

**КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ВИМІРЮВАННЯ
КОНЦЕНТРАЦІЇ ЛЕГКИХ АЕРОІОНІВ
МЕТОДОМ ВІДКРИТОГО КОЛЕКТОРА**

*Коренівська О.Л., асистент
Житомирський державний технологічний університет
м. Житомир, Україна*

Вступ

Жителі міст та мегаполісів стикаються з проблемою деіонізації повітря, яка обумовлена сучасними умовами життя та швидким прогресом у всіх сферах діяльності. Більшість часу люди проводять в закритих кімнатах (офіси, квартири), які оздоблені пластиком та іншими матеріалами, що притягують легкі негативні аероіони і в оточуючому середовищі спостерігається підвищення концентрації позитивних та важких аероіонів, що є шкідливим для здоров'я. Разом з цим було встановлено, що повітря без вмісту аероіонів призводить до пригнічування всіх функцій організму, виникнення захворювань та швидкої смерті, при чому відбуваються деструктивні зміни в органах та тканинах, що доводить безсуперечність факту, що аероіони повітря є його життєдайною силою.

Відомо, що мембрани всіх кліток людини мають природний від'ємний заряд [1, 2]. При зниженні рівня від'ємного заряду на клітинній мембрані, частинки крові починають злипатися, що ускладнює кровообіг і є визначним чинником погіршення здоров'я.

Аналіз досліджень та публікацій за даною тематикою

Відновлення рівня електричного заряду організму можливе шляхом проведення штучної аероіонізації повітря. Під час акту вдихання аероіони віддають свій заряд еритроцитам крові, які і разносять їх до клітин та тканин організму, компенсуючи втрату електричного заряду всередині клітин. Надходження в кровотік від'ємних іонів кисню підсилює заряд формених елементів крові і електрораспор між елементами крові та білками плазми. [1, 2, 3].

Відзначають значний лікувальний вплив штучної аероіонізації для нормалізації дихального обміну, частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, рівня цукру і ферментів в крові, лікування хвороб дихальних органів, підвищення розумової та фізичної активності, підвищення м'язової збудливості, зниження рівня молочної кислоти, стимуляції білкового, вуглеводного та водного обміну, синтезу вітамінів, покращення мікроциркуляції кровообігу, активацію імунної системи, антимікробну та протівірусну дію. Відмічається пришвидшення виліковування гнійних ран, виразок.

З аналізу наукових публікацій можна визначити наступне застосуван-

ня штучної аероіонізації:

- для лікування та профілактики захворювань (в медичних установах і побуті);
- для очищення повітря від пилу та інших речовин, аерозольних забруднень;
- для знезаражування та ліквідації бактерій і мікроорганізмів;
- для нейтралізації шкідливого впливу на людину комп'ютерів, телевізорів та іншої техніки;
- відновлення біологічної активності повітря, яке надходить у приміщення від кондиціонерів, фільтрів, повітроводів.

Апаратуру для отримання аероіонів називають генераторами іонів, або просто аероіонізаторами, які розділяють на аероіонізаційні установки і портативні побутові аероіонізатори.

Недоліком всіх існуючих типів іонізаторів є відсутність можливості індикації кількості аероіонів, що генерується і змоги регулювання та встановлення необхідної дози аероіонів. Це обмежує використання аероіонізаторів в медицині та пояснює той факт, що аероіонізатори використовуються або в побуті для оздоровлення повітря або в спеціальних науководослідних лабораторіях. Залишається не вирішеною проблема реєстрації концентрації аероіонів, для можливості оцінки продуктивності аероіонізаторів та визначення стану навколишнього середовища. Тому задача створення ефективних та точних приладів для реєстрації кількості аероіонів в оточуючому повітрі є актуальною.

Серед вимірювальної апаратури виділяють спектрометри, лічильники аероіонів та реєстратори аероіонів [2, 4, 5]. Спектрометри відносять до складного лабораторного обладнання, яке потребує висококваліфікованого обслуговуючого персоналу та не дає точного значення виміру концентрації аероіонів. Індикатори аероіонів прості за будовою, але більшість з них мають грубу шкалу виміру і дозволяють лише якісно оцінити роботу апаратури. Лічильники аероіонів єдині дозволяють провести більш-менш точний підрахунок кількості аероіонів в об'ємі повітря.

