

## СЧЕТЧИК АЭРОИОНОВ САИ — ТГУ — 66

Х. Ф. Таммет

В теории электропроводности воздуха ионы и заряженные аэрозольные частицы рассматриваются с единой точки зрения. Неудобное словосочетание «ионы и заряженные аэрозольные частицы» заменяется иногда термином «атмосферные ионы», а иногда более коротким и универсальным термином «аэроионы».

При тепловом равновесии и при некоторых методах искусственной зарядки частиц распределение зарядов частиц определенного размера известно. Это дает возможность вычислить спектр размеров частиц по результатам измерения спектра подвижностей аэроионов. Такой косвенный путь определения спектра размеров частиц может быть проще непосредственного измерения, а в случае изучения сверхмелкодисперсных аэрозолей может оказаться единственным.

Известен также электрический метод интегрального детектирования аэрозолей, основанный на адсорбции легких аэроионов аэрозольными частицами.

Для спектральных измерений аэрозолей применяются счетчики ультратяжелых, тяжелых и средних аэроионов, для интегрального детектирования — счетчики легких аэроионов.

Дефицит счетчиков, пригодных для изучения аэрозолей, объясняется серьезными техническими затруднениями, с которыми приходится сталкиваться при их разработке. Точное измерение силы тока порядка  $10^{-14}$  —  $10^{-12}$  а и обеспечение стабильности напряжения питания измерительного конденсатора порядка  $10^{-6}$  не простые задачи. Особенно трудно добиться удовлетворительных результатов в области малых предельных подвижностей, представляющих для нас основной интерес.

Счетчик аэроионов САИ—ТГУ—66 — последняя модель серии постепенно усовершенствованных приборов САИ—ТГУ—64, САИ—ТГУ—65 и САИ—ТГУ—65<sub>м</sub> [Таммет, 1967]. Его назначение — измерение условной плотности заряда воздуха. Условной плотностью заряда  $P$  называется отношение силы тока осаждающихся в счетчике аэроионов к расходу (объемной скорости) протягиваемого воздуха. Иногда условная плотность заряда, выра-

женная в *эл. зар.* на  $см^3$ , называется концентрацией аэроионов. Снимая характеристику  $P = P(k_0)$ , где  $k_0$  — предельная подвижность, можно вычислить спектр подвижностей аэроионов. *САИ—ТГУ—66* отличается универсальностью и высокой чувствительностью, но уступает по разрешающей способности специальным аэрозольным спектрометрам и не предназначен для их замены.

Основным узлом счетчика является измерительный конденсатор, показанный на рис. 1 в разрезе. Конденсатор расположен вертикально. Исследуемый воздух втекает сверху через коническую входную трубу (2) и вытягивается через штуцер (10). Внешняя обкладка (5) подключена к электрометру, а внутренняя (7) — к источнику напряжения. Это позволяет заземлить нулевую клемму электрометра и одновременно избавиться от краевого эффекта. Малое отношение радиусов обкладок расширяет диапазон измерения в сторону больших плотностей заряда. Действующая емкость измерительного конденсатора 51 *пф*.

