

# ДИНАМИКА МОЩНЫХ ПОТОКОВ ПЛАЗМЫ В МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Тема (26-821)

---

## **Аннотация**

Плазма редко находится в состоянии покоя. Особенно мощные плазменные потоки выбрасывают черные дыры, квазары и другие астрофизические объекты. Постоянный поток плазмы с поверхности Солнца создает солнечный ветер. В лабораторных условиях плазменных экспериментов интенсивные потоки плазмы выходят на стенки (диверторы) термоядерных установок. Потоки плазмы широко используются в технологических целях. Магнитное поле не препятствует движению плазмы вдоль своих силовых линий, затрудняя в то же время поперечные смещения заряженных частиц. Плазма в магнитном поле может двигаться как единое целое (в режиме магнитогидродинамического течения), так и демонстрируя различный характер движения разных компонентов, что приводит к поляризации, токообразованию, колебаниям и возможным неустойчивостям. Магнитное поле, как правило, присутствует в интенсивных плазменных потоках, возникающих в природе, и широко используется для формирования и канализации плазменных потоков в лабораторных условиях. В таких потоках плазма редко бывает изотропной и однородной, что также способно влиять на характер течения плазмы и должно быть предметом изучения.

Вопросы генерации, транспортировки и релаксации мощных плазменных потоков представляют как фундаментальный, так и практический интерес.

Эффективным способом создания мощных плазменных потоков для практических целей может служить метод резонансного нагрева плазмы, например, метод циклотронного резонанса в неоднородном магнитном поле. Заряженные частицы, проходя через зону циклотронного резонанса, ускоряются высокочастотным (ВЧ) электромагнитным полем, увеличивая энергию в поперечной по отношению к направлению магнитного поля степени свободы. Если магнитное поле спадает по ходу плазменного потока, то поток ускоряется, так как энергия поперечного движения переходит в энергию продольного.

Использование циклотронного резонанса для нагрева плазмы зарекомендовало себя в условиях термоядерных экспериментов с удерживаемой в ограниченном объеме плазмой. Следует выяснить его специфику для «пролётного» случая, существенного для прикладных задач применительно к устройствам типа ионного магнетрона и аналогичным.

Исследование процесса создания плазменного потока таким способом и процессов, происходящих в самом движущемся потоке, имеют как прикладное, так и общефизическое значение. В частности, подлежит выяснению роль альфвеновского резонанса, неизбежно возникающего при циклотронном нагреве ионов в плазме, плотность которой меняется в направлении поперек магнитного поля. При альфвеновском резонансе электромагнитные колебания с преимущественно поперечной поляризацией электрического поля могут трансформироваться в колебания, имеющие значительное продольное электрическое поле. Последние передают свою энергию электронам. Если исследования покажут, что процесс трансформации достаточно эффективен, то это потребует пересмотра ряда существующих представлений о циклотронном нагреве плазмы, его эффективности и последствиях.

Процесс выхода плазменного потока из магнитного поля исследовался ранее в связи с астрофизическими явлениями, в частности, в связи с выходом солнечного ветра из магнитного поля Солнца и планет. Единая точка зрения на данный процесс в настоящее время отсутствует, поэтому его исследование представляется актуальным. Аналогичные процессы требуют изучения для разработки мощных плазменных ракетных двигателей и технологических устройств магнетронного типа. Согласно одной из гипотез выход плазменного потока из магнитного поля может быть связан с электромагнитным шумом, которые обычно сопровождают распространение плазменных потоков, поэтому анализ условий их возбуждения весьма актуален.

Важен вопрос о возникновении собственных колебаний в упорядоченном неоднородном потоке плазмы большой мощности. Такие колебания характерны для плазменных струй различной природы, в том числе для плазменных реактивных двигателей.

Результаты междисциплинарных исследований, проведенных в рамках предлагаемой темы, должны послужить основой для углубления понимания физики изучаемых явлений, а также для технических приложений, связанных с мощными плазменными потоками, способствуя тем самым реализации «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642).

### **Рубрикатор**

- 821.1.** Электромагнитные и структурные неустойчивости мощных плазменных потоков, методы стабилизации.
- 821.2.** Генерация мощного плазменного потока методами бесконтактного введения энергии.
- 821.3.** Исследование процессов нагрева и ускорения ионов плазменного потока при взаимодействии с высокочастотным

электромагнитным полем.

- 821.4.** Проникновение электромагнитного излучения в замагниченный плазменный поток.
- 821.5.** Изучение процесса отрыва плазменного потока от расходящихся силовых линий магнитного поля.
- 821.6.** Возможности коллимации плазменных потоков в астрофизических и лабораторных условиях.
- 821.7.** Трехмерное моделирование плазменных течений с сильно различающимися пространственными и временными масштабами.