Всі відомі типи лічильників можна розділити на наступні групи: мас-спектрометричні, імпульсні, аспіраційні [5, 6]. Але всі ці типи лічильників не є придатними для використання в умовах клінік або в побуті. Мас-спектрометричні потребують складного лабораторного обладнання та створення спеціальних умов експерименту. Імпульсні лічильники мають обмежений спектр аероіонів, який можна виміряти за допомогою цих пристроїв. Найбільш широке застосування отримали аспіраційні лічильники, робота яких ґрунтується на аспіраційному методі вимірювання концентрації аероіонів. Суть методу – через вимірювальну камеру з певною швидкістю прокачується іонізоване повітря. На вимірювальну обкладку аспіраційного конденсатора подається напруга певного рівня та знаку, що забезпе-

чує осідання аероіонів протилежного знаку на цій обкладці. Змінюючи швидкість прокачування повітря та рівень потенціалу на вимірювальній обкладці забезпечують реєстрацію легких аероіонів з різною рухливістю. Але вони мають ряд недоліків:

1. Великий час вимірювання: зважаючи на те, що час життя легких аероіонів малий, результат вимірів буде нижчий ніж насправді.
2. Сильні електричні поля (характерні для процесу аероіонізації), неконтрольовано та непрогнозовано спотворюють реальну картину розподілу концентрації аероіонів та результати вимірювання.
3. Втрата аероіонів при транспортуванні через вимірювальну камеру вносить значну похибку в вимірювання.
4. Неможливість проведення вимірювання в зоні дихання людини.
3. Висока ціна.

Виклад основного матеріалу дослідження

Метод відкритого колектора є альтернативним аспіраційному. Він базується на вимірюванні іонного струму, який протікає через вимірювальний електрод-колектор, що встановлений в площині перпендикулярній руху аероіонів [7]. Метод не дозволяє проводити диференціювання аероіонів за рухливостями, але він забезпечує меншу похибку вимірювання. Це обумовлено тим, що відкритий вимірювальний електрод дає можливість врахувати дію електричних полів та конвективних потоків, відсутність продування повітря виключає іонне обідніння повітря. Також застосування відкритої системи дозволяє проводити вимірювання в будь-якій точці простору. Але для коректного виміру та збільшення чутливості метод необхідно удосконалити.

Можна виділити два різновиди методу «відкритого колектору» – в одному вимірювання проводиться на заряді вимірювального перетворювача, в іншому на розряді вимірювального перетворювача і відрізняється він тим, що на електрод-колектор подається електричне поле з відомими характеристиками які надалі слід врахувати при обробці результатів.

Первинний вимірювальний перетворювач або електрод-колектор іншими словами може використовуватися у двох виконаннях – площинний та об'ємний. Але у конструкціях площинного типу спостерігається крайовий ефект (зростання неоднорідності електричного поля по мірі наближення до границь вимірювального електроду) більший ніж у конструкціях об'ємного типу. Об'ємний первинний вимірювальний перетворювач має певний вигравш при вимірюваннях рівня іонізації створеного не одним джерелом іонізації, коли направлено руху іонів не спостерігається, або не відомо місце розташування джерела іонізації.

Основною вимогою до первинного вимірювального перетворювача є забезпечення максимальної чутливості при мінімальних похибках визначення концентрації аероіонів. Під чутливістю розуміємо здатність методу

вимірювання визначати з заданою надійністю та достовірністю різницю між дуже малими значеннями вимірюваної величини. Здатність розрізняти два значення концентрації аероіонів, що відрізняються дуже малою величиною визначається здатністю технічних засобів диференціювати малі значення іонного струму, які відповідають даним концентраціям. Таким чином чутливість методу в значній мірі визначається схемною реалізацією вимірювального механізму, де електрод-колектор відіграє роль накопичувача. Чутливість вимірювання можна виразити через площу накопичувального електроду. Чутливість методу визначається як

$$S_c = \frac{\Delta I_{\text{іон}}}{\Delta n}, \quad (1)$$

де $\Delta I_{\text{іон}}$ – зміна іонного струму, Δn – зміна концентрації аероіонів.

Необхідне значення чутливості може бути досягнуто збільшенням вимірювальної ємності. Для цього пропонується не збільшувати розміри первинного вимірювального перетворювача, а використати паралельне включення його з накопичувальним конденсатором ємністю порядку десятків мкФ. Такий крок також забезпечує, що результат вимірювання не буде сильно залежати від конфігурації поля створеного іонізатором і крайовий ефект матиме незначний вплив на точність вимірювання, а це дозволяє використовувати первинний вимірювальний перетворювач будь-якої конфігурації.

