

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ АЭРОИОНИЗАТОРОВ И ИОНОМЕТРОВ ДЛЯ ШИРОКОГО ВНЕДРЕНИЯ АЭРОИОНОТЕРАПИИ

Х. Ф. Таммет

Необходимой предпосылкой широкого внедрения аэроионотерапии является разработка ионизаторов и ионометров, подходящих для массового пользования.

Из генераторов легких аэроионов значительные преимущества имеют коронные аэроионизаторы, причем следует предпочитать открытую конструкцию коронирующих электродов.

Коронные ионизаторы

Коронные ионизаторы — весьма обширный класс аэроионизаторов; в них в качестве ионизирующего фактора применяется коронный разряд. Основными узлами всякого коронного ионизатора являются система коронирующих электродов и высоковольтный выпрямитель. Система коронирующих электродов должна обеспечить максимальную ионизацию при минимальном напряжении питания. Сочетание этого с механической прочностью коронирующих электродов представляет собой трудную задачу. Защита сверхтонких коронирующих острий может осуществляться разными защитными конструкциями, но это нельзя признать полностью удовлетворительным разрешением вопроса.

Открытая система коронирующих электродов имеет перед защищенной системой значительные преимущества. Во-первых, ионизационная способность ионизатора с открытыми коронирующими электродами выше, чем с защищенными. Наглядно иллюстрируют этот факт экспериментальные результаты испытания двух ионизаторов, которые имеют идентичную конструкцию выпрямителя и корпуса.

Расстояние от ионизатора см Концентрация ионов (электрический заряд в 1 см³)

	э л е к т р о д ы	
	защищенные	открытые
5	24 000 000	80 000 000
20	17 00 000	7 000 000
50	230 000	1 100 000

Второе преимущество заключается в том, что в коронных ионизаторах с открытыми электродами все возникающие ионы направляются в ионизируемое пространство. Величина требуемого тока ионов у обычных ионизаторов порядка $10^{-9} - 10^{-8}$. Такая малая сила тока коронного разряда гарантирует практически полное отсутствие генерирования биологически активных газов. При ионизаторах с защищенными коронирующими электродами ток коронного разряда больше ионного тока, направляемого в ионизируемое пространство, и достигает вели-

чины, при которой биологически активные газы генерируются уже в заметном количестве.

Механическую прочность открытых коронирующих электродов удается обеспечить при одновременном сохранении низкого значения начального напряжения коронного разряда, используя пружинные электроды, изготавливаемые из тонкой (диаметр до 0,25 мм) упругой стальной проволоки. Спиральная пружина диаметром в 1—3 мм прикрепляется одним концом к жесткому держателю; на свободном конце имеется короткий прямолинейный отрезок проволоки, конец которого отточен под острие. Такие электроды имеют вследствие упругости достаточную механическую прочность и не повреждаются случайными прикосновениями. Открытые пружинные электроды могут применяться при напряжении питания порядка 2 кВ и выше.

Специальным требованиям должны удовлетворять коронирующие электроды ионизатора, который предназначен для ионифицирования помещения значительного объема. С этой целью применялись электроэффлювиальные люстры, предложенные Чижевским. Громоздкую конструкцию этих люстр нельзя признать рациональной. Они имеют высокое начальное напряжение коронного разряда — не ниже десятков киловольт. Более простым типом коронирующих электродов для ионифицирования помещений являются антенны из тонкой проволоки. Их можно изготавливать из голый константановой или нихромовой проволоки диаметром 0,06—0,20 мм. Антенна остается почти незаметной. Для понижения начального напряжения коронного разряда к антенне полезно привязать примерно через 1—1½ м кусочки очень тонкой (диаметр не более 0,06 мм) проволоки длиной 2—3 см. Антенны последнего типа имеют начальное напряжение коронного разряда порядка 1 кВ.

Конструирование подходящего к ионизатору выпрямителя — техническая задача, решение ее на современном уровне высоковольтной техники не представляет принципиальных затруднений.

