Численное моделирование взаимодействия высокоскоростных плазменных струй при инжекции в ионосфере Земли [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Лосева Т.В., 1,2Урвачев Е.М., 1Зецер Ю.И., 1,2Ляхов А.Н., 1Косарев И.Б., 1Поклад Ю.В.

1Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН, Москва, Россия,  
 [losseva@idg.chph.ras.ru](mailto:losseva@idg.chph.ras.ru)  
2Центр фундаментальных и прикладных исследований ВНИИА им. Н.Л. Духова,  
 Москва, Россия

Изучение процессов образования и слияния плазменных струй является важной частью исследований в астрофизике [1], фундаментальной физике высоких энергий и физике УТС [2]. Разработанная нами методика инжекции высокоскоростных плазменных струй в ионосферу Земли позволяет максимально приблизить условия проведения эксперимента к астрофизическим и исключить влияние отражения излучения и раннего замыкания индуцированных токов на стенках камеры. К настоящему времени успешно проведены инжекции одиночных струй в опытах «Флаксус» (на высоте 140 км) и «Северная звезда» (350 и 270 км). Алюминиевая плазма создавалась взрывным генератором ВГПС, имела энергию 3-6 МДж, массу 40 г и обладала начальной скоростью 40 км/сек.

Переход к множественной инжекции позволит повысить эффективность преобразования энергии плазмы в оптическое излучение с регулированием спектральных характеристик сменой рабочего материала, до свинца включительно. На начальной стадии множественной инжекции излучение отдельных струй меняет ионизационное состояние среды на пути других струй. Поэтому в целях планирования следующего эксперимента была поставлена задача исследовать влияние геометрии множественной инжекции в трех следующих сценариях: встречная инжекция, последовательная инжекция и классическое слияние плазменных струй при заданном угле схождения. Для каждого генератора использовалась зависимость от времени газодинамических параметров плазмы при ее инжекции из сопла генератора (сценарий инжекции), определенная в [3], которая показала хорошее согласие данных расчетов со всеми имеющимися данными измерений как в лабораторных, так и в ионосферных экспериментах.

Динамика взаимодействия двух и более алюминиевых плазменных струй, инжектируемых с помощью взрывных генераторов ВГПС, исследовалась с помощью численного 3D моделирования. Использовался многомерный радиационно-газодинамический код FRONT, основанный на явной схеме годуновского типа на фиксированной эйлеровой сетке (XYZгеометрия).

Получено, что взаимодействие струй приводит к существенному увеличению температуры результирующей струи и смещению спектра излучения плазмы струи в более коротковолновую часть спектра, включая вакуумный ультрафиолет.

Литература

1. Underwood, T.C., Loebner, K.T.K., Miller, V.A. et al. Dynamic formation of stable current-driven plasma jets. Sci Rep 9, 2588 (2019). https://doi.org/10.1038/s41598-019-39827-6
2. Wen H., Ren C., Hansen E. C., Michta D., Zhang Y., Langendorf S., and Tzeferacos P. Particle-in-cell modeling of plasma jet merging in the large-Hall-parameter regime. Physics of Plasmas 29, 062706 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0087035>
3. Лосева Т.В., Косарев И.Б., Поклад Ю.В., Ляхов А.Н., Зецер Ю.И., Урвачев Е.М. Численное моделирование начальной стадии динамики высокоскоростной плазменной струи в активных геофизических ракетных экспериментах "Флаксус" и "Северная звезда" //Физика плазмы, 2022, том 48, с. 956-961, DOI: 10.31857/S0367292122600583

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