При розробці конструкції первинного вимірювального конденсатора може бути критичним вибір матеріалу, з якого він виготовлений та матеріалу елементів кріплення. Їх необхідно вибирати такими, щоб процеси поляризації та витікання не впливали на результати вимірювання. В результаті експериментів в якості матеріалу первинного вимірювального перетворювача рекомендується використовувати сталь або інші метали, а в якості матеріалів для кріплення конструкцій найкраще використовувати дерево або інші діелектрики.

Рух аероіонів до первинного вимірювального перетворювача відбувається за рахунок зовнішнього поля (створеного іонізатором) та конвективних повітряних потоків. Оцінити швидкість руху аероіонів під дією поля можна наступним рівнянням

$$v = \frac{U \cdot \mu}{2 \cdot d}, \quad (2)$$

В огляду на стандартні розміри приміщень, де може проводитися іонізація повітря варто визначити швидкість руху аероіонів на відстані від іонізатора 0,5 – 3 м. Для напруги 10 кВ, рухливості аероіонів $1,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}\cdot\text{В}$, зміна швидкості руху аероіонів представлена на рис. 1.

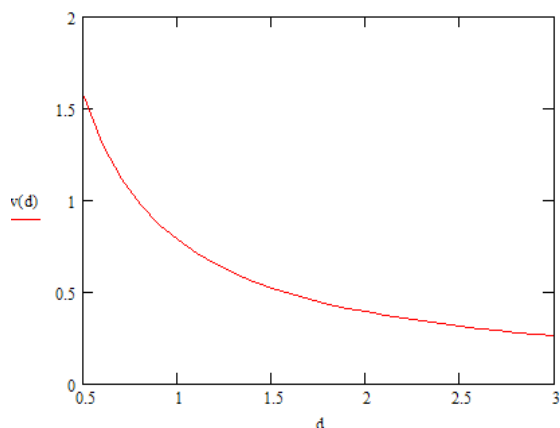


Рис. 1. Зміна швидкості руху аероіонів при напрузі генерації 10 кВ

Для заданого діапазону відстані швидкість руху аероіонів коливається від 1,56 до 0,26 м/с.

Так як чутливість визначається площею вимірювального електроду, то виходячи з мінімального значення концентрації аероіонів $n_{min}=100$ од/см³ (значення обумовлене санітарними нормами) та швидкості аероіонів площа електроду може бути вибрана з умови

$$S > \frac{I_{ionmin}}{n_{min} \cdot v \cdot e}, \quad (3)$$

Мінімальний іонний струм $I_{ionmin} = 1$ пА, оцінімо значення корисної площі вимірювального електроду для даних параметрів (рис. 2). Як видно з рисунку це значення коливається від 406 до 2403 см².

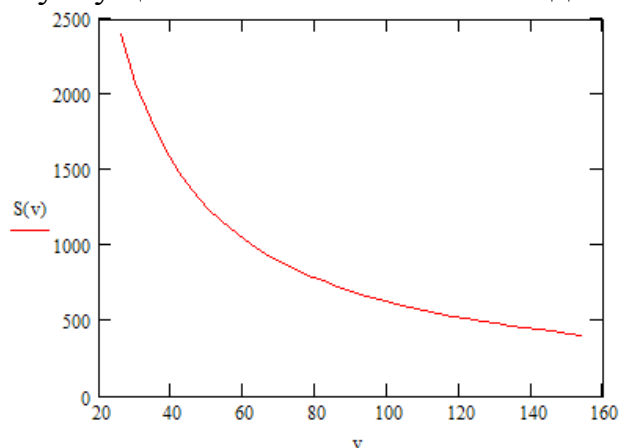


Рис. 2. Значення корисної площі вимірювального електроду

Існує небезпека впливу на результати вимірювання зовнішніх електромагнітних завад, які необхідно ліквідувати за допомогою схемно-апаратної реалізації вимірювального механізму. Рівень завад визначається величиною ємності між вимірювальним електродом та джерелом завад. В більшості цей недолік можна ліквідувати використанням екранованого проводу для зв'язку первинного

вимірювального перетворювача з блоком безпосереднього вимірювання.

