборы, такие, как освежитель воздуха, нейтрализатор запахов и ароматизатор для небольших помещений, ионизатор воздуха и многие другие. Их производству способствует постоянная реклама на телевидении и в сети Интернет. При этом в качестве положительного воздействия ионизатора воздуха на человека указывают на содержание количества отрицательных ионов в воздухе. Но возникает задача измерения концентрации и обработки результатов измерений, особенно отрицательных ионов в воздухе.

Ключевые слова: ион, генератор аэроионов, счетчик аэроионов, ионизация воздуха, метод наименьших квадратов

AIR-IONS CONCENTRATION MEASUREMENT RESULTS NUMERICAL PROCESSING

Storozhakov S.Yu., Shubovich A.A., Kulikova N.A.

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, e-mail: volgau@volgau.com

In current times urban industrial and traffic stream growth adversely affect on human and environment especially in big cities. On the one hand it contributes to chemical industrial expansion and cheapening processing including water and air-purifying ones. But on the negative side there should be noticed that number of transport per one human increases every year what initiates increasing toxic materials concentration and adverse health impact thus increasing risk of oncologic, cardiovascular and other diseases, increasing risk of apoplectic attack and decreasing life duration as well. Therefore a need to neutralize toxic materials in air arises. For that purpose variable devices such as air refreshers, odor eliminators, air ionizers et alii are widely used. Internet and TV advertisement promotes its development. Air ionizer positive effect could be measured in negative aero ions quantity. Still there's a question of measurement technique and data analysis.

Keywords: ion, air ions generator, air ions counter, air ionization, least squares method

Как нам всем известно, воздух содержит азот, кислород, углекислый газ, инертные газы и механические примеси. В воздухе также есть положительные и отрицательные ионы, получившие название «аэроионы».

Аэроионами максимально насыщен воздух в горной местности, на морском побережье, в хвойном лесу, в соляных пещерах, там, где химический состав воздушной смеси чище и целебнее, чем в районе мегаполиса, со своими промышленными и автомобильными выбросами.

Отрицательные аэроионы успешно применяются в лечебных целях, улучшая работу сердца и органов дыхания, повышая иммунитет, нормализуя функциональное состояние центральной и периферической нервной системы человека, увеличивая работоспособность, активность и снижая утомляемость. О пользе отрицательных

ионов для живых организмов известно достаточно давно. Результаты благотворного влияния различных концентраций отрицательных ионов получены многими исследователями, в частности известным исследователем в данном направлении А.Л. Чижевским [9].

Воздух в помещениях, как правило, лишён «свежести» и природной чистоты. Однако улучшить его возможно с помощью очистителя и увлажнителя воздуха, а также простым проветриванием, влажной уборкой помещений и комнатными растениями, удерживающими до 60% пыли, которая является переносчиком микроорганизмов, в том числе и патогенных. При этом насытить воздух отрицательными аэроионами возможно только с помощью использования ионизатора. Искусственная ионизация воздуха внутри современных помещений

предназначена для восполнения недостатка отрицательных ионов. По данным проведенных исследований [1], даже используя вентилятор приточной вентиляции, наружный воздух после достижения помещений полностью лишается отрицательных ионов. Непреодолимой преградой для отрицательных аэроионов при попадании в квартиры и производственные помещения становятся также различного рода сетки, гардины и марлевые завесы. Сам отрицательный ион, как правило, атомарный кислород или более крупные агломераты молекул и аэрозолей воздуха, имеет ограниченный срок существования – срок «жизни». При встрече с положительно заряженным ионом или поверхностью отрицательный заряд теряется [1].

Универсальность действия ионизатора воздуха заключается в производстве отрицательных аэроионов, которые способны заряжать кровь в лёгких и, соответственно восстанавливать заряд клетки. Наряду с этими процессами происходит образование озона в количестве не вредном для человека, который придает воздуху характерный «запах свежести». Озон обладает бактерицидными свойствами, он очищает воздух от нежелательной микрофлоры, неприятных запахов и мелкой домашней пыли.

