

УДК 355.77

И.А. Толкунов

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЕМОГО ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ГЕНЕРАТОРА АЭРОИОНОВ ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Проведен анализ условий обитаемости помещений специального назначения, рассмотрены принципы персонализации качественных показателей воздушной среды рабочей зоны этих помещений. Разработано устройство аэроионизации с автоматическим регулированием количества генерируемых аэроионов для индивидуального обеспечения ионизированным воздухом рабочих мест указанных помещений.

Ключевые слова: помещения специального назначения, системы жизнеобеспечения помещения, генератор аэроионов, ионизированный воздух.

Введение

Постановка проблемы. Обитаемость помещений специального назначения (ПСН) (помещений оперативно-диспетчерской службы, пунктов оперативного управления, кризисных центров и др.) является сложным, динамичным явлением, зависящим как от степени их совершенства, так и от эффективности технических систем обеспечения жизнедеятельности человека в них. Среда обитания закрытых и вентилируемых помещений, как правило, формируется в результате взаимодействия разнородных физических, химических и биологических факторов. Качество такой среды определяется не только средними значениями физико-химических показателей в обитаемой (рабочей) зоне ПСН, но и пространственным распределением их полей [1, 2]. В то же время существующие системы жизнеобеспечения (СЖО) ПСН не в полной мере обеспечивают показатели качества среды обитания в соответствии с действующими медико-экологическими требованиями. Это требует разработки новых и совершенствования существующих СЖО, которые в значительной степени определяют эффективность режимов эксплуатации ПСН. В связи с этим вопросы комплексного всестороннего анализа процессов формирования условий обитаемости ПСН являются актуальными.

Анализ последних исследований и публикаций. Результаты последних исследований определили следующие принципы формирования комфортной среды обитания в закрытых помещениях [3]:

1. Более высокое качество воздуха в помещении увеличивает производительность труда и уменьшает вероятность возникновения симптомов синдрома «нездорового» здания.

2. Все источники загрязнения внутреннего воздуха должны удаляться.

3. Подаваемый в помещения воздух должен быть прохладным и сухим.

4. «Персональная вентиляция», т.е. подача чистого «персонализированного воздуха» в небольших

количествах, должна осуществляться очень мягко и индивидуально, вблизи зоны дыхания каждого человека (рис. 1).

5. Должно обеспечиваться индивидуальное управление параметрами среды обитания помещения.



Рис. 1. Принцип подачи «персонализированного воздуха»: небольшое количество чистого воздуха мягко подают непосредственно в зону дыхания человека

Одним из эффективных способов повышения степени экологичности искусственной среды обитания является ионизация воздуха, параметры которой должны удовлетворять определенным требованиям [4, 5]. В то же время искусственная аэроионизация связана со значительными трудностями, обусловленными зависимостью показателей аэроионного режима от целого ряда факторов, таких как конструктивные особенности и функциональное назначение помещений, присутствие определенных людей и характер их деятельности, температурно-влажностный режим и др. [6, 7]. В связи с этим её практическая реализация должна производиться на основе приведенных выше принципов, а именно

подача чистого ионизированного воздуха персонально в зону дыхания каждого человека с индивидуальным управлением его параметрами.

Для получения искусственно ионизированного воздуха применяются методы, основанные на различных физических процессах [8]:

взаимодействие ионизирующих излучений и УФ излучения с воздушной средой;

фотоэлектрический и баллоэлектрический эффекты;

тепловая ионизация поверхности вещества при нагревании;

электрические разряды в воздухе.

На основе методов искусственной аэроионизации разработан широкий класс генераторов аэроионов (ГАИ) (аэроионизаторов):

- 1) ГАИ на основе радиоактивных изотопов;
- 2) гидродинамические аэроионизаторы;
- 3) генераторы аэроионов с использованием УФ излучения и фотоэффекта;
- 4) термоэлектронные генераторы аэроионов;
- 5) электрические (коронные) ГАИ.