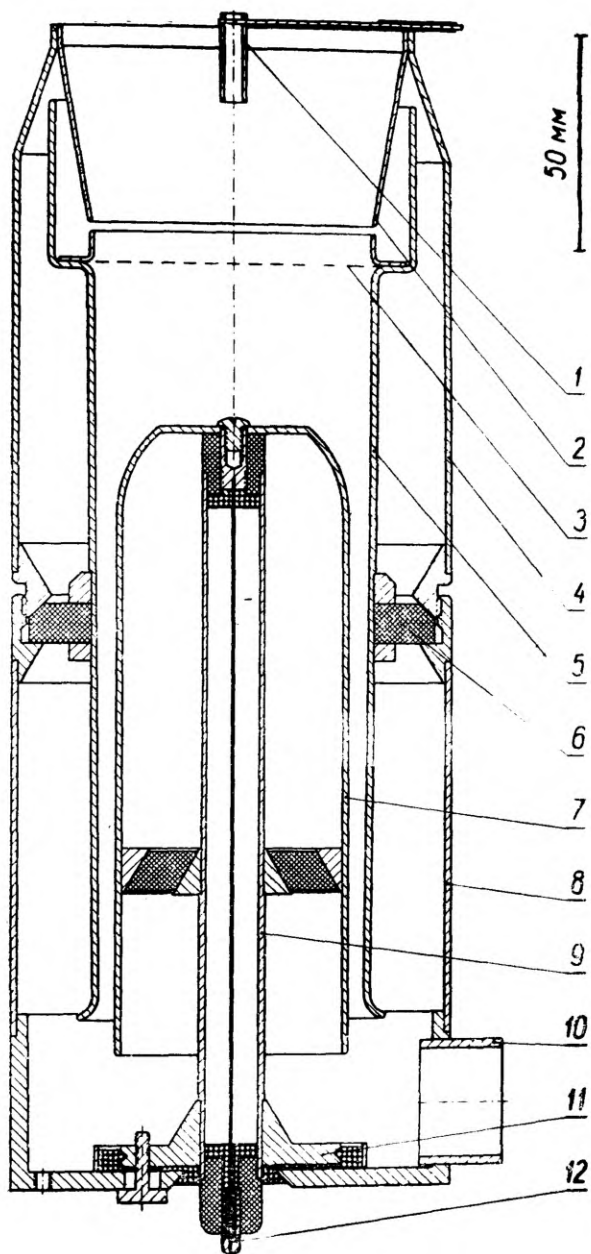
Проникновению электрического поля сквозь входное отверстие препятствует сетка (3). Сетка позволяет заметно сократить длину внешней обкладки. Остаточная проходная емкость 0,002 *пф* настолько мала, что краевым эффектом можно пренебречь. Адсорбция легких аэроионов на сетке при максимальном расходе составляет 2—3%. Сетка предотвращает доступ к высоковольтной внутренней обкладке, препятствует попаданию насекомых в измерительный конденсатор и в некоторой степени уменьшает турбулентность протекающего воздуха.

Для подавления турбулентности внешней обкладке придана небольшая конусность. Внешняя обкладка прикреплена к кольцевому фторопластовому изолятору (6), который зажат между нижней (8) и верхней заземленными экранными трубами. После отвинчивания верхней экранной трубы внешняя обкладка вместе с изолятором свободно вынимается и конденсатор разобран для чистки. Сила паразитного тока, генерируемого кольцевым изолятором, порядка  $10^{-15}$  *а*. Вывод внешней обкладки сквозь кольцевой изолятор на рисунке не показан.

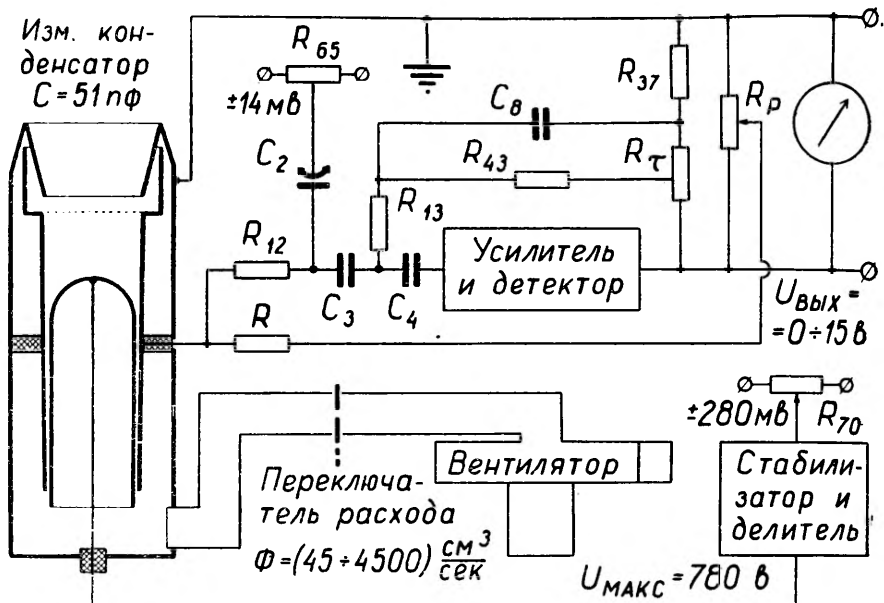
Внутренняя обкладка прикреплена к центральной опорной трубке (9), что предотвращает искажение симметрии измерительного конденсатора. Вывод внутренней обкладки (12) сделан вдоль оси опорной трубки. Система центрирования внутренней обкладки (11) имеет шесть степеней свободы. После подрегулировки она фиксируется эпоксидным компаундом.