В настоящее время в бытовых приборах ионизации воздуха используется встроенный генератор отрицательных ионов ГАБИ-01 [3] (производитель «НТМ-Защита») и его модификации. В нем при помощи высокого напряжения можно получать легкие аэроионы отрицательной полярности. Именно такие ионы обладают полезными свойствами, о которых было сказано выше.

Прибор ГАБИ-01 позволяет генерировать аэроионы отрицательной и положительной полярности как одновременно, так и поочередно до 50000 ион/см³ с регулируемой градацией в процентном отношении. Показания каждого из счетчиков [7] сравнивали при замерах одинаковой концентрации аэроионов при неизменных параметрах окружающей среды (температура, влажность и др.). В процессе проведения измерений было исключено движение воздуха, как одного из факторов, влияющего на результаты подсчетов. Для этого счетчик (на переднем плане) и генератор аэроионов помещались в воздуховод (рис. 1) [6].

Нами изучались показания прибора «Сапфир-3М» [7], с помощью которого можно определять концентрацию аэроионов в воздухе. Использование прибора «Сапфир-3М» позволило провести количе-

ственный анализ анионов и катионов в воздухе в закрытом пространстве.



Рис. 1. Счётчик и генератор аэроионов внутри воздуховода

Проведение экспериментальных работ заключалось в сравнении получаемых показаний счетчиков при прочих равных условиях, а также анализе результатов с последующей корректировкой дальнейших измерений. Нароботан значительный дискретный материал, позволяющий применить математический аппарат к обработке результатов. Опыты проводились при следующих параметрах окружающей среды: температура воздуха 22°C, влажность 25%, атмосферное давление 755 мм рт. ст.

Методика, определяющая замеры количества аэроионов в воздухе с минимальной погрешностью измерения, была разработана в [6]. В качестве критерия стабильности можно принять наименьшее значение суммы отклонений результатов опытов [6] от функциональной зависимости, коэффициенты которой можно определить методом наименьших квадратов.

На рис. 2–3 показаны точечные графики, построенные в MathCad по результатам опытов [6]. Эмпирически достаточно ясно, что результаты измерений в каждой серии из сорока опытов A_1, A_2, \dots, B_4 , представленных графически, колеблются около некоторой прямой, уравнение которой в общем виде $y = ak + b$, где a, b – неизвестные коэффициенты. Для определения коэффициентов a и b можно исследовать функцию двух переменных на минимальное значение методом наименьших квадратов

$$f(a, b) = \sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2 = \sum_{k=1}^n (x_k - ak - b)^2, \quad (1)$$

где $n = 40$; x_k – табличные значения A_1, A_2, \dots, B_4 , полученные по результатам опытов [6].