К методам и средствам искусственной аэроионизации предъявляются следующие требования:

способность создавать ионизированную воздушную среду с определенными аэроионизационными параметрами;

возможность изменения в широком диапазоне количества искусственно создаваемых аэроионов;

отсутствие отрицательных вторичных эффектов (изменение химического состава и параметров микроклимата воздушной среды, шумы и др.);

надежность, экономичность, простота и безопасность эксплуатации.

Формулировка целей статьи. Исходя из этого, целью работы является разработка устройства аэроионизации с автоматическим регулированием количества генерируемых аэроионов (АИ) для индивидуального обеспечения ионизированным воздухом рабочих мест ПСН [9, 10]. Таким образом, для достижения поставленной цели, в работе необходимо было решить следующие задачи:

1) провести анализ условий обитаемости помещений специального назначения с учетом современных принципов персонализации качественных показателей воздушной среды рабочей зоны рассматриваемых помещений;

2) проанализировать известные методы и технические средства искусственной ионизации воздуха, выявить существующие противоречия и недостатки, а также предложить пути их решения;

3) разработать устройство аэроионизации с автоматическим регулированием количества генерируемых аэроионов для индивидуального обеспечения ионизированным воздухом рабочих мест указанных помещений.

Изложение основного материала исследования

Исследования показывают, что в среде обитания закрытых или вентилируемых помещений, к которым относятся ПСН, постоянно присутствует бытовая пыль, оксиды углерода, азота и серы, озон, радон, компоненты табачного дыма, десятки различных летучих органических соединений, биоаэрозоль. Причем эти загрязнители в результате различных химических реакций, происходящих в воздухе помещений, могут превращаться в более токсичные, что в итоге приводит к неконтролируемому ухудшению самочувствия людей, снижению работоспособности и повышает степень риска возникновения различных заболеваний. Комплекс факторов, связанных с высокой загрязненностью воздуха помещений и вследствие этого с жалобами населения, получил название синдром «нездорового» здания.

Анализ методов и технических средств искусственной ионизации воздуха показывает, что наиболее универсальными для нормализации аэроионного режима в ПСН является коронный метод аэроионизации. Устройства ионизации воздуха, основанные на этом методе, обладают высокой производительностью, безопасны в эксплуатации, лучшими по сравнению с аналогами конструктивно-технологическими особенностями, практически не создают при работе побочных продуктов.

В соответствии с действующими нормативными требованиями по компенсации аэроионной недостаточности и эксплуатации аэроионизаторов наиболее приемлемым к использованию в условиях помещений специального назначения является управляемый коронный аэроионизатор [11, 12].

С учетом особенностей функционирования СЖО и условий эксплуатации ПСН к коронным аэроионизаторам предъявляются следующие требования:

генератор аэроионов должен создавать в любой точке помещения заданную концентрацию аэроионов с требуемым коэффициентом униполярности;

электрическая подвижность аэроионов, создаваемых аэроионизатором, должна быть не менее $0,5 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$, так как только ионы этих подвижностей положительно воздействуют на организм человека;

ГАИ не должен создавать в воздухе озон, окислы азота и другие вредные примеси в количествах, превышающих ПДК;

конструкция коронирующей системы должна обеспечивать возможность работы аэроионизатора при минимально возможном напряжении;

конструкция аэроионизатора должна исключать случайное соприкосновение человека с коронирующими электродами, находящимися под высоким напряжением;

генератор аэроионов должен быть электро-, пожаро-, взрывобезопасен, не создавать помех в кабельной сети и радиоэфире;

ГАИ должен иметь минимально возможные энергопотребление, массо-габаритные характеристики и сопротивление потоку воздуха;

генератор аэроионов должен быть несложным и технологичным в изготовлении, удобным в эксплуатации высоконадежным устройством, не требующим частого профилактического обслуживания с ресурсом работы не менее 3 лет.

В электрических генераторах аэроионов воздух ионизируется коронным разрядом, образующимся у коронирующих электродов ионизатора под действием высокого напряжения. Преобладающим механизмом образования ионов в коронном разряде является ионизация электронным ударом. При этом свободные электроны приобретают в электрическом поле энергию, необходимую для ионизации молекул воздуха, которая обычно лежит в интервале 10...25 эВ [13 – 15].