Действующая емкость предварительного конденсатора со съемной внутренней обкладкой (1) 1 *пф*. Внешней обкладкой предварительного конденсатора служит входная труба.

Функциональная схема счетчика представлена на рис. 2. Центробежный вентилятор имеет привод от синхронного электродвигателя. Переключаемая дроссельная диафрагма обеспечивает рас-



Р и с. 1. Измерительный конденсатор.



Р и с. 2. Функциональная схема.

ход 45; 142,5; 450; 1425 или 4500  $\text{см}^3/\text{сек}$  Переключение расхода калиброванными диафрагмами удобнее, точнее и надежнее, чем регулирование расхода по ротаметру. Большой максимальный расход способствует достижению высокой чувствительности.

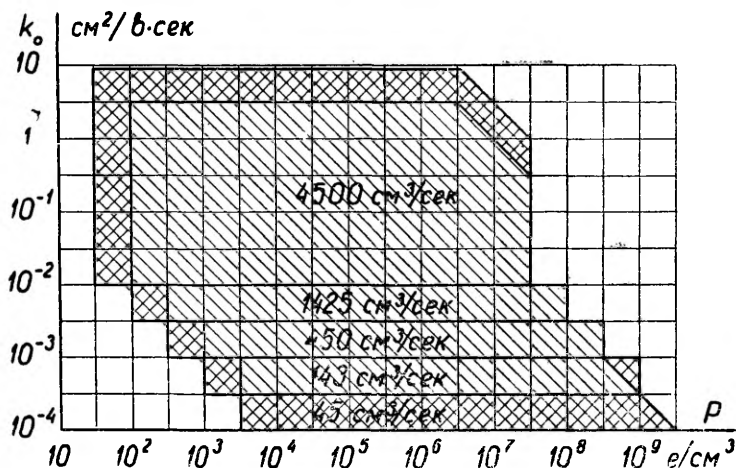
Максимальное напряжение внутренней обкладки 780 в. Стабилитроны *СГ 301С* имеют среднеквадратическую минутную нестабильность напряжения порядка 0,0001%, что позволяет отказаться от весьма неудобной мостовой схемы измерительной цепи. Переключатель расхода и делитель напряжения на микропроводочных резисторах обеспечивают 50 номиналов предельной подвижности 0,0001 · 8  $\text{см}^2/\text{в. сек}$ . Диапазон разбит согласно последовательности: 1; 1,26; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8. Нулевая клемма источника напряжения подключена к потенциометру компенсации контактной разности потенциалов обкладок измерительного конденсатора.

Напряжение предварительного конденсатора 0 или 110 в, предельная подвижность при расходе 142,5  $\text{см}^3/\text{сек}$  равна 0,1  $\text{см}^2/\text{в. сек}$ .

Электрометр компенсирует входной ток током через резистор *R*. Напряжение динамического конденсатора  $C_2$ , связанного входом через сопротивление  $R_{12}=10^{11}$  ом, не превышает 1,5 мв, что практически устраняет утечку по изолятору внешней обклад-

ки измерительного конденсатора. Нормальный предел напряжения на измерительном резисторе  $R$  равен 228 мв. Переключаемый делитель  $R_p$  позволяет понизить это значение на 144 или 72 мв. Переключаемый резистор  $R$  имеет 11 возможных значений сопротивления  $10^7$  —  $10^{12}$  ом. Всего 35 поддиапазонов по условной плотности заряда — от 0 — 100 до  $0$  —  $3,16 \cdot 10^9$  эл. зар/см<sup>3</sup>. Пределы поддиапазонов соответствуют последовательности: 1; 2; 3,16; 6,32.

Основная приведенная погрешность измерения до 5%. Реальные пределы измерения при 5 — 10% допустимой погрешности показаны заштриховкой на рис. 3. Перекрестная заштриховка показывает область, где оценка погрешности сложнее.



Р и с. 3. Пределы измерения.

Выход электрометра 15 в, 5 ма позволяет подключить малогабаритные самопишущие вольтметры. От делителя можно получить для разных самописцев напряжение до 10; 100 или 150 мв. Имеется стандартный выход 5 ма на 2,4 ком для управления автоматикой.