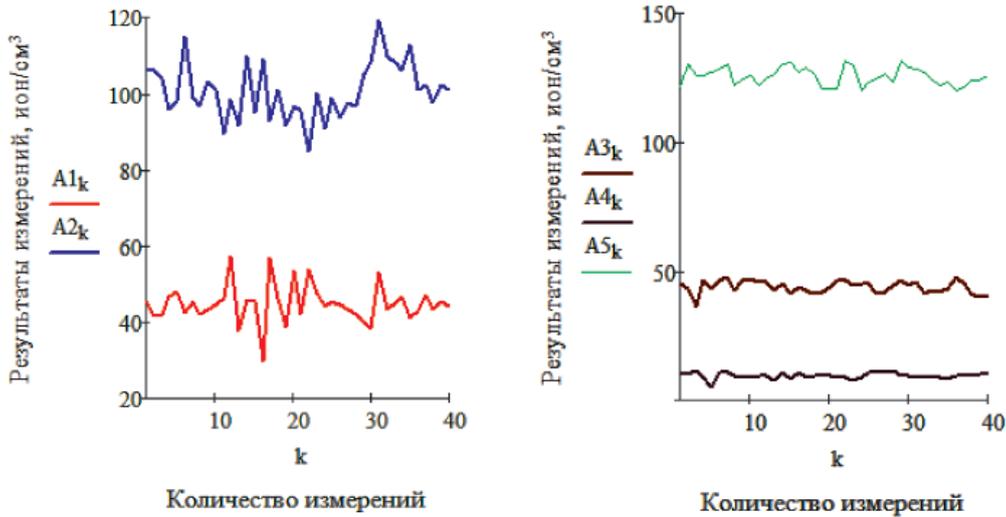


Рис. 2. Результаты измерений прибором «Сапфир-3М» № 14060

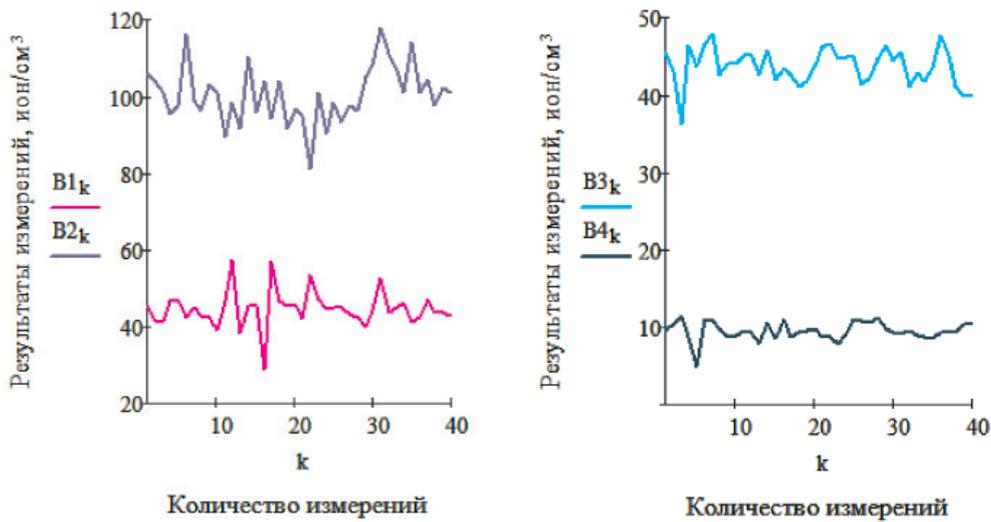


Рис. 3. Результаты измерений прибором «Сапфир-3М» № 14066

После вычисления частных производных $\frac{\partial f}{\partial a}$ и $\frac{\partial f}{\partial b}$ функции (1) можно получить систему уравнений для определения коэффициентов a и b

$$\begin{cases} a \sum_{k=1}^n k^2 + b \sum_{k=1}^n k = \sum_{k=1}^n kx_k, \\ a \sum_{k=1}^n k + bn = \sum_{k=1}^n x_k. \end{cases} \quad (2)$$

Решение системы (2) имеет вид

$$a = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad b = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad (3)$$

где

$$\Delta = n \sum_{k=1}^n k^2 - \left(\sum_{k=1}^n k \right)^2;$$

$$\Delta_1 = \sum_{k=1}^n kx_k - \sum_{k=1}^n k \sum_{k=1}^n x_k;$$

$$\Delta_2 = \sum_{k=1}^n k^2 \sum_{k=1}^n x_k - \sum_{k=1}^n k \sum_{k=1}^n kx_k.$$

Результаты вычислений по формулам (1)–(3) представлены в табл. 1.

По результатам вычислений можно сделать вывод: прямая, представляющая собой отклонение эмпирических данных, будет практически горизонтальной, так как угловой коэффициент a прямой $y(k) = ak + b$ близок к нулю. Графическую иллюстрацию можно изобразить, например, для опытов A2 и B3 (рис. 4).

