

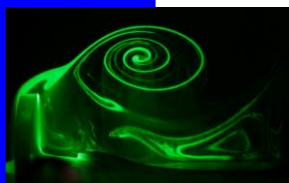
# 5

Тезисы докладов  
Международной конференции



Россия, Казань  
19-22 октября 2015 г.

# ТЕПЛОМАССООБМЕН И ГИДРОДИНАМИКА В ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКАХ



## 5 International Conference **HEAT AND MASS TRANSFER AND HYDRODYNAMICS IN SWIRLING FLOWS**

Russia, Kazan,  
2015, 19-22 October

Extended Abstracts



## Вихревой эффект и его применение

---

### Секция 2 / Section 2

---

### Vortex Effects and their Application

*В.В. Кузенов, С.В. Рыжков, П.А. Фролко*

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
Москва, 105005, 2-ая Бауманская, д. 5, стр. 1 (\*)

## **О НЕУСТОЙЧИВОСТЯХ И ВИХРЕВЫХ ТОКАХ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ СЖАТИИ ЗАМАГНИЧЕННОГО ВЕЩЕСТВА МОЩНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ И/ИЛИ ПЛАЗМЕННЫМИ ПУЧКАМИ**

Высокие технологии, основанные на использовании плазмы, в которой идет реакция синтеза, и магнитно-инерциального удержания за счет сверхсильных магнитных полей и мощных источников нагрева, таких как лазеры и ускорители, необходимы в энергетических отраслях промышленности.

На этапе первоначального изучения основных физических закономерностей присущих магнитно-инерциальному термоядерному синтезу (МИТС) [1-4], целесообразно разработать и использовать систему упрощенных математических моделей. Представлена система моделей, которая может описывать физические процессы в лазерном (включая процессы в hohlraum) или плазменном драйверах: в сжимаемой термоядерной мишени (включая сжатие первоначального магнитного потока).

Проведена оценка влияния на процесс сжатия мишени МИТС магнитогидродинамических неустойчивостей типа Рэлея–Гейлора, Рихтмайера–Мешкова, используя отдельные результаты работы [5]. Присутствие такого рода неустойчивостей на границе между термоядерной мишенью и окружающей средой, приводит к перемешиванию холодных плотных слоев вещества мишени и горячих, менее плотных слоев окружающей среды (т.н. контактной границы). Этот процесс сопровождается ограничением величины достигаемой плотности энергии в термоядерной мишени и заметно ухудшает условия для зажигания термоядерной реакции.

Явление электромагнитной индукции в схеме МИТС может оказывать заметное влияние на процесс нагрева мишени. Этот нагрев осуществляется вихревым электрическим полем, напряженность которого, согласно закону электромагнитной индукции, прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока.

С ростом эффективной частоты поля излучения, падающего на мишень, растет и напряженность вихревого электрического поля, возбуждающего плазму мишени, а также увеличивается джоулево энерговыделение

$Q_{Джс} = \sigma E_u^2 \approx \sigma \omega^2 \Phi^2$ , передаваемое в плазму.

---

(\*) С.В. Рыжков, [ryzhkov@power.bmstu.ru](mailto:ryzhkov@power.bmstu.ru)

В работе обсуждаются энергетические затраты, вызванные работой вихревых токов и работой магнитного давления. Наличие вихревых токов в плазме мишени указывает на возможность построить термоядерную мишень МИТС более эффективным способом: вся мишень может быть помещена в систему цилиндрически-замкнутых витков. Эта система витков в электротехнике носит название объемно-протяженного коротко-замкнутого витка (в нем от системы вихревых токов, протекающих в мишени в процессе её сжатия, будет наводиться дополнительный вихревой ток); наличие коротко-замкнутого витка приведет к возникновению тэта-пинч-эффекта: сжатие термоядерной плазмы будет обусловлено взаимодействием внешнего, продольного “сжатого” (в процессе схлопывания) магнитного поля с магнитной индукцией  $B$  и азимутальным током  $J$  в коротко-замкнутом витке.

Представленные результаты получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России № 13.79.2014/К.

### Список литературы

1. **Рыжков С.В., Чирков А.Ю.** Радиационно-конвективный теплообмен квазисферической плазмы в магнитном поле встречных кольцевых токов. РНКТ-5 25–29 октября 2010 г. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. Том 6. С. 264-267.
2. **Kuzenov V.V., Ryzhkov S.V.** Evaluation of hydrodynamic instabilities in inertial confinement fusion target in a magnetic field // Problems of Atomic Science and Technology. 2013. № 4 (86). P. 103—107.
3. **Кузенов В.В., Рыжков С.В.** Радиационно-гидродинамическое моделирование контактной границы плазменной мишени, находящейся во внешнем магнитном поле // Прикладная физика. 2014. № 3. С. 26—30.
4. **Kuzenov V.V., Ryzhkov S.V.** Regimes of Heating and Compression in Magneto-Inertial Fusion. International Heat Transfer Conference 15 (IHTC-15). Kyoto, Japan. August 10-15<sup>th</sup> 2014. IHTC15-9662.
5. **Физика** высоких плотностей энергий / Под ред. Кальдиrola П., Кнопфель Г. М.: Мир, 1974.

*V.V. Kuzenov, S.V. Ryzhkov, P.A. Frolko*

Bauman Moscow State Technical University,  
Russia 105005 Moscow, 2-nd Baumanskaya, 5, 1

## ON THE INSTABILITIES AND EDDY CURRENTS ARISING IN THE PROCESS OF COMPRESSION OF MAGNETIZED MATTER BY POWERFUL LASER AND/OR PLASMA BEAMS