

## О СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ ЗАРЯЖЕННЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В КАМЕРАХ

Л. Ю. Виснапуу, Я. Ю. Рейнет

Некоторые аэрозольные камеры и отдельные процессы, происходящие в них, описаны в литературе [1—3]. В данной статье рассмотрена экспериментальная камера,\* предназначенная для исследования действия искусственно заряженных и не заряженных аэрозолей на животных. Приведены результаты измерений плотности объемного заряда в камере при различных режимах работы аэрозольного генератора.

### Устройство и принцип действия аэрозольной камеры

Аэрозольная камера состоит из собственно камеры и аэрозольного генератора.

Камера представляет собой прямоугольный металлический каркас, обшитый листами из дюралюминия, оргстекла и винипласта. Вертикальная перегородка из медной сетки делит камеру на два отсека 1 а и 1 б (рис. 1). Отсек 1 а служит помещением для подопытных животных, а отсек 1 б — вспомогательный, для выделения аэрозоля мелкой дисперсности, пригодной для ингаляции. Стенка отсека 1 а, противоположная перегородке, снабжена дверкой для помещения и вывода животных из камеры. Дверка и противоположная ей стенка отсека 1 б имеют отверстия, закрываемые заслонками и служащие для взятия проб аэрозоля или измерения плотности заряда в камере. К упомянутой стенке отсека 1 б прикреплен вентилятор типа ВН-8, создающий поток воздуха из отсека 1 б в отсек 1 а. Сверху оба отсека покрыты металлическими крышками. Как дверка, так и крышки камеры снабжены шарнирами и поролоновыми уплотнениями и закрываются при помощи зажимов. Крышка отсека 1 б имеет отверстие для направления потока аэрозоля от генератора в ка-

\* Работа выполнена по хоздоговору с Московской ветеринарной академией.

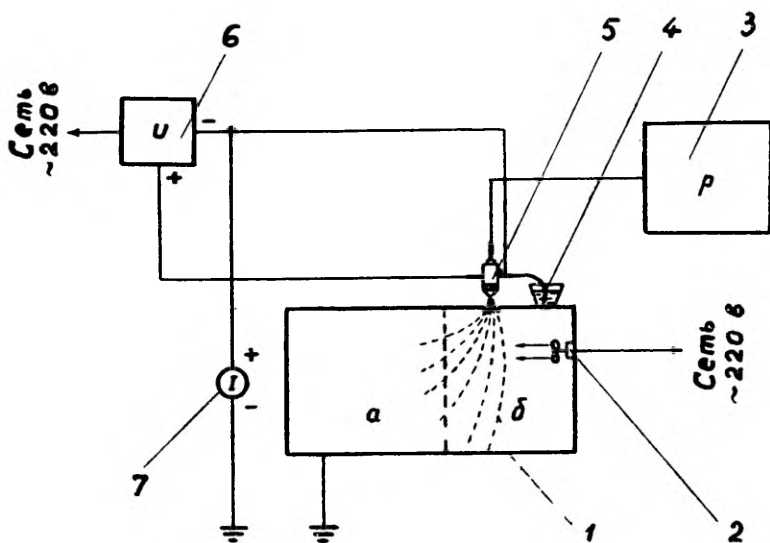


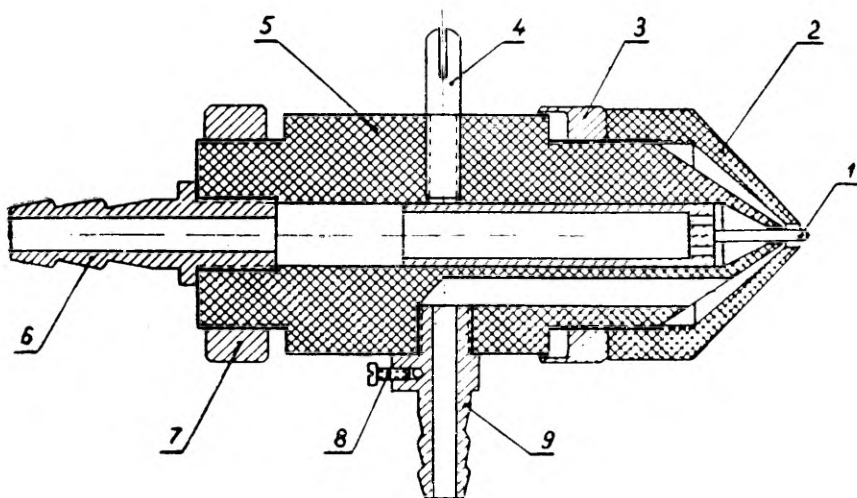
Рис. 1. Принципиальная схема аэрозольной камеры. 1 — камера (а — основной отсек, б — вспомогательный отсек); 2 — вентилятор; 3 — источник сжатого воздуха; 4 — резервуар жидкости; 5 — распылитель; 6 — источник индуцирующего напряжения; 7 — измеритель силы тока.