Таблица 1

Уравнения прямых, полученных в MathCad [4, 5] по табличным данным опытов A1, A2, ..., B4 [6]

Результат \ Опыт	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4
<i>a</i>	-0,007	0,086	-0,073	0,006	-0,059	0,004	0,097	-0,03	0,006
<i>b</i>	44,957	98,985	45,583	9,343	126,778	44,608	98,45	44,324	9,352
$y = ak + b$	$y = -0,007k + 44,957$	$y = 0,086k + 98,985$	$y = -0,073k + 45,583$	$y = 0,006k + 9,343$	$y = -0,059k + 126,778$	$y = 0,004k + 44,608$	$y = 0,097k + 98,45$	$y = -0,03k + 44,324$	$y = 0,006k + 9,352$

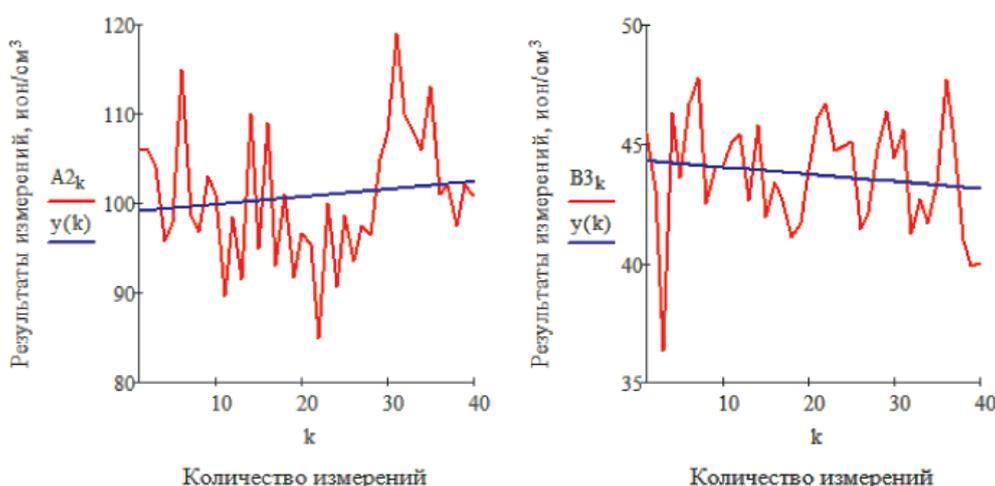


Рис. 4. Отклонение результатов опытов A2 и B3 от прямой $y(k)$

Таблица 2

Уравнения логарифмических кривых, полученных в MathCad [4, 5] по табличным данным опытов A2 и B3 [6]

Результат \ Опыт	A2	B3
<i>a</i>	-0,127	-0,208
<i>d</i>	101,087	44,283
$y(k) = a \cdot \ln(k) + b$	$y = -0,127 \ln(k) + 101,087$	$y = -0,202 \ln(k) + 44,283$

Достаточно интересные результаты получаются при замене уравнения прямой на уравнение логарифмической функции вида $y(k) = a \cdot \ln(k) + b$ (рис. 5). Это уместно, так как $1 \leq k \leq 40$. Коэффициенты *a* и *b* можно определить с помощью процедуры, аналогичной (1)–(3). Для сравнения в табл. 2 можно записать,

например, результаты вычислений, полученные для опытов A2 и B3.

Можно определить сумму абсолютных величин отклонений δ данных опытов A2 и B3 [6] от значений функции $y(k)$ по формуле

