

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ПО ДИНАМИЧЕСКИМ МОДАМ В ЗАДАЧАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОГАЗОДИНАМИКИ

А.К. Алексеев¹, А.Е. Бондарев²

¹РКК Энергия, г. Королев, МФТИ, г. Долгопрудный, Моск. обл., Россия,
aleksey.k.alekseev@gmail.com

²ИПМ им М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия, *bond@keldysh.ru*

Разложение по динамическим модам (Dynamic mode decomposition, DMD) [1,2] широко применяется для поиска и визуализации нестационарных структур в течении. Интерес к DMD объясняется такими особенностями метода, как возможность применения к нелинейным процессам, возникающая вследствие тесной связи с оператором Купмана [2], а также возможность построения оператора эволюции в сжатой форме [3].

С технической стороны DMD можно представить как метод численного определения части собственных чисел и правых собственных векторов оператора, задающего эволюцию течения (линейного пропегатора). Собственные числа пропегатора, как правило, отождествляются с частотами колебаний (соответствующие проблемы описаны, например, в [4]), собственные правые вектора (динамические, Купмановские моды) описывают структуры течения, связанные с этими частотами. Соответственно, используются также коэффициенты разложения по этим векторам (собственные функции Купмана). Используемые в DMD алгоритмы позволяют также определить набор левых собственных векторов оператора и, соответственно, восстановить сжатую форму оператора в виде произведения прямоугольных матриц. В этом смысле DMD соответствует решению обратной операторной задачи.

В докладе рассмотрены проблемы, связанные с определением спектра колебаний из собственных чисел Купмана и с регуляризацией обратной операторной задачи, порождаемой DMD. Представлены результаты численных экспериментов, соответствующие нестационарным, существенно нелинейным течениям невязкого газа.

Работа поддержана грантами РФФИ № 14-01-00769А и № 16-01-00553А.

Список литературы:

1. Schmid P.J. Dynamic mode decomposition of numerical and experimental data//Journal of Fluid Mechanics. 2010. 656.1. P. 5-28
2. Rowley C.W., Mezic I., Bagheri S., Schlatter P., and Henningson D.S. Spectral analysis of nonlinear flows//Journal of Fluid Mechanics. 2009. 641. P. 115-127.
3. Alekseev A.K., Bistriian D.A., Bondarev A.E., Navon I. M. On Linear and Nonlinear Aspects of Dynamic Mode Decomposition//Int. J. Numer. Meth. Fluids. 2016. doi: 10.1002/flid.4221
4. Alekseev A.K. On Relationship of Koopman Eigenvalues and Frequencies in Dynamic Mode Decomposition//arXiv:1603.06508. 2016.