Если на коронирующий электрод в виде острия подать отрицательный потенциал, создающий вблизи электрода электрическое поле большой напряженности, то случайный свободный электрон, ускоряясь в этом поле и удаляясь от острия, ионизирует воздух и образует электронную лавину. Число электронов n в лавине рассчитывается по формуле:

$$n = \exp\left(\int_0^{x_n} \alpha_u(x) dx\right), \quad (1)$$

где x_n – расстояние от острия до точки измерения количества электронов в лавине, м; x – расстояние от коронирующего электрода, м; $\alpha_u(x)$ – первый коэффициент ионизации Таунсенда.

Лавина оставляет за собой плотное облако положительных ионов, дрейфующих к острию и создающих пространственный заряд, частично экранирующий поле коронирующего электрода, которое уменьшается по мере удаления от острия. Интенсивно сталкиваясь с молекулами воздуха, электроны теряют свою энергию и в результате прилипания образуют отрицательные ионы.

Когда поле положительного пространственного заряда становится достаточно большим, оно практически полностью экранирует поле острия, и ионизация прекращается. Адсорбция положительных ионов поверхностью коронирующего электрода уменьшает пространственный заряд. Когда к острию подходят последние положительные ионы, напряженность электрического поля вновь возрастает, и эти ионы, ускоряясь, создают инициирующие электроны, которые дают начало новым электронным лавинам.

Схематическое изображение плотности ионов, потенциала и формы импульса в случае отрицательной короны с острия приведены на рис. 3, а осциллографическая развертка чередующихся импульсов в отрицательной короне изображена на рис. 2 [13].

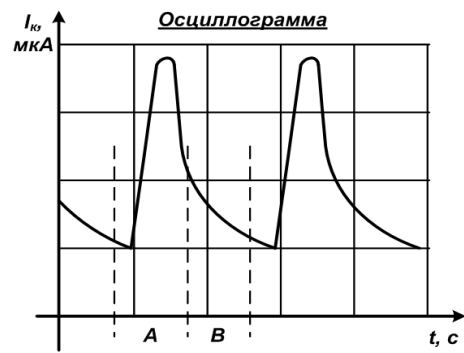


Рис. 2. Изображение осциллографической развертки импульсов в отрицательной короне