меру. К этой же крышке прикреплен кронштейн для держателя электроаэрозольного генератора. Посредством кронштейна и держателя генератор 5 установлен над соответствующим отверстием крышки. Держатель вместе с электроаэрозольным генератором могут перемещаться по кронштейну и фиксируются в нужном положении при помощи зажимного винта.

Аэрозольный генератор состоит из пневматического распылителя, питаемого от источника сжатого воздуха, резервуара распыляемой жидкости и источника индуцирующего напряжения.

На рис. 2 показан продольный разрез распылителя. Он имеет осесимметричную конструкцию и содержит корпус 5, индуцирующий электрод 1, насадку 2 с контргайкой 3, контакт 4 для фиксации индуцирующего электрода и подачи напряжения, штуцер 6 для подачи сжатого воздуха и штуцер 9 для подачи распыляемой жидкости с винтом 8 для крепления провода заземления. Корпус 5 снабжен прижимной гайкой 7 для прикрепления распылителя к держателю.

Насадка 2 и корпус 5 образуют между собой кольцевую полость, которая соединена со штуцером 9 посредством канала. Индуцирующий электрод 1, с одной стороны, и суженная часть корпуса 5 и отверстие насадки 2, с другой, образуют кру-



Р и с. 2. Разрез распылителя. 1 — индуцирующий электрод; 2 — насадка; 3 — контргайка; 4 — контакт; 5 — корпус; 6 — штуцер сжатого воздуха; 7 — прижимная гайка; 8 — винт; 9 — штуцер жидкости.

говые щели, составляющие распыляющее сопло. Упомянутая кольцевая полость между корпусом 5 и насадкой 2 сужается к центральной части, образуя коническую щель, ширина которой может регулироваться поворотом насадки 2. При работе распылителя этим изменяется скорость подачи распыляемой жидкости.

Источником индуцирующего напряжения служит обыкновенный выпрямитель сетевого напряжения. Выпрямитель снабжен измерительным прибором, позволяющим следить за величиной индуцирующего напряжения.

Принцип действия распылителя заключается в следующем. Сжатый воздух, поданный через штуцер 6 в полость корпуса 5, проходит через отверстия в индуцирующем электроре 1 и распыляющее сопло. Поток воздуха через круговые щели распылительного сопла создает в вышеуказанной кольцевой полости разрежение, благодаря чему по каналу, штуцеру 9 и соответствующему шлангу из резервуара подсасывается жидкость, которая увлекается струей воздуха в виде трубчатого слоя по стенке отверстия насадки 2 и при выходе из сопла распыливается.

Если на индуцирующий электрод 1 через контакт 4 подан потенциал относительно распыливаемой жидкости, которая обычно заземляется через штуцер 9, то на внутренней поверхности кольцевого слоя жидкости при выходе из сопла индуцируются заряды, в результате чего частицы распыленной жидкости электрически заряжены. Так как зарядка основана на применении электростатической индукции, то при подаче на индуцирующий электр-

род постоянного потенциала частицы заряжены преимущественно униполярно, т. е. с преобладанием заряда определенного знака. При этом в случае положительного потенциала частицы имеют преобладающий отрицательный заряд и наоборот. Если же на индуцирующий электрод подан переменный потенциал, то частицы заряжены биполярно, т. е. положительно и отрицательно заряженных частиц создается примерно в одном и том же количестве. Без подачи потенциала на индуцирующий электрод распылитель работает как обыкновенный пневматический распылитель. В последнем случае может иметь место самопроизвольная зарядка частиц (баллоэлектрический и пр. эффекты), причем степень и преимущественная полярность зарядки при заданном распылителе зависят от физико-химических свойств распыляемой жидкости.