В качестве источника высокого напряжения для мощного коронного ионизатора могут быть успешно использованы приборы для франклинизации. Особенно хорошие результаты дает применение аппаратов франклинизации для ионифицирования больших помещений. При этом следует пользоваться описанной выше коронирующей антенной, которая протягивается под потолком по всей длине помещения.

От специальных выпрямителей для аэроионизаторов требуется постоянное напряжение 2—5 кВ. Выпрямитель должен быть полностью безопасным. Наиболее подходящим типом оказался множитель напряжения на полупроводниковых вентилях. В отношении безопасности, экономичности, надежности и дешевизны более выгодны бестрансформаторные множители напряжения. Выпрямитель такого типа применяется в ионизаторе ККИ, благодаря чему достигнуты малые габариты прибора и малая стоимость. Двенадцатикратный множитель напряжения, в котором применяются селеновые столбики АВС-1-420 и конденсаторы БГМ-2 0,05 мкФ, дает выходное напряжение до 3 кВ. Концентрация ионов вблизи ионизатора следующая.

Расстояние до ионизатора, см	Концентрация ионов
5	80 000 000
10	25 000 000
15	13 000 000
25	4 500 000
50	1 100 000
70	450 000

В помещениях объемом до нескольких сот кубических метров ионизатор способен еще значительно изменить ионизационное положение, повышая концентрацию отрицательных ионов до нескольких тысяч ионов в 1 см^3 . ККИ, как и все коронные ионизаторы, генерирует только легкие ионы. Появление тяжелых отрицательных ионов, которые на расстояниях свыше 1 м обычно преобладают, связано с присоединением ионов к конденсационным ядрам.

Ионизатор ККИ питается от сети 220 в . При напряжении сети 127 или 110 в включать его следует через маломощный автотрансформатор.

Могут найти применение и кенотронные выпрямители. Целесообразно применять параллельное включение кенотрона к выходу, при этом катод кенотрона не будет под высоким напряжением; рациональнее применять переменное высокое напряжение и наиболее просто и уверенно обеспечивать безопасность выпрямителя. Такой выпрямитель применяется в универсальном коронном ионизаторе. Этот ионизатор имеет отдельный выпрямитель и систему коронирующих электродов, которая при помощи стержня вставляется в выходное гнездо выпрямителя. Схема выпрямителя представлена на рис. 1.

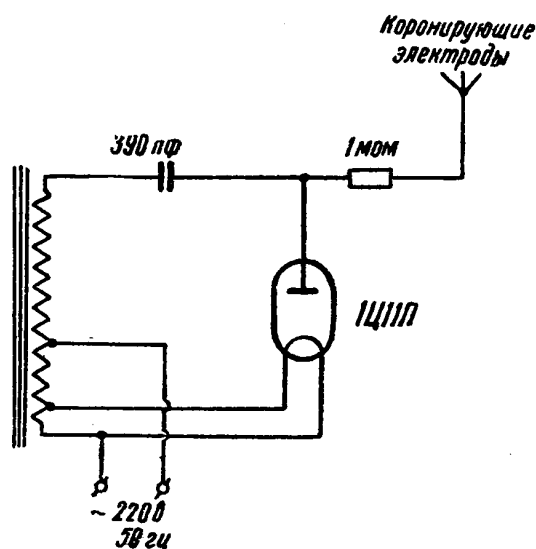


Рис. 1. Схема выпрямителя

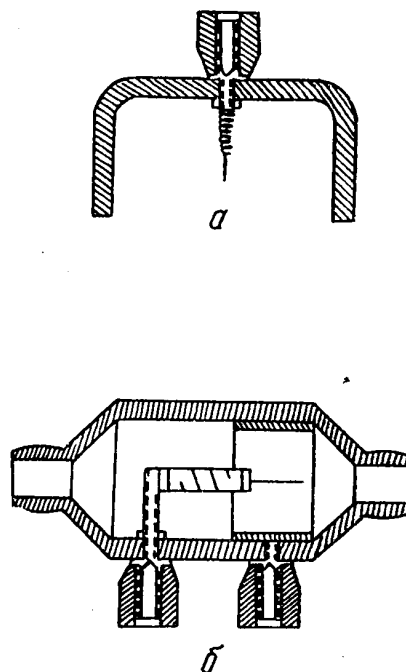


Рис. 2. Схема ионизатора: а — для лечения ран, б — для ионизирования протекающего кислорода или воздуха.

