

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ПЫЛЕВЫХ СТРУКТУР В ЯДЕРНО-ВОЗБУЖДАЕМОЙ ПЛАЗМЕ

В.Е.Фортов, А.А.Исаков⁺, В.А. Рыков⁺, В.И. Владимиров, Л.В. Депутатова, П.П.Дьяченко⁺, К.В.Рыков⁺

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

*⁺ ГИЦ Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского,
Обнинск, Россия*

Цель настоящей работы состоит в экспериментальном исследовании поведения пылевых частиц в трековой плазме, создаваемой пучком ускоренных протонов [1-4]. Для обработки изображений пылевых структур, полученных в ходе экспериментов, применяется вейвлет-анализ.

Эксперименты проводились на ускорителе ЭГ-2,5 в ГИЦ РФ Физико-энергетическом институте. В описываемых экспериментах ток пучка варьировался от 0,5 мкА до 1 мкА. Пучок протонов вводился в экспериментальную ячейку либо вертикально сверху, либо горизонтально сбоку. Экспериментальная ячейка имела форму прямоугольного параллелепипеда и подсвечивалась плоским лазерным лучом через боковые стеклянные стенки. Рассеянный частицами лазерный свет с помощью ПЗС-телекамеры переводится в видеоизображение. Внутри экспериментальной ячейки напротив диафрагмы, через которую подавался пучок, располагался высоковольтный электрод, напряжение на котором варьировалось в пределах от 0В до -500В. Газопылевая смесь создавалась с помощью резкого вброса потока исследуемого газа, поступающего из дозатора с фиксированным объемом, на контейнер с сетчатым дном, в который помещались исследуемые частицы. В экспериментах использовались монодисперсные частицы из меламинформальдегида с диаметром $d = 3$ мкм, в качестве плазмообразующего газа использовались Хе, Не, Кр.

В ходе экспериментов получен большой объем информации, связанной с самоорганизацией пылевой компоненты в плазме. Большой частью полученной информации являются видеок cadры, отснятые в ходе экспериментов. При обработке этих кадров с целью получения количественных оценок процессов, протекающих в пылевой плазме, был применен двумерный вейвлет-анализ [5,6]. Данный вид анализа позволяет, несмотря на неидеальность видеоизображения, выделять на нем объекты нужного размера и структуры, тем самым, помогая отслеживать процессы самоорганизации пылевых структур в плазме.

Вейвлет-анализ позволил автоматизировать процесс по кадрового отслеживания как отдельных движущихся пылевых частиц, так и распространения фронтов целых пылевых структур. Далее приведены примеры такого применения вейвлет-анализа.

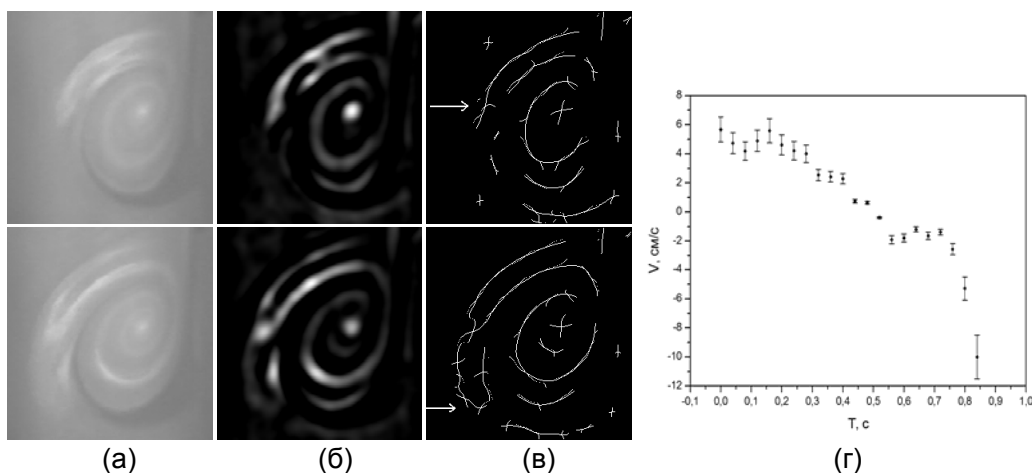


Рис.1. Выброс пучка пылевых частиц из вихря в направлении, противоположном направлению вращения вихря. (а) – исходные кадры; (б) – вейвлет-спектры, соответствующие исходным кадрам; (в) – линии локальных экстремумов вейвлет-спектров; (г) – рассчитанная скорость распространения выброса.

