

# РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 621.3

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ В ТРАКТЕ УСКОРИТЕЛЯ

А.М. Телегин

«Самарский национальный исследовательский университет имени  
академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** микрометеороид, устройство, ускоритель.

Микрометеороиды и частицы космического мусора вызывают деградацию поверхности космического аппарата [1-6]. Для моделирования данного воздействия на элементы конструкции космического аппарата применяют ускорители микрочастиц [1-6], в системе управления которых используются датчики, контролирующие массу, скорость, заряд и распределение этих микрочастиц по поперечному сечению тракта ускорителя.

Наибольшее распространение в ускорителях получили датчики индукционного типа, выполненные, как правило, в виде полого металлического цилиндра. При пролете заряженной микрочастицы через такой цилиндр, на нем наводится ток пропорциональный скорости и заряду этой микрочастицы.

На рисунке 1 представлена конструкция устройства для измерения распределения микрочастиц в тракте ускорителя [1]. Принцип действия такой конструкции следующий: усилитель подключается к двум электродам, один из которых выполнен в виде цилиндра Фарадея [7], а второй в виде набора трубочек переменной длины. Микрочастица, пролетая эти два цилиндра, наводит на них электрический потенциал, форма которого показана на рисунке 1 (сигнал 1 и 2), при этом длительность сигнала 2 зависит не только от скорости микрочастицы, но также от размеров трубки, которую пролетает микрочастица. Зная длину трубки, через которую пролетает частица, можно определить распределение частиц по тракту ускорителя с точностью определяемой поперечным сечением этих трубок. Длину же трубок можно рассчитать путем измерения временных интервалов согласно выражению:

$$L_i = L_c \cdot (2T / t_1 - 1) - 2 \cdot L_0$$

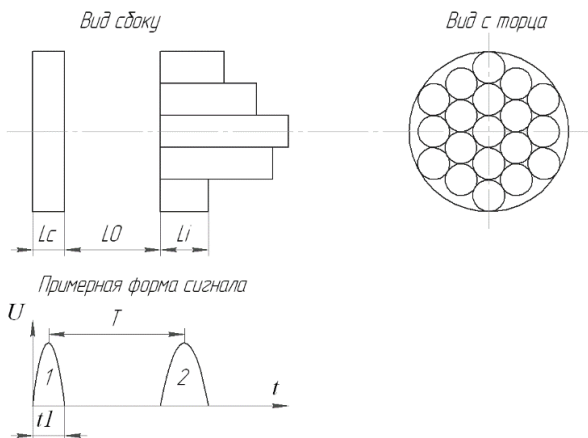


Рисунок 1 - Устройство для измерения распределения микрочастиц в поперечном сечении тракта ускорителя

Представленное устройство отличается простотой конструкции и методикой интерпретации полученных экспериментальных данных. Однако существует проблема – потеря измеряемых микрочастиц, которые попадают на торец стенок трубок. Решением данной проблемы может являться использование прямоугольного профиля трубок, позволяющего повысить эффективную площадь пропускания микрочастиц.

#### Список использованных источников

1. Телегин, А.М. Исследование конструкций датчиков для регистрации параметров высокоскоростных микрочастиц в тракте ускорителя (обзор) // Успехи прикладной физики. 2023. Т. 11. № 6. С. 540-552.
2. Пияков, А.В., Телегин, А.М. Измерение распределения частиц по сечению тракта ускорителя для моделирования микрометеоритов с помощью индукционного датчика // Приборы и техника эксперимента. 2022. № 4. С. 106-114.
3. Попов, А. М., Техногенный космический мусор: монография / А. М. Попов. — Москва: Русайнс, 2023. 219 с.
4. Вениаминов, С.С., Червонов, А.М. Космический мусор - угроза человечеству. - М: ИКИ РАН, 2012.
5. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов", под ред. Л.С. Новикова и М.И. Панасюка. - М.: ЭНЦИТЕХ, 2000.
6. Ушеренко Ю.С., Алексеенцева С.Е., Ушеренко С.М. Исследование надежности материалов внешних оболочек корпусов космических летательных аппаратов на орбите земли в направлении взаимодействия с пылевидными фракциями // Технология металлов. 2022. № 5. С. 52-56.
7. Телегин А.М., Пияков А.В. Исследование работы индукционного датчика для ускорителя заряженных микрочастиц // Приборы и техника эксперимента. 2017. № 6. С. 101-106.

УДК 621.3

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО ДАТЧИКА МИКРОЧАСТИЦ

М.П. Калаев, А.М. Телегин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** микрометеороид, датчик, ускоритель.

Для лабораторного моделирования высокоскоростного воздействия микрометеороидов и частиц космического мусора на элементы конструкции космического аппарата используют ускорители микрочастиц [1-4]. Наибольшее распространение в ускорителях получили датчики индукционного типа, выполненные, как правило, в виде полого металлического цилиндра Фарадея.

Заряженная микрочастица в тракте ускорителя, подлетая к индукционному датчику, наводит в датчике импульс тока, форму которого можно рассчитать с использованием теоремы Рамо-Шокли [5]:

$$i(t) = Q \cdot (\vec{V} \cdot \vec{E}),$$

где  $\vec{E}$  — эффективная (взвешенная) напряжённость поля в точке, где находится заряд  $Q$  в момент времени  $t$ , рассчитанная по схеме: заряд удалён, потенциал электрода, с которого снимается ток, равен 1, потенциал оставшихся электродов равен 0.  $(\vec{V} \cdot \vec{E})$  — скалярное произведение вектора скорости и эффективной напряженности.

Для моделирования электрического сигнала на входе измерительной части, вызванного пролетом заряженной микрочастицы, были заданы два источника тока (рисунок 1), сигналы на каждом из этих источников имеют трапецеидальную форму с целью упрощения процесса моделирования. Первый источник тока формирует импульс тока положительной полярности и связан с моментом влета микрочастицы в индукционный датчик. Второй источник тока генерирует импульс тока отрицательной полярности и связан с моментом вылета микрочастицы из индукционного датчика.

Результаты проведённого моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными на реальном ускорителе микрочастиц [1]. Приведенная схема моделирования наведенного импульса позволяет быстро и с достаточной достоверностью моделировать работу измерительной части индукционного датчика.