Безопасность ионизатора имеет тройное обеспечение:

1) большое внутреннее сопротивление высоковольтной обмотки трансформатора (из тонкой константовой проволоки) не позволяет выходному току даже при коротком замыкании достигать жизнеопасных значений;

2) трансформатор соединяется со схемой через разделительный конденсатор малой емкости, рассчитанный на рабочее напряжение до 10 кВ , в то время как действительное напряжение на нем около 2 кВ ;

3) выходное гнездо соединяется с выпрямителем через высокоомическое сопротивление.

Концентрация ионов вблизи ионизатора, снабженного пружинными электродами характеризуется следующими показателями.

Расстояние до ионизатора, см	Концентрация ионов
15	12 000 000
30	1 300 000
50	220 000

Выпрямитель универсального коронного ионизатора может применяться для питания разных специальных коронирующих электродов. Один из таких ионизаторов применяется для ионифицирования аудитории объемом 350 м³. Коронирующим электродом служит антенна длиной 7 м. В таблице приведены данные измерений, характеризующие влияние ионизатора на ионный режим в аудитории.

Т а б л и ц а

Концентрация ионов		
	Ионизатор выключен	30 мин. после включения
Легкие отрицательные ионы	15—20	—
Легкие положительные ионы	15—20	менее 10
Тяжелые отрицательные ионы	7000—8000	55 000
Тяжелые положительные ионы	10 000	2000
Плотность объемного заряда	положительный 2000	отрицательный 53 000

Большое преобладание тяжелых ионов обусловлено засоренностью воздуха. При чистом воздухе число тяжелых ионов меньше и значительно возрастает число легких отрицательных ионов.

К выпрямителю универсального коронного ионизатора могут подключаться ионизатор для лечения ран (рис. 2а), закрытый ионизатор для ионизирования протекающего кислорода или воздуха (рис. 2б).

Во всех описанных ионизаторах предотвращено значительное возникновение озона. В случае применения пружинных электродов или антенны озон генерируется в концентрации, которая намного ниже порога ощущения по запаху. Для предотвращения возникновения озона в закрытом ионизаторе применяется специальное высокоомное (10^{10} ом) ограничивающее сопротивление, размещенное непосредственно внутри ионизатора.

Принципиально отличающимся типом коронных ионизаторов являются униполярные импульсные, в которых коронирующие электроды питаются переменным несимметричным импульсным напряжением. Для достижения униполярности амплитуда импульсного напряжения должна превышать начальное напряжение коронного разряда только при одной полярности; при другой полярности амплитуда должна быть ниже начального напряжения. Источником такого несимметричного импульсного напряжения может служить индуктор, во вторичной обмотке которого за счет прерываний постоянного тока в первичной обмотке, получаются импульсы. Преимуществом таких ионизаторов является то, что они не нуждаются в выпрямительном элементе, так как коронный разрядник при несимметричном импульсном напряжении обладает сам выпрямляющим действием. Это позволяет создать наиболее дешевые ионизаторы. Построен образец ионизатора в корпусе карманного фонаря, стоимость которого не превышает 3—4 руб. Ионизатор питается от обычной батарейки для карманного фонаря; срок службы одной батарейки не менее 25 сеансов по 10 минут.

Гидроаэроионизаторы

Гидроаэроионизаторы следует подразделить на две подгруппы: без вспомогательного электрического поля и с вспомогательным электрическим полем. В гидроионизаторах без вспомогательного поля применяется несимметричный баллоэлектрический эффект. В гидроионизаторах с вспомогательным полем применяется индукционная зарядка аэрозолей при распылении, что позволяет получить наиболее сильную ионизацию с произвольно выбираемой полярностью.