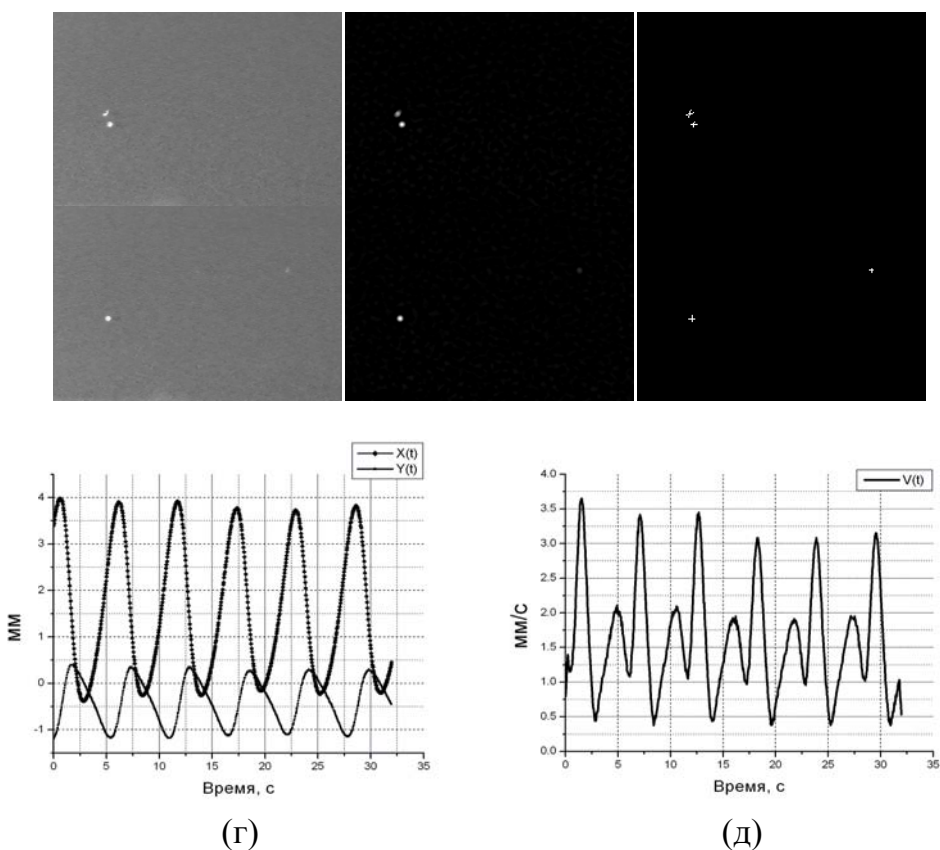


Рис.2. Две пылевые частицы – одна покоится, другая движется по замкнутой орбите. а) – исходные кадры, запечатлевшие положение частиц, с временным интервалом в 2,5 секунды; б) – картины вейвлет-коэффициентов, соответствующие исходным кадрам; в) – выделение двух локальных максимумов из вейвлет-спектра, указывающих положение пылевых частиц; (г) и (д) – рассчитанные зависимости координат движущейся пылинки и модуля ее скорости от времени, соответственно. Прим. на графике (г) изменения координат: координаты отсчитываются относительно местоположения другой – покоящейся частицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фортон В.Е., Дьяченко П.П., Рыков К.В и др.* Структуры пылевых частиц в плазме пучка протонов. *Труды Международной конференции «Физика экстремального состояния вещества».* Эльбрус - 2005 г. С.202-203
2. *Фортон В.Е., Дьяченко П.П., Рыков К.В и др.* Вихревые пылевые структуры в трековой плазме пучка протонов. *Физика плазмы.* 2005.Т.31.№7. С.621-627
3. *Fortov V.E., Rykov V.A., Rykov k.V. et al.* Experimental and theoretical investigations of dust crystals in plasma created by proton beam. *Physics Letters A 351 (2006) 296-301*
4. *Fortov V.E., Rykov V.A., Rykov k.V. et al.* Dust crystals in plasma created by a proton beam. *J. Phys. A: Math. Gen.* 39 No 17 (28 April 2006) 4533-4537
5. *Новиков Л.В.* Основы вейвлет-анализа сигналов. СПб.: ООО "Модус+". 1999.
6. *Астафьева Н.М.* Вейвлет-анализ: основы теории и некоторые приложения. *УФН.* 1996. Т.166. №11. С. 1145-1170.