

Секция «Вычислительная математика, математическое моделирование и численные методы»

Разработка численной модели электрического взрыва проводников в различной конфигурации

Ряховский Алексей Игоревич

Аспирант

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: alexey.i.ryakhovskiy@gmail.com

Мощные электрические разряды находят широкое применение в научных исследованиях и технике: например, для сильноточной коммутации, в качестве источников мягкого рентгеновского излучения или при синтезе наночастиц. Способ получения наночастиц диспергированием из консолидированного вещества в неравновесных термодинамических процессах при приложении извне мощных потоков энергии существенно увеличивает энергонасыщенность наночастиц, что может обуславливать их уникальные каталитические, сорбентные и другие свойства, а также наблюдаемые пороговые явления. Сильноточные электрические разряды имеют определенные преимущества по возможности создавать необходимую плотность энергии в большем объеме, чем в случае применения лазеров и пучков частиц. Электрические разряды, обеспечивающие высокую плотность разрядного тока $J \approx 10^6 \text{ A/cm}^2$ в веществе с металлической электропроводностью в исходном состоянии, приводят к явлению, получившему название электрический взрыв [1]. Выявлено, что при электрическом взрыве проводочек даже в быстром режиме могут оказывать заметное влияние МГД-неустойчивости перетяжечного типа. При взрыве фольги роль МГД-неустойчивостей такого типа является незначительной. Но в случае плоских фольг однородность энерговклада нарушена вследствие неоднородного распределения плотности тока по ширине фольги из-за краевых эффектов. Устранить краевые эффекты позволяет замыкание плоской фольги в оболочку. По этим причинам авторы работы [2] предлагают использовать проводник в виде тонкостенной металлической оболочки, помещенной на жесткий диэлектрический цилиндр. В связи с высокой стоимостью натурального эксперимента с электрическим взрывом проводников математическое моделирование становится важным инструментом изучения подобных явлений.

В ходе работы была разработана программа, использующая МГД приближение для моделирования одной из основных стадий электрического взрыва в различных конфигурациях: формирование и движение плазмы металла под воздействием внешнего магнитного поля. Построенная модель использует уравнения состояния, предложенные в работе [3] и методы вычисления коэффициентов переноса, достаточно точно моделирующие транспортные свойства среды. Таким образом, модель позволяет оценить значения термодинамических параметров вещества во время процесса, напрямую влияющие на свойства получаемых частиц. В дальнейшем планируется дополнить описание моделью описаниями стадий плавления исходного проводника и финальной конденсации частиц

Источники и литература

- 1) В.А. Бурцев, Н.В. Калинин, А.В. Лучинский. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках. Энергоатомиздат: 1990.
- 2) A. N. Kovalenko, N. V. Kalinin, Thermodynamic Instability of Compound and Formation of Nano-sized Particles nearby the Critical Point of Phase Generating Media, NANOSYSTEMS: PHYSICS, CHEMISTRY, MATHEMATICS, 2014, 5 (2), P. 258–293
- 3) Колгатин С.Н., Простые интерполяционные уравнения состояния азота и воды., ЖТФ, Т.65, В.7, 1995.

Слова благодарности

Автор работы выражает благодарность своему научному руководителю, заведующему кафедрой "Высшая математика" СПбГПУ, д. т. н. Антонову В. И. и профессору кафедры "Высшая математика" СПбГПУ, д. т. н. Калинину Н. В. за неоценимую помощь в организации и проведении исследования.

Иллюстрации

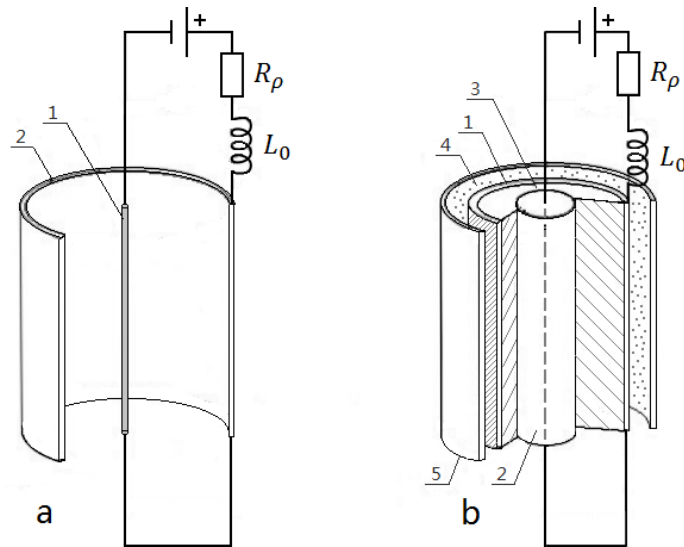


Рис. 1. Рис. 1. Схема установки для ЭВП а.) в классической конфигурации: 1.взрываемый проводник, 2.обратный токопровод б.)с тонкостенной оболочкой: 1.оболочка, 2.обратный токопровод, 3.жесткий диэлектрический цилиндр, 4.внешняя среда, 5.стенки разрядной камеры