Токи обратного направления в токовых слоях: причины и следствия [[1]](#footnote-1)\*)

А.Г. Франк, С.Н. Сатунин

Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, 119991, Москва, Россия, [annfrank@fpl.gpi.ru](mailto:annfrank@fpl.gpi.ru)

Один из наиболее интересных вопросов, относящихся к динамике токовых слоев, состоит в возможности появления в них электрических токов обратного направления, что теоретически предсказывалось С.И. Сыроватским [1] и было экспериментально обнаружено на поздней стадии эволюции токовых слоев [2,3]. Вместе с появлением обратных токов наблюдалось уменьшение плотности тока и увеличение толщины периферийных областей токовых слоев. При этом вопросы о связи между этими явлениями и о природе обратных токов до последнего времени оставались открытыми.

В докладе рассматриваются динамические процессы в токовых слоях, которые вызваны движением направленных потоков плазмы в магнитном поле и возбуждением индукционных электрических полей. Это позволило объяснить причины возникновения обратных токов, особенности их эволюции и последствия их появления. Обсуждение базируется на результатах, полученных с помощью установки ТС-3D (ИОФ РАН) [4,5].

Установлено, что обратные токи могут возникать в широком диапазоне экспериментальных условий, в том числе при формировании токового слоя в плазме с ионами различной массы, однако, момент появления обратных токов и их величины различаются.

Показано, что в пределах ширины токового слоя возникающие электрические поля существенно неоднородны, что обусловлено неоднородным характером скоростей движения плазмы и напряженности нормальной компоненты магнитного поля [6]. У боковых краев слоя индукционные поля максимальны и могут превышать по абсолютной величине начальное электрическое поле, которое инициировало формирование токового слоя. Этот вывод подтверждается результатами эксперимента, согласно которым обратные токи возникают именно у боковых краев слоя. Время появления обратных токов зависит от времени ускорения плазмы и растет для плазмы с тяжелыми ионами.

Есть все основания полагать, что сравнительно быстрое уменьшение плотности тока и увеличение поперечных размеров, или «утолщение», токового слоя вдали от центральной области вызывается появлением токов обратного направления не только у боковых краев, но в пределах всего токового слоя. Обратные токи меньшей величины не регистрировались непосредственно, но проявлялись косвенным образом.

В областях токового слоя с обратными токами впервые зарегистрированы токи Холла противоположных направлений по сравнению с токами Холла на ранних этапах эволюции слоя. Показано, что направление сил, которые ускоряют ионы, также должно изменяться на противоположное, что может вызывать торможение потоков плазмы.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 0024-2018-0045.

Литература

1. С.И. Сыроватский, ЖЭТФ **60**, 1727 (1971).
2. А.Г. Франк, С.Н. Сатунин, Физика плазмы **37**, 889 (2011).
3. A.G. Frank, N.P. Kyrie, S.N. Satunin, Phys. Plasmas **18**, 111209 (2011).
4. A.G. Frank, Plasma Phys. & Contr. Fusion **41**, Suppl. 3A, A687 (1999).
5. С.Ю. Богданов, Н.П. Кирий, В.С. Марков, А.Г. Франк, Письма в ЖЭТФ **71,** 72 (2000).
6. А.Г. Франк, С.Н. Сатунин, Письма в ЖЭТФ, **112**, 667 (2020).

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