Гидроаэроионизаторы без вспомогательного поля характеризуются небольшой, до умеренной, ионизирующей способностью. Ионы в момент возникновения являются тяжелыми гидроаэроионами, но уже недалеко от места распыления за счет почти мгновенного испарения мелких заряженных капелек возникают в преобладающем количестве легкие ионы. Из ионизаторов этого типа наиболее удачны с вращающимся распылителем. Ионизаторы конструкции Микулина и некоторые подобные конструкции довольно хорошо удовлетворяют требованиям, предъявляемым ионизатору для массового пользования.

Гидроаэроионизаторы со вспомогательным электрическим полем имеют более сложное устройство. Требуется частая подрегулировка прибора. Эти явные недостатки отнюдь не умаляют перспективы их применения, так как указанные гидроаэроионизаторы открывают широкие возможности комбинированного применения аэроионотерапии с аэрозольной и кислородной терапией. В то же время, они способны создавать наибольшие концентрации ионов, порядка миллиардов элементарных зарядов в 1 см^3 . К этой группе ионизаторов относится кислородный аэрозоль-ионизатор, сконструированный Я. Ю. Рейнетом совместно с автором настоящей статьи.

Ионометры

Серьезную проблему представляет вопрос проверки ионизаторов и измерения концентрации ионов в условиях широкого применения аэроионизаторов. Известные счетчики и спектрометры аэроионов являются сложными и дорогостоящими приборами, применение которых возможно лишь в условиях исследовательских учреждений. Прибору для измерения ионизации и проверки ионизаторов в условиях больницы и поликлиник предъявляются небольшие требования. Нет особой необходимости для измерения подобными приборами спектрального распределения ионов. Измеряться должны лишь некоторые конкретные величины, которые позволяли бы судить об исправности ионизатора и определить дозу ионов.

В практике почти всегда можно исходить из табличных данных, характеризующих ионизатор, если установлена только исправность его.

При действии ионизированным воздухом на открытые поверхности (на кожу) ионизацию наиболее полно характеризует плотность тока ионов, которая зависит, кроме концентрации ионов, от подвижностей их и напряженности электрического поля.

Для измерения величины плотности тока ионов на открытую поверхность может применяться открытый коллектор, на который осаждаются ионы, а величина тока измеряется при помощи простого электронного усилителя.

Хотя такая методика измерения принципиально оправдана только при действии аэроионами на наружные поверхности организма, крайне простое устройство подобного прибора заставляет предпочитать его

другим, более сложным приборам, при проверке ионизаторов и применять даже для грубо приближенного определения концентрации ионов. Осаждение ионов на коллекторе происходит под действием разных факторов: электрического поля объемного заряда ионизированного воздуха, внешних электрических полей, тепловой и турбулентной диффузией ионов, в случае гидроаэроионов также инерционными силами. Экспериментальные результаты покажут, что у ионизаторов, где ионы выносятся потоком воздуха, подавляющее большинство ионов можно осаждать на плоском коллекторе, если последний помещается поперечно к струе ионизированного воздуха. Это позволяет непосредственно измерить количество ионов, генерируемых в единицу времени. Разделив полученное число на объемную скорость потока воздуха, можно приблизительно найти плотность объемного заряда, которая в случае униполярной ионизации совпадает с концентрацией ионов.