Аэрозольная камера в целом работает следующим образом. Конусообразно расширяющаяся струя воздуха с частицами распыленной жидкости от распылителя направляется в камеру, частично захватывая прилегающий к струе воздух, бьет в сборник или нижнюю часть камеры и расходится в стороны, образуя обратный поток воздуха вверх. При этом крупнейшие частицы распыла, обладая наибольшей инерцией, ударяются о поверхность сборника или нижнего основания камеры. В отсеке 1 б камеры (рис. 1) потоки, созданные распылителем и вентилятором, складываются, и воздух с мельчайшими аэрозольными частицами направляется по центральной части камеры в отсек 1 а. По периферийной части камеры имеет место обратный поток воздуха в отсек 1 б. Турбулентные течения потоков воздуха действуют на взвешенные частицы, распределяя их более равномерно по всему объему камеры. Воздух, нагнетаемый распылителем в камеру, обуславливает повышение давления в ней, и он вытекает из камеры через имеющиеся щели и отверстия. При установившемся режиме работы установки, когда давление воздуха в камере постоянно, масса воздуха, вытекающего из камеры за единицу времени, равна массе воздуха, подаваемого в камеру за то же время. Если вытекание воздуха из камеры через щели и отверстия по каким-либо причинам недопустимо (например, в случае создания аэрозолей из ядовитых веществ), то камера должна быть сквозного типа и снабжена системой вытяжной вентиляции, обеспечивающей в ней несколько пониженное давление воздуха.

## **Основные технические данные аэрозольной камеры**

### **А. Аэрозольный генератор**

При питании распылителя от источника сжатого воздуха с избыточным давлением 2 ат

расход воздуха 0,6 г/сек;  
 расход жидкости регулируемый от 0 до 2,8 г/сек;  
 массовые медианные диаметры частиц<sup>1</sup> при различном расходе жидкости (воды) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Дисперсность аэрозоля при распылении воды

Расход воды, г/сек	0,3	1,2	2,0	2,5
Массовый медианный диаметр частиц, мкм	10	15	30	40

Выходное напряжение источника индуцирующего напряжения регулируемое от 0 до +, - или ~ 500 в.

Ток короткого замыкания между выходными клеммами источника индуцирующего напряжения 1 ма.

Оптимальное значение<sup>2</sup> индуцирующего напряжения 400 500 в.

Удельный заряд частиц при расходе жидкости (воды) 0,5 г/сек 5 мкк/г.

## Б. Камера

Габариты камеры 1,5(0,8)<sup>3</sup>×0,6×0,7 м.

Скорость воздушного потока, создаваемого вентилятором, в средней части камеры 1,3 м/сек.

Данные по полярным плотностям заряда аэрозоля по отдельным промежуткам подвижностей частиц (частные плотности заряда) при некоторых режимах работы аэрозольной камеры представлены в табл. 2. Приведенные данные вычислены на основе результатов измерения плотности заряда аэрозоля в камере посредством счетчика аэроионов типа САИ-ТГУ-66 [4]. При всех измерениях распыливалась водопроводная вода с постоянным расходом, равным 0,3 г/сек. Исследуемый аэрозоль забирался в средней части основного отсека камеры через металлическую трубу диаметром 46 мм и длиной 1 м. Скорость аспирации составляла 450 см<sup>3</sup>/сек. Частные плотности заряда вычислены по формулам:

<sup>1</sup> Определены по результатам микроскопического измерения в струе распыла на расстоянии 1 м от распылителя.

<sup>2</sup> При меньших и больших значениях индуцирующего напряжения удельный заряд частиц распыла меньше, чем при оптимальном напряжении.

<sup>3</sup> В скобках указана длина основного отсека камеры.

$$\rho(0,5; \infty) = 2Z(0,63) - Z(0,32);$$

$$\rho(0,005; 0,5) = 2[Z(0,0063) - Z(0,63)] - [Z(0,0032) - Z(0,32)];$$

$$\rho(0,001; 0,005) = Z(0,0001) + Z(0,0032) - 2Z(0,0063);$$

где  $\rho(k_1, k_2)$  — плотность заряда частиц с подвижностью, заключенной в промежутке подвижностей  $(k_1, k_2)$ ;  $Z(k_0)$  — условная плотность заряда (заряд, уловленный счетчиком из единицы объема воздуха) при предельной подвижности счетчика  $k_0$ .