$$\delta = \sum_{k=1}^n |x_k - y_k|. \quad (4)$$

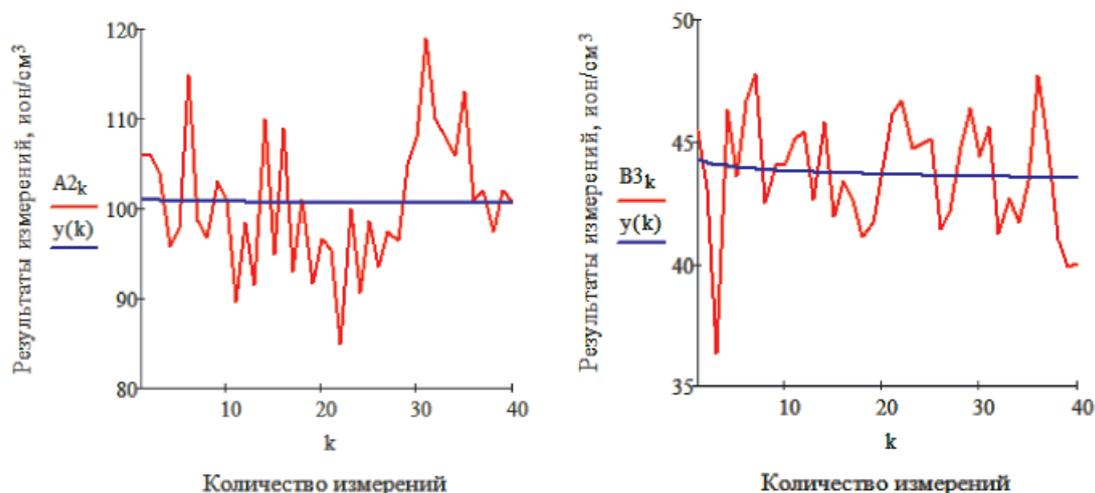


Рис. 5. Отклонение результатов опытов $A2$ и $B3$ от логарифмической кривой $y(k)$

Таблица 3

Значения суммы отклонений δ в опытах $A2$ и $B3$ [6] от значений функции $y(k)$

Функция \ Опыт	$A2$	$B3$
$y(k) = ak + b$	229	75
$y = a \cdot \ln(k) + b$	230	76

Рис. 5 практически идентичен рис. 4, полученные значения отклонения δ в табл. 3 показывают правильность первоначального предположения о расположении значений опытов около уравнения прямой. Аналогичные результаты можно получить и для других серий опытов из [6].

Таким образом, несмотря на отклонение результатов измерений концентрации ионов, результаты получают стабильные. Это выражается в том, что табличные данные, полученные в [6], укладываются в линейную зависимость. Попытка использовать логарифмическую функцию показывает, что зависимость остается линейной. При этом требуются дополнительные исследования на выявление факторов и критериев, при которых положительный эффект от ионизации воздуха в закрытых помещениях будет увеличиваться.

Список литературы

1. Баев В.И., Бочаров М.Е. Аэроионизация птицников: монография // ФГБОУ ВПО Волгогр. ГСХА. – Волгоград: Изд-во ВГСХА, 2011. – 192 с.

2. Бочаров М.Е., Сторожаков С.Ю., Шубович А.А. Математическая обработка дискретных элементов по исследованию точности измерения концентрации аэроионов // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 8–2. – С. 239–242.

3. ГАБИ-01. Генератор аэроионов биполярный. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ntm.ru/products/70/7269> (дата обращения: 25.07.16).

4. Кудрявцева И.В. Методы оптимизации в примерах в пакете MathCAD 15. Ч. I: учеб. пособие / И.В. Кудрявцева, С.А. Рыков, С.В. Рыков, Е.Д. Скобов. – СПб.: НИУ ИТМО, ИХиБТ, 2014. – 166 с.

5. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в MathCAD 15: учебный курс. – СПб.: Питер, 2011. – 400 с.

6. Сторожаков С.Ю., Шубович А.А., Чернявский А.Н. Исследования по подтверждению точности измерения концентрации аэроионов приборами Сапфир-3М // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 4–2. – С. 265–270.

7. Счетчик аэроионов «Сапфир-3М». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ionization.ru/ru/katalog-npf-yantar/15-schetchnik-aeroionov-sapfir-3m.html> (дата обращения: 25.07.16).

8. Тайшин В.А. Ионизация клубней картофеля перед посадкой отрицательными ионами кислорода // *Фундаментальные исследования*. – 2006. – № 1. – С. 14–16.

9. Чижевский А.Л. Аэроионификация в народном хозяйстве. – 2-е изд., сокр. – М.: Стройиздат, 1989. – 488 с.