Малий рівень іонного струму при аероіонізації дозволяє виключити з розгляду магнітну складову поля, яка має дуже мале значення.

На рис. 3 представлено структурну схеми розробленого пристрою, що реалізує метод відкритого колектора.

Для реалізації блоку вимірювання і обробки сигналів іонного струму, що надходять з первинного вимірювального перетворювача можливі два підходи: використання перетворювача «струм-напруга» та використання інтегратора. Використання інтегратора має наступні переваги: можливість гнучкого регулювання коефіцієнту перетворення шляхом зміни періоду ін-

тегрування; відсутність необхідності використання точних резисторів великого номіналу (>100 МОм) для вимірювання малих струмів; додаткову можливість фільтрації пов'язану з тим, що інтегратор має нулі на частотах кратних $1/t_{\text{INT}}$ та огинаючу з нахилом у 20 дБ/декаду (при t_{INT} кратному 20 мс, інтегратор придушує наводки промислової частоти 50 Гц); отримання миттєвих значень іонного струму.

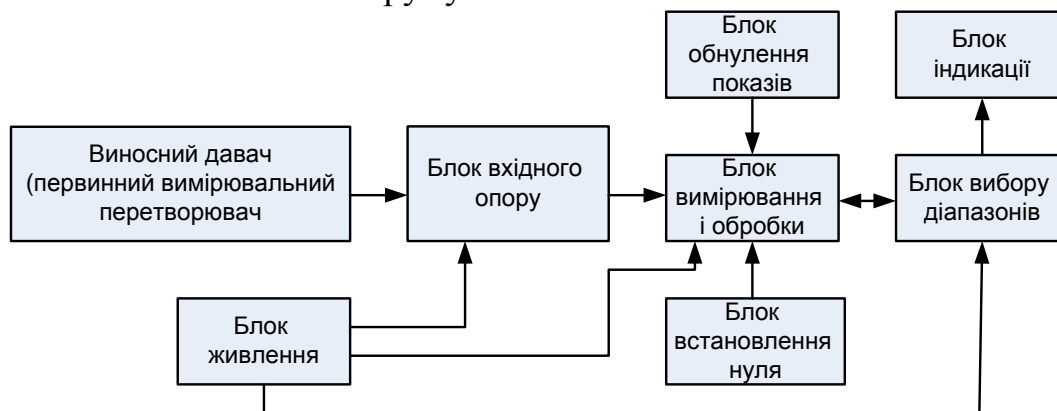


Рис. 3. Структурна схема лічильника аероіонів, що реалізує метод відкритого колектора

До недоліку можна віднести використання схем комутації в інтеграторі, які мають певні струми витіку та можуть вносити додаткову похибку у результати вимірювання. Цей недолік можна компенсувати використанням сучасних спеціалізованих мікросхем, ще реалізують функцію інтегратора та мають корекцію останнього недоліку. Детальний опис конструкції вимірювального пристрою приведено в [8, 9].

Кількість зарядів накопичених на первинному вимірювальному перетворювачі пов'язана з іонним струмом I залежністю

$$q = \int_{t_1}^{t_2} I dt, \quad (4)$$

а напруга, що знімається з конденсатора, визначається формулою:

$$U_c = \frac{q}{C}, \quad (5)$$

де C – ємність первинного вимірювального перетворювача та накопичувальної ємності.

Концентрація аероіонів визначається за формулою

$$N = Q/V \cdot e. \quad (6)$$

де Q – заряд, Кл; V – об'єм первинного вимірювального перетворювача, в см^3 ; e – заряд електрона, $1,6 \times 10^{-19}$ Дж.

За допомогою методу відкритого колектора та розробленого пристрою було оцінено зміну концентрації аероіонів з часом та відстанню від іонізатора через 15 с, 45 с, 1 хв, 2 хв роботи іонізатора та відстаней в 35 см, 45 см, 60 см, 1 м від іонізатора. Джерелом іонізації виступав портативний ае-

роіонізатор «Атмос», напруга генерації якого 3,75 кВ. Залежності цієї зміни приведені на рис. 4, 5.

