

Секция «Методы математического и компьютерного моделирования в аэрокосмической деятельности»

## Теоретическое моделирование космических струйных выбросов

Научный руководитель - - - -

*Собьянин Денис Николаевич*

*Кандидат наук*

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

*E-mail: sobyanin@lpi.ru*

Интерес к теоретическому исследованию космических струйных выбросов возник со времени появления пионерских работ, посвященных изучению процессов выделения энергии центральной машиной и происхождения струйных выбросов [1,2]. В настоящее время этот интерес еще более возрос в связи с необходимостью надежно установить природу выбросов и точный механизм их запуска, коллимации, стабилизации и распространения во внешней среде. По той же причине значительная роль отводится наблюдательным исследованиям в радиодиапазоне с высоким разрешением, которые могут прояснить некоторые ключевые особенности внутренней структуры струйных выбросов. При этом теоретическое моделирование выбросов позволяет, исходя из фундаментальных физических законов и имеющихся наблюдательных данных, понять и описать процессы, определяющие их существование.

Преыдушие наблюдения свидетельствовали о том, что выброс характеризуется параболической структурой на малых расстояниях от основания и характерным краевым уярчением поперечного профиля радиоинтенсивности на различных частотах, что позволяло рассматривать его в рамках модели магнитогидродинамического сопла. Однако новейшие наблюдения M87 на частоте 15 ГГц (2 см) с использованием радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой [3] ясно показывают существование устойчивой трехгорбой структуры поперек выброса. Более того, обнаружение в этих наблюдениях сверхузкого центрального радиопика делает проблематичным объяснение эффекта с помощью имеющихся стандартных моделей и ставит вопрос, действительно ли мы наблюдаем единый струйный выброс с некоторым затухающим радиальным профилем скорости.

Показано [4], что описанная радиоструктура может отражать действительную структуру выброса, который на самом деле состоит из двух вложенных соосных выбросов. Разработана релятивистская магнитогидродинамическая модель, в которой внутренний выброс помещен в полый внешний выброс, и вычислены соответствующие электромагнитные поля, давления и иные физические величины. Выброс как целое подключен к центральной машине, которая генерирует напряжение между внешним и внутренним выбросами, отвечающее за одинаковые наблюдаемые законы их расширения. Такая структура может свидетельствовать об одновременной работе двух различных механизмов запуска выброса.

### Источники и литература

- 1) Blandford R. D., Znajek R. L. Electromagnetic extraction of energy from Kerr black holes // Mon. Not. R. Astron. Soc. 1977. Vol. 179. P. 433–456.
- 2) Blandford R. D., Payne D. G. Hydromagnetic flows from accretion discs and the production of radio jets // Mon. Not. R. Astron. Soc. 1982. Vol. 199. P. 883–903.
- 3) Hada K. The structure and propagation of the misaligned jet M87 // Galaxies. 2017. Vol. 5. Art. 2.
- 4) Sob'yanin D. N. Jet in jet in M87 // Mon. Not. R. Astron. Soc. 2017. Vol. 471, Iss. 4. P. 4121–4127.