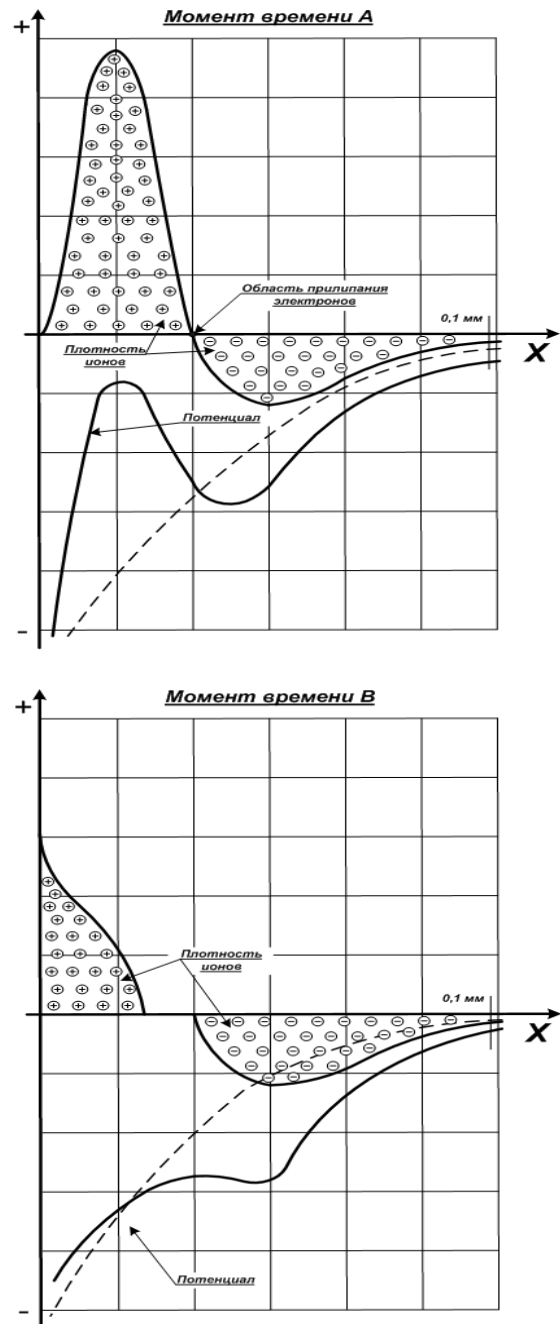


Рис. 3. Схематическое изображение распределения плотности ионов, потенциала и формы импульса в случае отрицательной короны с острия, а также падение потенциала (- - -) при отсутствии короны

Если подать на острие положительный потенциал, то случайный электрон, находящийся вблизи коронирующего электрода, движется к нему, образуя лавину электронов и положительных ионов.

Электронные лавины притягиваются к острию, а положительные ионы образуют поток, направленный от коронирующего электрода. При низких напряжениях в положительной короне в воздухе имеют место только лавины, возникающие вблизи острия, где существуют условия для отрыва электронов.

На характеристики коронного разряда сильное влияние оказывает молекулярный состав газа. В таких газах, как, например, азот, не обладающих средством к электрону, отрицательный коронный разряд не может происходить. В газах, проявляющих умеренное средство к электрону, например, углекислый газ, отрицательный коронный разряд существует лишь в определенном диапазоне напряжений. Влияние состава газа на ток коронного разряда объясняется также различием в подвижности образующихся пар ионов.

Принцип коронного разряда положен в основу работы большинства отечественных и зарубежных генераторов аэроионов [16, 17]. Разработка устройств аэроионизации для ПСН специального назначения требует исследования процессов генерирования аэроионов в коронных аэроионизаторах. С этой целью в данной рассмотрено влияние на технические характеристики коронных аэроионизаторов их режимных и конструктивных параметров.

Количество аэроионов, генерируемых коронным аэроионизатором, зависит от электрических характеристик коронного разряда, которые определяются полярностью, типом и формой напряжения на коронирующих электродах, геометрической конфигурацией коронирующей системы (количество коронирующих электродов, их размерами, расстоянием между ними и др.).

Обзор работ по технике ионизации воздуха показывает, что для искусственной аэроионизации практическое применение находят коронные аэроионизаторы на постоянном, переменном и импульсном напряжении, а также генераторы аэроионов на высокочастотном разряде. Применяемые коронирующие системы многообразны, и выбор их типа в основном осуществляется экспериментальным путем.

Наиболее распространенными конструкциями коронирующих систем в аэроионизаторах являются игольчатые и проволочные электроды. Экспериментально установлено, что игольчатые электроды с определенным расстоянием между остриями при одинаковых напряжениях создают более сильные электрические поля, чем провода. Кроме того, для игольчатой формы электродов наблюдается широкая локализация пространственного заряда у острия. Многообразие мешающих факторов и сложность

явлений в электрическом поле коронного разряда являются причинами того, что аналитическому описанию поддаются лишь электрические поля коаксиально-цилиндрической системы и частично поля системы «провод-плоскость». Поэтому выбор применяемых коронирующих систем осуществляется, в основном, экспериментальными методами, которые позволяют получать только качественную картину рассматриваемых явлений.

Известны устройства для ионизации воздуха с возможностью ручного регулирования количества генерируемых АИ [16, 17]. Недостатком этих устройств является отсутствие автоматического поддержания установленного уровня концентрации генерируемых аэроионов и узкий диапазон регулирования.