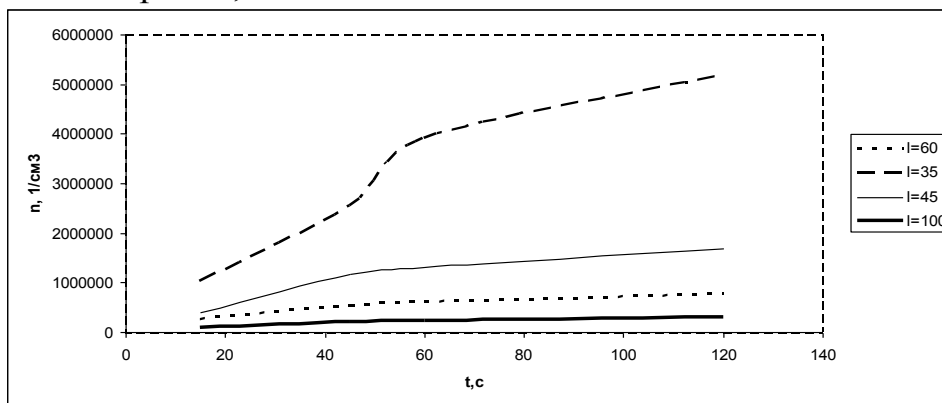


Рис. 4. Зміна концентрації аероіонів від часу для різних відстаней від іонізатора

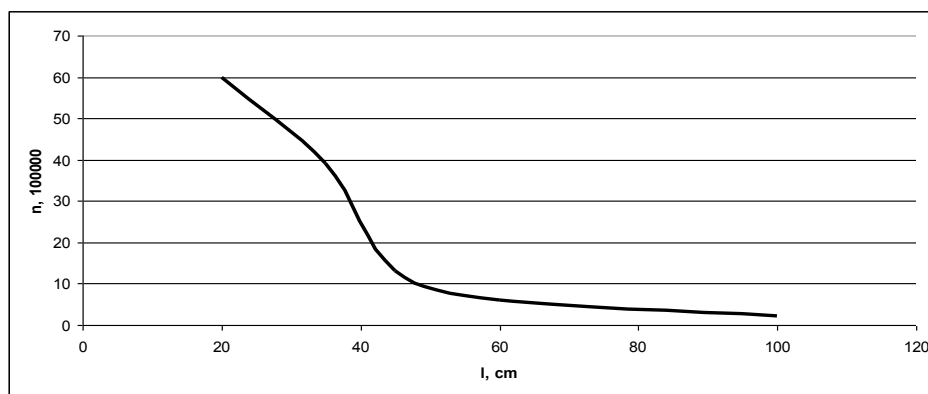


Рис. 5. Зміна концентрації аероіонів з відстанню від іонізатора

Експеримент підтверджує теоретичні викладки, згідно яким з відстанню від іонізатора концентрація аероіонів зменшується. Крім цього в експерименті досліджувалася зміна концентрації аероіонів в часі. Було встановлено, що при працюючому аероіонізаторі з часом його роботи концентрація легких аероіонів з часом збільшується. При проведенні експерименту по вимірюванню концентрації негативних аероіонів та швидкості зменшення їх концентрації в просторі після виключення джерела негативних аероіонів спостерігалася майже миттєва зміна заряджених часток в оточуючому середовищі на позитивно заряджені. З цього можна зробити висновок, що час життя легких негативних аероіонів дуже малий, а в закритому просторі типу кімнати в звичайних умовах концентрація позитивно заряджених аероіонів переважає. Також миттєву зміну знаку заряду, що реєструє мікрокулонометр можна пояснити дуже високою чутливістю пристрою та наявністю руху потоку повітря в просторі.

Висновки

Таким чином запропонована реалізація методу відкритого колектора забезпечує вимірювання концентрації легких аероіонів повітряного прос-

тору навколишнього середовища за допомогою первинного вимірювального перетворювача з накопичувальним конденсатором незалежно від їх стану, густини та швидкості переміщення. Розроблений пристрій, що реалізує метод відкритого колектора, забезпечує високу точність (похибка 5%), чутливість та швидкість вимірювання, а також дозволяє проводити вимір в конкретній точці простору, там де розміщено первинний вимірювальний перетворювач, спостерігати та фіксувати інтенсивність концентрації електричних зарядів аероіонів.

