

**К сферически симметричной турбулентной аккреции***В.С.Бескин<sup>1,2</sup>, К.В. Лежнин<sup>1</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

Активность множества астрофизических источников (активных галактических ядер, молодых звезд, галактических источников рентгеновского излучения) непосредственно связана с процессом аккреции. По этой причине, аккреция на компактные объекты (нейтронные звезды или черные дыры) является классической задачей современной астрофизики [1]. В настоящее время аналитический подход к решению данной проблемы вытесняется численным моделированием [2]. Точные решения удается найти лишь в исключительных случаях [3,4]. Подчеркнем, что в последнее время исследования в данной области сдвинулись в сторону численного МГД-моделирования, в рамках которого стало возможным учесть эффекты турбулентности, связанные с магнитным пересоединением, магниторотационной неустойчивостью и т. д. [5,6] В то же время, многие важные свойства турбулентной аккреции по-прежнему могут быть поняты на основе простых аналитических моделей.

Проблема турбулентной аккреции обсуждалась во множестве работ. В [7] показано, что включение вязкости и теплопроводности приводит к устранению особенности на звуковой поверхности и приводит к появлению слабых ударных волн, не подчиняющихся соотношениям Ранкина-Гугонио. В [8] обсуждается пространственная устойчивость сферически-симметричного адиабатического течения Бонди относительно внешних вихревых возмущений.

В данной работе, на базе простых аналитических моделей, мы демонстрируем, как турбулентность влияет на структуру сферически-симметричной аккреции. Показано, что в случае вихревой турбулентности представленной уединенным осесимметричным вихрем, нельзя моделировать эффекты турбулентности введением эффективного давления, как это ошибочно делают в ряде работ, например, [9]. Показано, что вихревую структуру аккрецирующего течения возможно описать при помощи введения эффективного гравитационного потенциала. Предложены две «игрушечные модели», демонстрирующие влияние турбулентности на сферически-симметричное течение. В частности, показано, что звуковая поверхность смещается в сторону гравитирующего источника из-за эффективного уменьшения гравитационного потенциала, что находится в согласии с результатом работы [10]. Наконец, приведены критерии, позволяющие оценить вклад эффектов вязкости в адиабатическом течении, заполненном множеством изолированных или плотно расположенных вихрей.

## Литература

1. *Shapiro S., Teukolsky S.* Black Holes, White Dwarfs, and Neutron Stars: The Physics of Compact Objects (1983), Wiley, New York, 645 pp.
2. *Toropina O. D., Romanova M.M., Lovelace R.V.D.* Bondi-Hoyle accretion on to a magnetized neutron star, *MNRAS* (2012), Vol. 420, No. 1, pp. 810-816
3. *Petrich L.I., Shapiro S., Teukolsky S.* Accretion onto a moving black hole: exact solution, *Phys. Rev. Lett.* (1988), Vol. 60, No. 18, pp. 1781-1784.
4. *Beskin V.S., Malyshkin L.M.* Hydrodynamic accretion of Gas with Angular Momentum onto a Black Hole, *Astron. Lett.* (1996), Vol. 22, No. 4, pp. 475-481
5. *Balbus S. A., Hawley J. F.* A powerful local shear instability in weakly magnetized disks, *Astrophys. J.* (1991), Vol. 376, pp. 214-233
6. *Brandenburg A., Sokoloff D.D.* Local and Nonlocal Magnetic Diffusion and Alpha-Effect Tensors in Shear Flow Turbulence, *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.* (2002), Vol. 96, No. 4, pp. 319-344
7. *Axford W. I., Newman R. C.* Viscous-transonic flow in the accretion and stellar-wind problems, *Astrophys. J.* (1967), Vol. 147, pp. 230-234
8. *Kovalenko I.G., Eremin M.A.* Instability of spherical accretion — I. Shock-free Bondi accretion, *MNRAS* (1998), Vol. 298, No. 3, pp. 861-870
9. *Shakura N.I., Postnov K.A., Kochetkova A.Yu., Yalmsdotter L.* Quasispherical subsonic accretion in X-ray pulsars, *Phys. Usp.* (2013), Vol. 56, No. 4, pp. 321-346
10. *Bhattacharjee J. K., Ray A. K.* Large scale properties in turbulent spherically symmetric accretion, *Astrophys. J.* (2005), Vol. 627, pp. 368-375