Сформулированная в работе цель и поставленные задачи достигаются путем применения частотно-импульсной генерации положительных n^+ и отрицательных n^- АИ, генерируемых коронным аэроионизатором, описанная выше, которая обеспечивается инерционностью процесса насыщения-рассыпания поверхностного заряда первичного полупроводникового измерительного преобразователя (ППИП). В качестве ППИП концентрации АИ используется полупроводниковый резистор типа КР-101, для которого была установлена зависимость электропроводности от количества аэроионов, адсорбируемых на его поверхности и определяющих концентрацию последних в окружающей среде. Полупроводниковый преобразователь выполнен из монокристаллического кремния с удельным сопротивлением $\rho = 2 \cdot 10^3$ Ом/см с напыленными алюминиевыми контактами [18].

На рис. 4 представлена экспериментально полученная зависимость отношения $K = R/R_0$ текущего сопротивления R полупроводникового резистора в зависимости от концентрации n^+ положительных АИ к его значению R_0 при $n^+ = 0$.

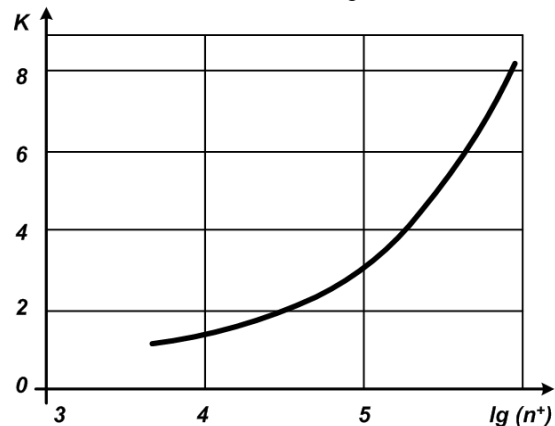


Рис. 4. Зависимость отношения $K = R/R_0$ текущего сопротивления R полупроводникового резистора в зависимости от концентрации n^+ положительных аэроионов к его значению R_0 при $n^+ = 0$

На рис. 5 изображена зависимость $K = R/R_0$ для концентрации отрицательных АИ n^- для тех же исходных условий.

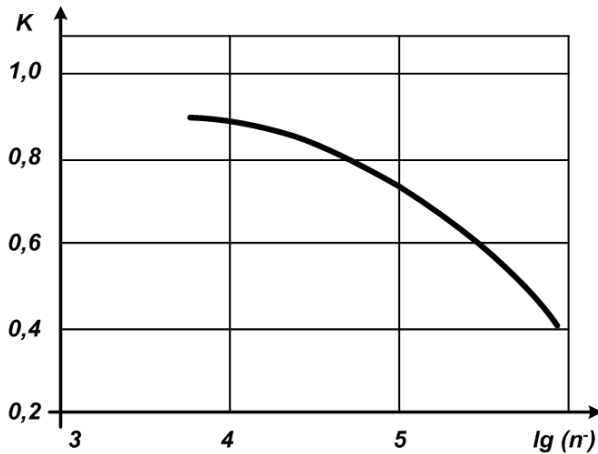


Рис. 5. Зависимость отношения $K = R/R_0$ текущего сопротивления R полупроводникового резистора в зависимости от концентрации n^- отрицательных аэроионов к его значению R_0 при $n^- = 0$

На рис. 6 представлена принципиальная электрическая схема разработанного устройства для ионизации воздуха [18].

Устройство питается от источника переменного тока. Высоковольтные блоки 1 и 2 собраны по схеме диодно-емкостного умножителя напряжения.

Для получения высокого напряжения может быть использована трансформаторная схема повышения напряжения с последующим его выпрямлением.

Предложенное устройство работает следующим образом.

Источники питания 1 и 2 вырабатывают высокое напряжение отрицательной и положительной полярности для получения коронных разрядов с коронирующими электродами 3 и 4, ионизирующих воздух.