Дополнительная цепь обратной связи ( $R_{13}$ ,  $R_{37}$ ,  $R_{43}$ ,  $C_3$ ,  $C_8$  и пятипозиционный переключаемый делитель  $R_7$ ) служит для регулировки инерционности прибора. Увеличение инерционности иногда полезно, так как это сглаживает случайные колебания измеряемой величины. Время успокоения при  $R = 10^{12}$  ом регулируется в пределах 35 — 3500 сек, при  $R \leq 10^{10}$  ом — в пределах 2 — 300 сек.

Потенциометром  $R_{65}$  производится установка нуля.

Переключение напряжения измерительного конденсатора или 160% зашкаливание прибора заставляет срабатывать цепь автоблокировки, включающую нулевой режим.

Дрейф нуля электрометра в течение первого часа после включения при нормальном положении делителя  $R_p$  не превышает 2% от предела измерения. После часового прогрева дрейф незаметный. Собственным шумом электрометра можно пренебречь.

Конструкция прибора подчинена рациональному расположению органов управления. Предельная подвижность устанавливается без предварительных вычислений тремя ручками по таблицам, нанесенным на переднюю панель. Таким же образом устанавливается поддиапазон по условной плотности заряда. Шкала условной плотности заряда градуирована в *эл. зар./см<sup>3</sup>*

Габариты счетчика  $45 \times 33 \times 23$  см, вес не более 12 кг. Питание от сети переменного тока или от преобразователя, потребляемая мощность не превышает 45 вт

### Сводка основных отличительных особенностей счетчика САИ—ТГУ—66

1. Метод внешней собирающей обкладки, исключаящий краевой эффект.
2. Конический измерительный конденсатор.
3. Симметричное крепление внутренней обкладки.
4. Наличие входной сетки.
5. Наличие предварительного конденсатора.
6. Широкий диапазон предельных подвижностей.
7. Широкий диапазон условной плотности заряда и пониженная чувствительность к искажающему действию электрического поля объемного заряда.
8. Высокостабильный выпрямитель, позволяющий отказаться от батарей и мостовой схемы.
9. Регулируемая инерционность.
10. Компенсация контактной разности потенциалов.
11. Дискретное регулирование расхода.
12. Установка режима и отсчет без вычислений.
13. Автоблокировка.
14. Мощный выход для малогабаритных самописцев и автоматики.
15. Небольшие габариты и вес.

### ЛИТЕРАТУРА

Таммет Х. Ф., 1967. Аспирационный метод измерения спектра аэроионов. Уч. зап. Тартуского гос. ун-та, вып. 195.

Поступила 4/1 1969 г.

## AEROIOONIDE LOENDUR CAH-TTY-66

H. Tammet

Resümee

Artiklis kirjeldatakse universaalset kantavat integraalset aeroioonide loendurit, mille iseärasusteks on ääreefektivaba maandatud elektromeetriga lülitusskeem, sümmeetriliselt kinnitatud sisekattega kooniline mõõtekondensaator, sisendvõrk, sisseehitatud eelkondensaator, lai piirliikuvuste vahemik ja mõõtepiirkond, mõõtekondensaatori toide 0,0001% ebastabiilsusega alaldist, reguleeritav inertsus, kontaktpinge kompensatsioon, diskreetne õhukulu regulaator, skaalad režiimi seadmiseks ja näidu leidmiseks ilma arvutustööta, automaatblokeerimine, võimas väljund väikesegabariidiliste registraatorite ja automaatika jaoks, väike gabariit ja kaal.

## AIR ION COUNTER CAH-TTY-66

H. Tammet

Summary

The article describes an all-purpose portable integral counter of air ions, which is characterized by an end-effectless electric circuit with a grounded electrometer, a conical measuring condenser, a symmetrically fixed internal cover, an entrance gauze, a built-in precondenser, a wide measurement range of mobilities and concentrations, the voltage supply of the measuring condenser obtained from a rectifier having an instability of 0,0001%, adjustable inertia, compensation of contact voltage, a discrete regulator of the air-flow rate, scales for the adjustment of the operating conditions and for finding the reading without any calculation, automatic blocking, a powerful output for miniature recorders and automatic controllers, small dimensions and weight.