Література

1. Мещеряков А.Ю. Метрологические аспекты исследования физических характеристик воздуха на объектах со средой обитания. // Медицинская техника, 1999. №1. С.43-46.
2. Чижевский А.Л. Аэроионизация в медицине //Проблемы ионизации: Тр. ЦНИЛИ. Т.3. Воронеж: Коммуна, 1933, с. 293-539.
3. Герасимова Л.И. Аэроионотерапия. -М. : Наука,1996. -118 с.
4. Лившиц М.Н. Аэроионофикация: Практическое применение. М.: Стройиздат, 1990, 168 с.
5. Коренівська О.Л. Вимірювання концентрації легких від'ємнозаряджених аероіонів. / О.Л. Коренівська, В.Ф. Манойлов, П.П. Мартинчук //Збірник тез доповідей 8 Міжнародної науково-технічної конференції Приладобудування: стан і перспективи, 28-29 квітня 2009 р. м. Київ ПБФ, НТУУ «КПІ» – 2009. – С. 169 -170.
6. Коренівська О.Л. Методи та апаратура для визначення кількості аероіонів в іонізованому повітрі. Вісник ЖДТУ. Технічні науки, 2010, Вип. 2 (53), т.1 – 93 – 102 с.
7. Кореновская О.Л. Определение параметров аэроионного состава воздуха / О.Л. Кореновская, В.Ф. Манойлов, П.П. Мартыничук //21-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо 2011). Материалы конференции. Севастополь. Вебер: 2011. - т.2 с. 777-778.
8. Коренівська О.Л. Застосування лабораторного мікрокулометра для вимірювання концентрації аероіонів. / О.Л. Коренівська, П.П. Мартинчук // Збірник тез доповідей 9 Міжнародної науково-технічної конференції Приладобудування: стан і перспективи, 27-28 квітня 2010 р. м. Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ»- 2010. С. 191-192
9. Патент України на винахід №94169 від 11.04.2011 Аероіонний мікрокулометр; Манойлов В.П., Мартинчук П.П., Коренівська О.Л.; Бюл. №7.

Коренівська О.Л. Конструктивно-технічні аспекти вимірювання концентрації легких аероіонів методом відкритого колектора. У роботі розглянуто основні методи вимірювання концентрації легких аероіонів, визначено особливості їх використання, переваги та недоліки. Запропоновано використовувати для вимірювання концентрації легких аероіонів метод відкритого колектора. Описано технічні та конструкційні особливості реалізації даного методу, які дозволяють проводити вимірювання концентрації легких аероіонів повітряного простору навколишнього середовища незалежно від їх стану, густини та швидкості переміщення. Описано пристрій, що реалізує метод відкритого колектора, який забезпечує високу точність, чутливість та швидкість вимірювання, а також дозволяє проводити вимір в конкретній точці простору, спостерігати та фіксувати інтенсивність концентрації електричних зарядів аероіонів. Проведено експериментальну перевірку працездатності даного методу.

Ключові слова: легкі аероіони, метод відкритого колектора, вимірювач концентрації аероіонів.

Кореновская О.Л. **Конструктивно-технические аспекты измерения концентрации легких аэроионов методом открытого коллектора.** В работе рассмотрены основные методы измерения концентрации легких аэроионов, описаны особенности их использования, преимущества и недостатки. Предложено использовать для измерения концентрации легких аэроионов метод открытого коллектора. Описано технические и конструкционные особенности реализации данного метода, которые позволяют производить измерения концентрации легких аэроионов воздушного пространства окружающей среды независимо от их вида, плотности и скорости перемещения. Описано прибор, что реализует метод открытого коллектора, который обеспечивает высокую точность, чувствительность и скорость измерения, а также позволяет проводить измерения в конкретной точке пространства, наблюдать и фиксировать интенсивность концентрации электрических зарядов аэроионов. Проведена экспериментальная проверка работоспособности данного метода.

Ключевые слова: легкие аэроионы, метод открытого коллектора, измеритель концентрации аэроионов.

Korenivska O.L. **Structurally technical the aspects of measuring of concentration of easy aeroions are In-process considered the method of the opened collector.** Basic methods of measuring of concentration of easy aeroions, the features of their use, advantage, and failings are certain. It is suggested to use the method of the opened collector for measuring the concentration of easy aeroions. Technical and construction features are described realization of this method, which allow to conduct measuring of concentration of easy aeroions of air space of environment regardless of their state, closeness and speed of moving. A device, which will realize the method of the opened collector, which provides high exactness, sensitivity and measuring speed, and also allows to conduct measuring in the concrete point of space, is described, to look after and fix intensity of concentration of electric charges of aeroions. Experimental verification of capacity of this method is conducted.

Keywords: easy aeroions, method of the opened collector, measuring device of concentration of aeroions.