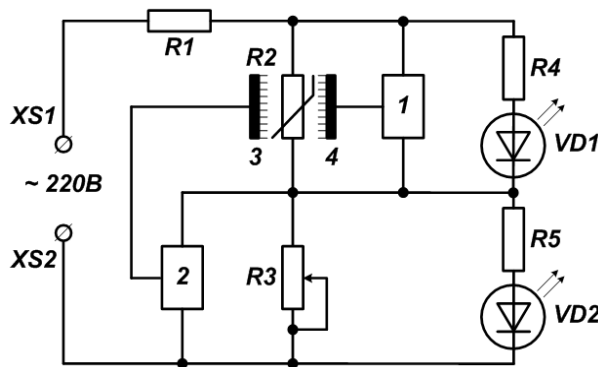


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема устройства с автоматическим поддержанием стабильности уровня концентрации генерируемых АИ

Изменением величины сопротивления резистора $R3$ устанавливается необходимое количество отрицательных n^- и положительных n^+ АИ, генерируемых предложенным коронным аэроионизатором.

При этом на входе блоков высокого напряжения отрицательной 1 и положительной 2 полярности устанавливаются входные напряжения $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$, которые определяются величиной омических сопротивлений полупроводникового резистора $R2$ и резистора $R3$ соответственно.

Величина полупроводникового резистора $R2$, который устанавливается в потоке ионизированного воздуха на выходе из коронного ионизатора, определяется количеством отрицательных n^- и положительных n^+ АИ, адсорбирующихся на его поверхности. Отклонение количества аэроионов от установленного уровня изменяет величину омического сопротивления полупроводникового резистора $R2$. Это в свою очередь изменяет величину падения напряжения на полупроводниковом резисторе $R2$ и резисторе $R3$ и, как следствие, – изменяются входные напряжения высоковольтных блоков питания отрицательной и положительной полярности $U_{вх1}$ и $U_{вх2}$ так, что количество отрицательных n^- и положительных n^+ аэроионов, генерируемых аэроионизатором, возвращается к установленному уровню.

Исследования предложенного аэроионизатора с полупроводниковым резистором $R2$ типа КР-101 показали, что устройство может автоматически поддерживать стабильность установленных уровней отрицательных n^- и положительных n^+ аэроионов с точностью $\pm 20\%$, достаточной для практического использования в технике искусственной ионизации воздуха.

Выводы

Более высокое качество воздуха в помещениях специального назначения увеличивает эффективность деятельности персонала.

Для повышения качества воздуха целесообразно обеспечивать его искусственную ионизацию с последующей индивидуальной подачей в зону дыхания каждого человека.

Разработано устройство для ионизации воздуха с автоматическим поддержанием стабильности установленного уровня концентрации отрицательных n^- и положительных n^+ АИ, генерируемых предложенным аэроионизатором.

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать разработанное устройство аэроионизации для индивидуального обеспечения рабочих мест помещений специального назначения ионизированным воздухом с нормативными параметрами.

Список литературы

1. Экология помещений и здоровье. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://www.ecoquest.iwarp.com/Zn_Eco.htm.
2. Живой воздух. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecoquest.iwarp.com/Living_Air.htm.
3. Фангер П.О. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей / П.О. Фангер. – Лундбю: Датский технологический университет, Международный центр по проблемам внутренней среды в помещениях и энергетике Департамента энергетики Дании. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://www.abok.ru/for_specarticles.php.
4. Krueger A.P. Are air ions biologically significant? A review of a controversial subject / A.P. Krueger // *Int. J. Biometeor.* – 1972. – №16. – P. 313-322.
5. Fomof K.T. Stress and physiological, behavioral and performance patterns of children under varied air ion levels / K.T. Fomof, G.O. Gilbert // *Int. J. of Biometeorol.* 1988. – №32. – P.260-270.
6. Барбашин В.В. Оценка экологического состояния среды обитания защитных сооружений гражданской обороны / В.В. Барбашин, И.И. Попов, И.А. Толкунов, А.В. Ромин // *Проблемы надзвичайних ситуацій*. – 2006. – № 4. – С. 54-61.
7. Cooperman P. A theory for space charge limited currents with application to electrical precipitation / P. Cooperman – *Trans. Am. Inst. Elect. Engrs.*, 1960. – P.47-79.
8. Толкунов И.А. Некоторые аспекты обеспечения нормативного аэроионного режима рабочей среды помещений специального назначения МЧС Украины / И.А. Толкунов, В.В. Марынюк, И.И. Попов, В.В. Пономарь // *Проблемы чрезвычайных ситуаций*. – Х.: УГЗУ, 2008. – №8. – С. 198-206.
9. Салата Н.П. Обоснование оптимальных параметров остриевых коронирующих электродов для аэроионизации животноводческих помещений / Н.П. Салата // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 1976. – Вып. №35. – С. 85-89.
10. Монтик П.Н. Исследование управляемого генератора ионов / П.Н. Монтик, С.А. Коновалов // *Электронная обработка материалов*. – М.: 1979. – № 4. – С. 64-67.
11. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений: ГОСТ 0.03-3.06.80. – [Действует с 1980-02-12]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1980. – 4 с. – (Государственный стандарт СССР).

12. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений: СанПиН 2.2.4.1294-03. – [Действует с 2003-06-15]. – М.: Госстандарт РФ, 2003. – 16 с. – (Государственный стандарт РФ).
13. Верецагин И.П. Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии / И.П. Верецагин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 160 с.
14. Chapman S. Corona point current in wind / S. Chapman // *J. of Geophysical Reserch.* – 1970. – Vol. 75, №12. – P. 2165-2169.
15. Sulman F.G. The Effect of Air Ionization, Electric Fields, Atmospheric and Other Electric Phenomena on Man and Animal / F.G. Sulman. – Springfield: Thomas Publ., 1980. – 47 p.
16. А.с. 1153932 СССР, МПК (1980) А61N 1/44. Устройство для ионизации воздуха / Б.И. Андриященко, В.Е. Маслов, И.И. Попов, И.Д. Сергиенко, И.С. Цехановский (СССР). – № 3575470/28-13: заявл. 30.12.82; опубл. 07.07.85, Бюл. № 17.
17. Пат. 2294776, Российская Федерация, МПК (2006.01) А61N 1/44, Н01Т 23/00, А61N 1/00. Генератор-концентратор аэроионов / Козлов В.Б., Мадиев Н.Г., Самолдин А.И., Суворов В.Н.; заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Реабилитация инвалидов» (ООО «РИН»). – № 2003134851/14; заявл. 26.11.03; опубл. 10.03.07.
18. Пат. на полезную модель 73153, Украина, МПК (2006.01) А61N 1/44. Устройство для ионизации воздуха / Толкунов И.А., Барбашин В.В., Попов И.И., Третьяк В.Ф.; заявитель и патентообладатель: Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков. – № и 2012 03423; заявл. 22.03.2012; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 17.

Поступила в редколлегию 29.12.2014

РРецензент: д-р техн. наук, проф. Н.И. Адаменко, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков.

РОЗРОБКА КЕРОВАНОГО ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ГЕНЕРАТОРА АЕРОІОНІВ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

І.О. Толкунов

Проведено аналіз умов мешкання в приміщеннях спеціального призначення, розглянуті принципи персоналізації якісних показників повітряного середовища робочої зони цих приміщень. Розроблено пристрій аероіонізації з автоматичним регулюванням кількості генерованих аероіонів для індивідуального забезпечення іонізованим повітрям робочих місць зазначених приміщень.

Ключові слова: приміщення спеціального призначення, системи життєзабезпечення приміщення, генератор аероіонів, іонізоване повітря.

DEVELOPMENT OF PERSONALIZED MANAGED IONS GENERATOR FOR BUILDING SPECIAL PURPOSE

I.O. Tolkunov

The analysis of living conditions of the special purpose areas, the principles of personalization qualitative indicators of ambient air of the working area of the premises. The developed device air ionization with automatic regulation of amount of air ions, which are generated for individual security ionized air of workplaces of these premises.

Keywords: the premises of a special purpose, a system of life support facilities, air ion generator, ionized air.