Особенности конечной стадии сжатия Z-пинча [[1]](#footnote-1)\*)

1Фролов А.Ю., 1Чирков А.Ю., 2Вихрев В.В.

1МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, РФ, [alexeyfrolov92@yandex.ru](mailto:alexeyfrolov92@yandex.ru)  
2НИЦ «Курчатовский Институт», Москва, РФ, [vikhrev@mail.ru](mailto:vikhrev@mail.ru)

Как известно, Z-пинчи характеризуются ярко выраженной неустойчивостью, которая приводит к резкому росту плотности плазмы и энергии частиц [1]. Плазма вытекает через торцы Z-пинча, а действие магнитного поля в конечном итоге не уравновешивается никакими другими силами. Уменьшение радиуса плазменного столба сопровождается увеличением давления магнитного поля на его боковую поверхность и одновременно увеличением скорости истечения плазмы через торцы.

Экспериментально наблюдаемые свойства Z-пинчей не могут быть исчерпывающе описаны в рамках одной подхода. Если динамика плазмы уже давно и успешно моделируется магнитной гидродинамикой [2], то, например, генерация высокоэнергетических ионов традиционно рассматривается через взаимодействие отдельно взятого иона с плазмой и электромагнитным полем Z-пинча [3]. Применение различных подходов к моделированию или анализу физических особенностей Z-пинчей должно сопровождаться четким выделением границ применяемых приближений. Иначе неизбежны трудности при попытках получить корректное описание процессов в Z-пинче в условиях развития сильной неустойчивости.

Данная работа посвящена моделированию газового цилиндрического Z-пинча. Рассматривалось несколько подходов к описанию Z-пинча с целью выяснения границ их применимости. Моделирование начальной стадии динамика плазмы основано на рамках газодинамичекого подхода. Определены границы применимости модели на основе расчета характерного времени релаксации ионного компонента. Показано, что газодинамическая модель может быть неприменима на стадии сильного сжатия перетяжки Z-пинча. Далее рассмотрена кинетическая модель, позволяющая учитывать энергетическое распределение ионов. Показано, что при сжатии распределение ионов формирует на выходе из пинча энергетический спектр, отличающийся от спектра, соответствующего максвелловскому распределению, особенно в области высоких энергий. Использование подхода на основе кинетического уравнения ограничено численными эффектами. Ввиду того, что нерелаксирующие высокоэнергетические ионы взаимодействуют с магнитным полем с увеличивающейся со временем частотой, численное моделирование кинетики плазмы на конечной стадии сжатия ограничено временным шагом интегрирования. Также в рамках кинетического подхода возникает трудность объяснения анизотропии нейтронного излучения. Анизотропия движения ионов рассматривается на основе динамики отдельных высокоэнергетичных частиц.

Полученные результаты указывают на важность понимания ограничений физических подходов для описания неустойчивой системы. Интерес к Z-пинчам связан с тем, что в них реализуется механизм прямой передачи энергии от электромагнитного поля к ионам при развитии неустойчивости, который требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Литература

1. Вихрев В.В., Королёв В.Д. // Физика Плазмы. 2007. Т. 33, №5. С. 397-423.
2. Гаранин С.Ф., Мамышев В.И. // Физика Плазмы. 2007. Т. 34, №8. С. 695-706.
3. Свирский Э.Б. // ЖТФ. 2018. Т. 88, вып. 1. С. 15-21.

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