

УДК 621.384.6

**СТЕНД ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ  
ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА НА МАТЕРИАЛЫ  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Сухачев К. И., Сёмкин Н. Д.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Проблема изучения высокоскоростного воздействия твёрдых частиц на материалы космических аппаратов возникла более 50-ти лет назад, однако, вследствие появления новых материалов и всё увеличивающейся концентрации техногенных высокоскоростных частиц на орбитах Земли, остается актуальной и по сегодняшний день. Как показала практика, наиболее целесообразным является лабораторное моделирование столкновения ускоренных частиц с различными материалами, так как при нём возможны не только высокая повторяемость и контролируемость эксперимента, но и с достаточной достоверностью измерение параметров частиц.

Для ускорения твёрдых тел до сверхзвуковых скоростей существует множество решений [1], но для имитации частиц космического мусора наилучшим образом подходит электромагнитный ускоритель рельсового типа (рельсотрон).

Рельсовый электромагнитный ускоритель позволяет ускорять объекты до скоростей более 10 км/с посредством силы Ампера, возникающей при протекании мощного импульсного тока по контуру рельс и подвижной перемычки, называемой якорем. Такая конструкция позволяет эффективно ускорять довольно крупные тела. Ширина межэлектродного пространства должна быть от 10 мм. При уменьшении расстояния между рельсами эффективность ускорения значительно снижается. Это связано с тем, что при ускорении небольших тел в начальный момент времени, когда якорь ещё неподвижен, электроды испытывают большую токовую перегрузку и подвергаются катастрофической эрозии. При этом могут образоваться перемычки из расплава рельс или якоря, замыкающие часть тока на себя, и тем самым уменьшая выталкивающую силу. Образование плазмы в межэлектродном пространстве также вызывает снижение эффективности, таким образом катастрофическая эрозия становится основным препятствием на пути создания рельсотрона, способного ускорять небольшие тела размером до 1 мм.

Решение этой проблемы предлагается осуществить введением внешнего магнитного поля в межэлектродное пространство. Внешнее поле создается системой подмагничивания рельсотрона (СПР), но, в отличие от аналогов [2], СПР предлагается разделить на несколько независимых контуров и производить коммутацию контуров СПР в резонансном режиме синхронно с движением якоря; аналогичный метод описан для катушечного ускорителя в работе [3]. Такая конструкция рельсотрона и СПР позволяет добиться повышения плотности энергии магнитного поля, создаваемого СПР в области нахождения якоря. Поля, создаваемые контурами рельс и СПР, складываются, что позволяет увеличить конечную скорость якоря без снижения ресурса рельсовых электродов. Один из вариантов конструкции рельсотрона с многоконтурной системой подмагничивания представлен на рис. 1.

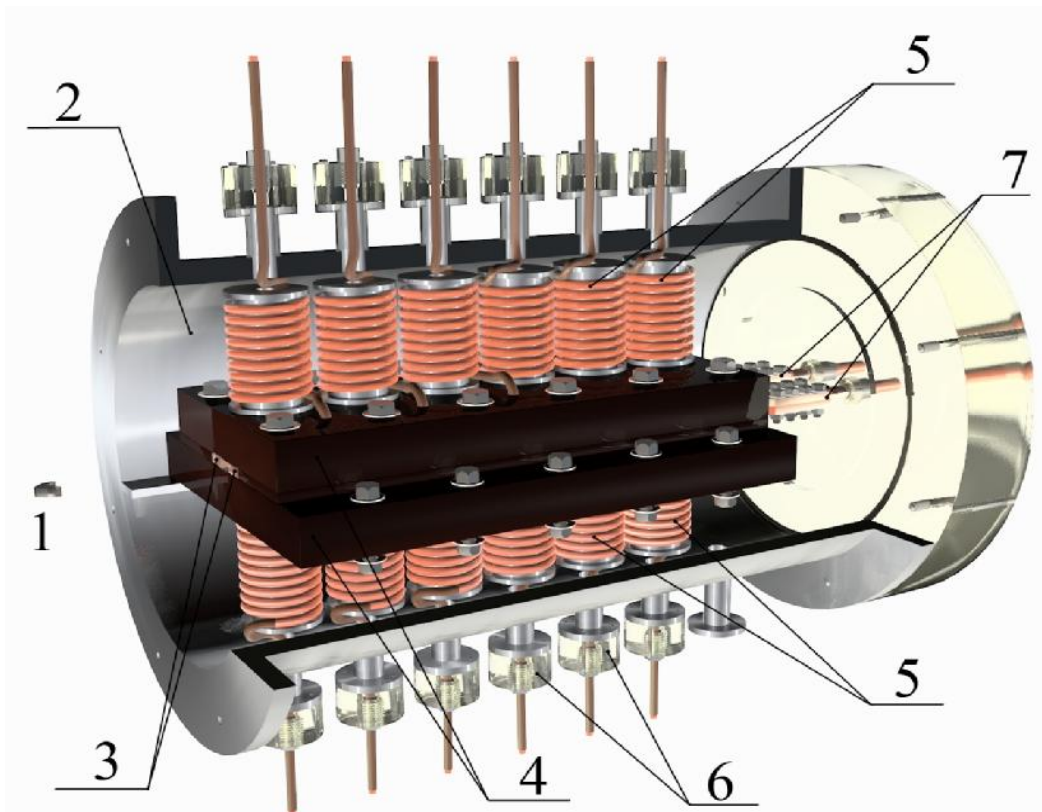


Рис. 1. Рельсотрон с многоконтурной СПР: 1 – ускоряемый объект, 2 – вакуумная камера, 3 – рельсовые электроды, 4 – силовой корпус рельсотрона, 5 – катушки подмагничивания, 6 – выводы из вакуумной камеры катушек, 7 – силовые выходы рельсовых электродов

Применение резонансного разряда накопителя рельсотрона делает необходимой синхронизацию токов обоих контуров: контура рельс и СПР. В противном случае магнитное поле, создаваемое внешними электродами, будет уменьшать величину поля рельс и, тем самым, снижать ускоряющую силу, действующую на якорь. Для выполнения условия синхронизации частота свободных колебаний в контуре СПР должна быть выше частоты контура рельс. На каждую полуволну тока рельс должна приходиться одна синфазная полуволна тока СПР. Причём первый импульс тока системы подмагничивания должен опережать импульс тока рельс, как и предлагается авторами в [2], для создания оптимальных условий в момент начала движения якоря. Математическое моделирование системы рельсотрона с СПР показало увеличение скорости якоря массой 70 мг более, чем на 2 км/с.

#### Библиографический список

1. К.И. Сухачёв, Н.Д. Сёмкин, А.В. Пияков. Ускорители твердых тел // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2014. – Т.17. – №2. – С. 49-58.
2. Б.Г. Жуков, Р.О. Куракин, В.А. Сахаров, С.В. Бобашев, С.А. Поняев, Б.И. Резников, С.И. Розов. Малогабаритный рельсовый ускоритель диэлектрических твердых тел mm-размера // Письма в ЖТФ. – 2013. – Т.39. Выпуск 12.
3. К.И. Сухачёв, Н.Д. Сёмкин. Анализ возможностей катушечного электромагнитного ускорителя для разгона ферромагнитных частиц // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2013. – № 3-1 (41). – С 235-247.