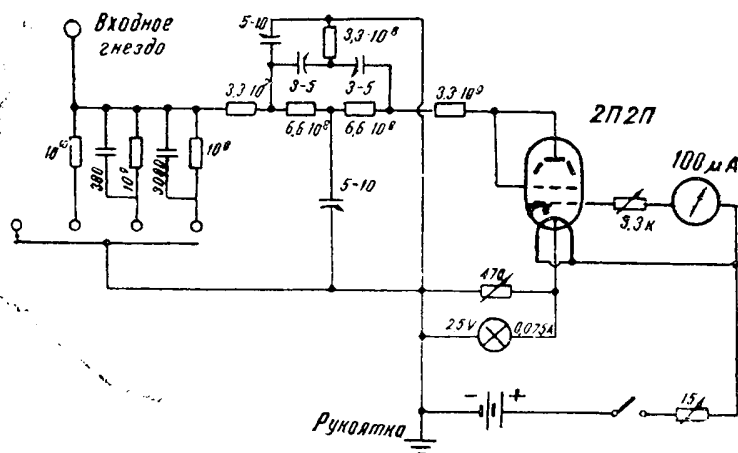


Рис. 3. Схема ионометр-индикатора.

Если ионы удаляются от ионизатора электрическим полем или выдуваются во все стороны, следует экспериментально найти зависимость между током на открытый коллектор определенных размеров и концентрацией ионов, проведя для этого параллельные измерения со счетчиком и ионометром с открытым коллектором на разных расстояниях от ионизатора. Полученная таблица позволяет по значению тока на открытый коллектор приблизительно судить о концентрации ионов.

Таким образом, ионометр с открытым коллектором дает возможность грубо провести основные измерения для определения дозы аэроионов при искусственной ионизации воздуха. Для изучения естественной ионизации такие приборы непригодны.

Ионометр-индикатор, построенный на описанном принципе, позволяет измерять ток ионов в диапазоне $5 \cdot 10^6$ — $5 \cdot 10^{11}$ ионов/сек, что охватывает все встречающиеся в практике значения ионного тока от искусственных ионизаторов. Ионометр-индикатор содержит усилительную схему, в которой применяется лампа 2П2П в обращенном режиме. При таком режиме указанная лампа широкого назначения мало уступает специальным электрометрическим лампам.

Схема ионометр-индикатора представлена на рис. 3. Против помех от переменных электрических полей предусмотрен сложный фильтр во входной цепи, содержащий настроенный на 5 гц двойной Т-образный мост. Без настроенного фильтра не удастся одновременно освободиться от помех промышленной частоты и поддерживать постоянную времени входной цепи в приемлемых пределах. Ионометр имеет три

предела прямого измерения тока до $5 \cdot 10^9$ до $5 \cdot 10^{10}$ и до $5 \cdot 10^{11}$ *ионов/сек.*

Более чувствительные измерения выполняются методом накопления заряда. Для этого шунтирующее сопротивление входной цепи отключается, и прибор работает как электрометр. Если сделать отсчет через 5 сек. после начала накопления, то положение стрелки укажет ток ионов в единицах 10^8 *ионов/сек.*, предел измерения $5 \cdot 10^8$ *ионов/сек.* Когда отсчет берется через 50 сек., то предел измерения будет $5 \cdot 10^7$ *ионов/сек.*

Ионометр-индикатор питается от двух внутренних элементов типа 1,6-ФМЦ-У-3,2 «Сатурн», емкость которых достаточна для 50 часов непрерывной работы. Прибор заземляется через руку измеряющего. При надобности следует заземлить прибор приложенным шнуром.

Самый упрощенный и дешевый прибор для проверки ионизаторов можно построить, применяя в качестве индикатора тока неоновую лампочку. Для увеличения чувствительности неоновую лампочку включают параллельно с конденсатором, емкость которого следует выбирать порядка нескольких сот пикофард. Неоновая лампочка должна быть хорошо защищена от стороннего света, который резко уменьшает чувствительность прибора. По частоте мигания неоновой лампочки определяется сила тока ионов; полярность ионов определяется наблюдением, на каком электроде неоновой лампочки происходит вспышка. Порог чувствительности релаксационной схемы с неоновой лампочкой МН-6 порядка 10^{-9} а или $6 \cdot 10^9$ *ионов/сек.* Кроме открытого коллектора, ионоскоп снабжен контактным штырем, который позволяет использовать прибор индикатором постоянного напряжения при проверке схемы ионизатора.