Таблица 2

Частные плотности заряда частиц в аэрозольной камере при некоторых режимах работы

Промежутки подвижностей частиц, $\text{см}^2 \text{в}^{-1} \text{сек}^{-1}$	Частная плотность заряда $\rho$ , элем. зар. $\text{см}^{-3}$					
	Отрицательная зарядка частиц ( $V = +500 \text{ в}$ )				Без искусственной зарядки частиц <sup>1</sup> ( $V = 0$ )	
	при неработающем вентиляторе		при работающем вентиляторе			
	$\rho_-$	$\rho_+$	$\rho_-$	$\rho_+$	$\rho_-$	$\rho_+$
(0,5; $\infty$ ) Легкие частицы	$0,4 \cdot 10^6$	—	$0,5 \cdot 10^6$	—	$0,3 \cdot 10^4$	$0,4 \cdot 10^4$
(0,005; 0,5) Средние частицы	$2,7 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$2,9 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	$0,4 \cdot 10^6$	$0,5 \cdot 10^6$
(0,001; 0,005) <sup>2</sup> Тяжелые частицы	$1,3 \cdot 10^6$	$0,9 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$0,3 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6$

<sup>1</sup> В этом случае работа вентилятора не оказывает практически заметного влияния на значения плотности заряда.

<sup>2</sup> В соответствующие значения частной плотности заряда частицы входят и заряды частиц с меньшей подвижностью.

### Некоторые общие замечания

На основании наблюдений и измерений, осуществленных при испытании описанной аэрозольной камеры, можно заключить следующее.

1. При получении электрически заряженных аэрозолей посредством электростатической индукции, не применяя специальных униполяризирующих устройств, частицы заряжены не униполярно, а по существу биполярно. Отношение плотности заряда одной полярности к плотности заряда другой полярности в общем различно для разных промежутков подвижностей частиц.

2. При распылении жидкостей самопроизвольно образуются заряженные частицы. В случае водопроводной воды плотность положительных зарядов аэрозоля в камере превосходит плотность отрицательных зарядов. Для других жидкостей картина может быть иная.

3. Установившаяся стационарная концентрация аэрозоля при одном и том же приходе в камеру при искусственно заряженных частицах (как униполярных, так и биполярных) значительно меньше, чем при искусственно не заряженных частицах. Это обусловлено большими потерями (неустойчивостью) заряженных частиц.

4. Создание добавочного воздушного потока в камере (работа вентилятора) способствует более равномерному распределению аэрозоля по объему камеры и приводит к увеличению отношения полярной плотности преобладающего по количеству заряда к полярной плотности противоположного заряда.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Wegener, W., Quambusch, D., Zusammenhang zwischen dem Raumklima und der elektrischen Aufladung des Spinnmaterials. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 897. Köln und Opladen, 1960.

2. Китаев, А. В., К применению ионизированного воздуха и униполярных аэрозолей. ЖФХ, 1962, т. 36, № 6, 1136—1139.

3. Ярных, В. С., Применение аэрозолей в ветеринарии. М., Сельхозиздат, 1962, 67—78.

4. Таммет, Х. Ф., Счетчик аэроионов САИ-ТГУ-66. — В настоящем выпуске.

Поступила 12/III 1968 г.

## ELEKTRILISELT LAETUD AEROSOOULIDE TEKITAMISEST JA KÄITUMISEST KAMBRIS

L. Visnapuu, J. Reinet

### Resümee

On kirjeldatud eksperimentaalne kamber, mis on ette nähtud kunstlikult laetud ja laadimata aerosoolide mõju uurimiseks loomadel. On toodud aerosooligeneraatori erinevate töörežiimide puhul esinevad ruumilaengu tiheduste mõõtmise tulemused.

Aerosooli tasakaaluline kontsentratsioon aerosooligeneraatori jääva tootlikkuse juures on kunstlikult laetud (nii unipolaarselt, kui ka bipolaarselt) aerosoolide korral tunduvalt väiksem kui kunstlikult laadimata aerosoolide korral. See on tingitud laetud osakeste suurematest kadudest.

# ON THE GENERATION AND BEHAVIOUR OF ELECTRICALLY CHARGED AEROSOLS IN A CHAMBER

L. Visnapuu, J. Reinet

## S u m m a r y

The author describes an experimental chamber designed to study the effect of uncharged as well as artificially charged aerosols on animals inclosed in the chamber.

The measuring results of space-charge densities under various working regimens of the aerosol generator have been reported.

In the case of artificially charged aerosols (having either a unipolar or bipolar charge) and under permanent productivity conditions of the aerosol generator, the equilibrium concentration of aerosols in the chamber is considerably smaller than in the case of uncharged aerosols. This is due to great losses of charged particles.