

## Моделирование стадии запуска двигателя с вращающейся детонационной волной

Научный руководитель – Никитин Валерий Федорович

*Михальченко Елена Викторовна*

*Сотрудник*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра газовой и волновой динамики, Москва,  
Россия

*E-mail: Vi-Velena@rambler.ru*

Улучшение характеристик современных двигателей, основанных на традиционных схемах (цикл Брайтона) близко к своему технологическому пределу. Создание конкурентоспособных двигателей нового поколения и получение оптимальных показателей, возможно при применении принципиально новых технических решений. Одним из таких решений является разработка двигательных установок основанных на детонационном сжигании топлива в ударных волнах, со скоростями более чем в 1000 раз превышающими скорости дефлаграционного горения. Существует три основных типа детонационных двигателей[1]: двигатель со стационарной детонационной волной, пульсирующий детонационный двигатель и двигатель с вращающейся детонационной волной. Двигатель с вращающейся детонационной волной - это принципиально новый тип двигателей, способный создавать более высокую тягу, чем традиционные, основанные на процессе дефлаграции горючей смеси. Полномасштабное трехмерное моделирование таких камер сгорания с учетом многокомпонентности смеси, явлений переноса, турбулентности, а также детализированной химической кинетики, является вычислительно сложной задачей. В работе рассмотрено численное трехмерное моделирование камеры сгорания двигателя с вращающейся детонационной волной. Моделируемая камера сгорания представляет собой коаксиальный полый цилиндр[2,3]. Топливо подается из системы инжекторов расположенных с торцевой части камеры, а также из стабилизирующей системы инжекторов осуществляющих подачу дополнительного окислителя под прямым углом с внешней и внутренней стороны камеры сгорания. После поджига горючей смеси вблизи инжекторов, происходит инициация самоподдерживающейся детонационной волны, которая затем начинает вращаться вокруг внутреннего полого тела, потребляя горючую смесь. Продукты реакции расширяются и покидают камеру со стороны, противоположной форсункам, расположенным в торцевой части камеры сгорания.

Расчеты основаны на модели многокомпонентной газовой динамики, уравнение баланса массы для каждой из компонент газовой смеси, а также уравнения для моделирования турбулентности и химической кинетики. Используемая химическая кинетика, содержит 20 обратимых элементарных реакций с 9 компонентами. В моделировании химической кинетики использовался авторский кинетический механизм. Расчет потока химических реакций производился полу-неявным методом. При вычислении использовалась регулярная сетка однородных кубических элементов. Для проведения вычислений на серверной системе АПК-5 программа была распараллелена.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-07-00889

### Источники и литература

- 1) P. Wolański. Detonative propulsion // P COMBUST INST. 2013. Vol. 34. P. 125–158.

- 2) V.F. Nikitin, Y.G. Filippov, L.I. Stamov, E.V. Mikhailchenko 3D Problems of Rotating Detonation Wave in a Ramjet Engine Modeled on a Supercomputer // Supercomputing Frontiers and Innovations. 2018, Vol 5, No 2; p. 76-85
- 3) S.A. Zhdan, F.A. Bykovskii, E.F. Vedernikov, Mathematical modeling of a rotating detonation wave in a hydrogen-oxygen mixture. Combustion, Explosion, and Shock Waves 43 (4) (2007) 449-459.