

УДК 533.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИПЛИЦИРУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ
В ЗАКРУЧЕННОЙ СТРУЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ИСТЕЧЕНИЯ**

© 2011 г.

П.Д. Токталиев

Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, Москва

pavel_d_m@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Описывается методика и результаты численного моделирования течений в ряде технических завихрительных устройств с использованием закрутки потока для улучшения смешения. Анализируются нестационарные аспекты течения, выявляются существующие в струе мультиплицирующие механизмы для дальнейшего активного управления полем течения. По результатам данной, а также существующих работ предпринимается попытка создания обобщенной инженерной модели течения.

Ключевые слова: закрученная струя, нестационарные эффекты, численное моделирование, уравнения Навье – Стокса, осредненные по Рейнольдсу.

Выполнен ряд сквозных трехмерных расчетов нескольких конфигураций завихрительных устройств, типа лопаточных многокаскадных завихрителей, с истечением потока в затопленное пространство и модельную жаровую трубу. Параметры течения при выполнении расчетов выбирались в соответствии с реализующимися в существующих технических устройствах – камерах сгорания авиационных двигателей. При этом параметр закрутки во всех расчетах выдерживался в диапазоне существования в области течения выраженной зоны обратных токов (ЗОТ) [1]. Расчеты выполнены в рамках стационарного и нестационарного подходов. В обоснование результатов расчетов проведены серии методологических расчетов, связанных с параметрами расчетной модели. В частности, апробированы и верифицированы на эксперименте различные модели описания турбулентности. Оценена корректность постановки различных граничных условий и влияние качества и размерности расчетной сетки на результат [2].

В расчетах выявлено существование эффектов значительного усиления воздействия на течение в закрученной струе, позволяющих внешним возмущением малого возмущения существенно изменять его структуру. Для моделирования воздействия при выполнении вычислений использовалась подача дополнительной массы и/или импульса в основание ЗОТ. Для определения нестационарных гидродинамических характеристик струи, в частности характерных частот, был проведен анализ структуры струи с выявлением ЗОТ и композиции вихрей ее окружаю-

щих [3]. На исследуемых режимах обнаружено существование двух форм колебания в струе – осевой и спиральной. При этом наибольшие изменения в струе вызывали периодические воздействия на частотах, соответствующих формам колебаний. Экспериментально похожие результаты получены в работе [4]. Для анализа практического применения эффекта было проведено моделирование образования двухкомпонентной метано-воздушной струи и процессов смешения в ней для условий истечения в затопленное пространство и модельную жаровую трубу.

На основании результатов данного исследования, а также ряда других экспериментальных и расчетных работ [5–7] сделана попытка создания обобщенной инженерной модели, связывающей основные интегральные характеристики закрученной струи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№ 07-08-00573, 08-08-00428).

Список литературы

1. Теория турбулентных струй / Под ред. Г.Н. Абрамовича. М.: Наука, 1984. 721 с.
2. Токталиев П.Д. Моделирование процессов смешения в турбулентной струе с большим параметром закрутки // Модели и методы аэродинамики: Тез. Межд. школы-семинара. Евпатория, Украина, 2010.
3. Barbosa S., Scoufflaire P., Ducruix S. Investigations of large coherent structures in a swirl stabilized gas-turbine combustor using time-resolved PIV // 14th Int. Symp. on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics. Lisbon, Portugal, 2008.

4. Paschereit C.O., Gutmark E., Weisenstein W. Control of thermoacoustic instabilities in a premixed combustor by fuel modulation // AIAA Paper 99-0711. 1999.
5. Jonas P.M. et al. Phase-shift control of combustion instability using (combined) secondary fuel injection and acoustic forcing / R. King (Ed.) // Active Flow Control. NNFM 95. 2007. P. 408–421.
6. Paschereit C.O., Gutmark E.J. The effectiveness of passive combustion control methods // ASME Paper No. 2004-GT-53587.
7. Syred N. Generation and alleviation of combustion instabilities in swirling flow // ACAT. 3-20. Springer, 2007.

**STUDYING MULTIPLYING MECHANISMS IN A SWIRLING JET
FOR DIFFERENT CONDITIONS OF OUTFLOW**

P.D. Toktaliev

Technique and results of numerical simulation of flows in technical devices using swirling jets for improving mixing, are described. Unsteady effects of flow are analyzed; multiplying mechanisms which can be used for active control of flowfield are determined. Extension of the results on a possible common engineering model of flow is considered.

Keywords: swirling jet, unsteady effects, numerical simulation, Reynolds-averaged Navier–Stokes equation.