2D3V гибридная модель плазмы холловского двигателя с численно восстановленным профилем аномальной проводимости [[1]](#footnote-1)\*)

Шашков А.С.

АО ГНЦ «Центр Келдыша», Москва, Российская Федерация 125438, [shashkov@phystech.edu](mailto:shashkov@phystech.edu)

При построении численных моделей разряда холловского двигателя широкое распространение получили метод PIC и гидродинамический подход [1, 2]. Известно, что гидродинамический подход позволяет значительно сократить время расчета, однако, как правило, содержит ряд допущений, среди которых пренебрежение диагональными членами тензора давления и замыкание системы уравнений на моменты функции распределения. Наиболее распространенные замыкания – это приравнивание второго момента константе и приравнивание нулю всех высших моментов (предположение постоянства температуры); и выражение третьего момента через градиент второго (закон Фурье). Метод PIC учитывает недиагональные члены тензора давления, как и все остальные моменты функции распределения автоматически, однако, является очень затратным с точки зрения вычислительных ресурсов, а также обладает численным шумом. Помимо гидродинамических и кинетических подходов существует еще гибридный подход с гидродинамическим описанием электронной компоненты плазмы и кинетическим описанием тяжелых компонент плазмы [3 - 5].

В данной работе разработана 2D3V гибридная модель, отличающаяся от предыдущих моделей достоверностью расчетной сетки вблизи расчетных границ и отсутствием предположений о термолизованном потенциале для электронов. В качестве профиля проводимости электронов поперек силовых линий магнитного поля взят профиль аномальной проводимости, восстановленный по интегральным параметрам работы двигателя с использованием методов машинного обучения и одномерной численной гибридной модели. Смоделирована плазма в разряде двигателя КМ-88 и посчитаны первые три момента функции распределения для тяжелых компонент плазмы, включая недиагональные члены тензора давления. Полученные моменты говорят о том, что течение нейтрального газа моделировать в гидродинамическом приближении некорректно, а моделирование ионов уравнениями гидродинамики для получения корректных предсказаний параметров двигателя оправдано. Однако, в случае, если необходимо корректно моделировать эффекты, связанные с неосевым течением ионов, гидродинамический подход может приводить к некоторым неточностям.

Литература

1. Mikellides I.G., Katz I. Numerical simulations of Hall-effect plasma accelerators on a magnetic-field-aligned mesh // Physical Review, 86, 2012. P. 046703
2. Irishkov S.V., Gorshkov O.A., and Shagayda A.A. Fully Kinetic Modeling of Low Power Hall Thrusters // International Electric Propulsion Conference. 2005
3. J.M. Fife, Hybrid-PIC modeling and electrostatic probe survey of Hall thrusters, Ph.D. thesis, Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology (1998)
4. G.J.M. Hagelaar, J. Bareilles, L. Garrigues, J.P. Boeuf, Two-dimensional model of a stationary plasma thruster. J. Appl. Phys. 91, 5592 (2002).
5. J.W. Koo, I.A. Boyd, Computational model of a Hall thruster. Comput. Phys. Commun. 164, 442 (2004).

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLIX/Lt/en/FG-Shashkov_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)