

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА И МИКРОМЕТЕОРИТОВ

С.А. Гудков

Научный руководитель – д.т.н., профессор Н.Д. Семкин  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва

Для имитации воздействия микрометеоритов и техногенных частиц на материалы конструкций КА, а также для создания и калибровки новых микрометеоритных датчиков существуют различные способы ускорения пылевых частиц в лабораторных условиях. Все они должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- диапазон частиц по скоростям и массам соответственно  $1 \div 40$  км/с и  $1$ -й  $10^{16}$  г;
- высокая повторяемость результатов;
- контролируемость параметров ударяющей частицы;
- простота эксплуатации, надежность, низкая стоимость;
- обеспеченность надежной системой регистрации;
- простота регулирования параметров ускоряемых частиц;

Тип и конструкция ускорителя определяются поставленной задачей и зависят от диапазона исследуемых масс и скоростей ускоряемых частиц.

Для разгона ударников значительных масс до высоких скоростей чаще всего используются двухступенчатые легкогазовые пушки. К настоящему времени теория легкогазовых пушек хорошо разработана. Современные легкогазовые пушки позволяют получать предельные величины разгоняемых масс и скоростей от 0,04 г и 11 км/с до 2,5 г и 4,7 км/с. Несмотря на ограничения по скорости, размерам, весу, материалу и форме разгоняемых ударников, главное преимущество легкогазовых пушек состоит в том, что вес и размеры ударника можно точно определить, а скорость метания поддается точному прогнозу.

Ускорение более крупных частиц с успехом достигается с помощью электромагнитного ускорителя. Однако детальное изучение явлений при высокоскоростных соударениях с помощью электроплазменного и электромагнитного ускорителей осложняется значительными электромагнитными помехами и влиянием плазмы на систему регистрации и исследуемые мишени (тем более, если мишени выполнены в виде различного рода датчиков). В этом случае меньшими недостатками обладает метод с использованием мощного импульсного лазера. Значительный интерес вызывает применение нано- и пикосекундных лазеров с большой плотностью энергии в качестве устройства ускорения твердых частиц микронных и субмикронных размеров. Например, с помощью плазмы, образованной в результате взаимодействия лазера с фольгой, 200 мкм частица приобретает скорость 1 км/с. При взрыве фольги с помощью лазера образуется плазма, которая с высокой скоростью ускоряет субмикронные твердые частицы. Здесь наблюдается некоторая аналогия с ускорителем на основе взрывающихся фольг. В лазерных ускорителях частицы получают приращение энергии под действием лазерного излучения. Простейший лазерный ускоритель состоит из источника лазера, фокусирующего оптического устройства и фольги с закреплёнными на ней частицами. Под действием лазерного излучения фольга испаряется, а частицы получают импульс энергии. Однако такой ускоритель имеет значительный разброс экспериментальных данных вследствие возможности соединения двух и более частиц в процессе механического нанесения их на

лавсановую или алюминиевую фольгу, что не может обеспечивать необходимое качество эксперимента.

Для моделирования микрометеоритной пыли и техногенных частиц успешно применяются электростатические и электроплазменные ускорители. Основным недостатком такого метода ускорения является громоздкость конструкций электростатических генераторов (шары могут достигать в диаметре нескольких метров). К тому же при больших напряжениях шары этих генераторов помещают в камеры с инертным газом, что во много раз усложняет конструкцию. К достоинствам этого типа ускорителей следует отнести возможность ускорения частиц в широком динамическом диапазоне масс. В более поздних модификациях генератор Ван-де-Граафа был заменен каскадным умножителем напряжения, что упростило конструкцию в целом и позволило использовать ускоритель на небольшие напряжения порядка сотен киловольт в прикладных целях.

Как видно из вышесказанного, основной проблемой является построение высоковольтных источников. Поэтому развитие получили ускоряющие системы, в которых частица ускоряется, проходя много относительно низковольтных промежутков, так называемые линейные электродинамические ускорители. Достоинством этого типа ускорителя является получение большого эффективного ускоряющего напряжения без применения громоздких высоковольтных генераторов.