

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Кузнецов А.Ю., Зубрилин И.А., Цибуцинина А.Д.,  
Якушкин Д.В., Хубулова А.П., Попова Т.Б.  
Самарский университет, г. Самара, [kuznecov.ayu@ssau.ru](mailto:kuznecov.ayu@ssau.ru)

*Ключевые слова:* камера сгорания, топливо, горение, гтд, численное моделирование.

Распыл топлива форсункой является одним из ключевых процессов, влияющих на горение топливовоздушной смеси в камере сгорания газотурбинного двигателя. Так, он влияет на распределение топлива в первичной зоне и, соответственно, на положение фронта пламени. Основными параметрами форсунок являются расход топлива при заданном давлении, угол раскрытия топливного факела, а также размеры и скорости сформировавшихся капель. Все они влияют на полноту сгорания топлива, образование вредных веществ, неравномерность поля температуры на выходе из камеры сгорания, диапазон устойчивой работы и другие.

При проектировании форсунок широкое распространение получили методы вычислительной газовой динамики (CFD), реализованные как в отечественных, так и зарубежных программных продуктах, типа Ansys Fluent, Логос, FlowVision. Однако в данный момент действует ряд указов и законопроектов, которые предусматривают переход значительной части предприятий на отечественное программное обеспечение в срок до 2025 года, например: Федеральный проект «Цифровая экономика» (2019); план «Новые производственные технологии» от Ростеха и Росатома; распоряжение Правительства РФ от 25 июня 2022 г. N 1693-р «Об утверждении комплексной программы развития авиатранспортной отрасли РФ до 2030 г.»; указ от 30 марта 2022 года № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации». Таким образом, необходимо обеспечить отечественное программное обеспечение требуемым функционалом и моделями, а также разработать достаточный методический базис для широкого их применения в машиностроении.

При расчёте форсунок моделируется движение жидкости и её распад на капли. Размер капель за центробежными форсунками камер сгорания ГТД находится в диапазоне 10...150 мкм, тогда как диаметр сопла форсунки – 0,6...1,5 мм. Это приводит к необходимости использовать расчетные сетки в широком диапазоне размеров и различные модели физических явлений: модель объема жидкости (VoF), модель дискретных фаз DPM и другие. Они позволяют упростить расчёт, заменив измельчение сетки учетом параметров фазы через источникивые члены в уравнениях сохранения. Таким образом, программное обеспечение должно иметь достаточный функционал, верифицированный код и валидированные модели.

При переходе на отечественное ПО требуется определить пригодность моделей, которые реализованы в них, для решения тех или иных задач. В данной работе проведено тестирования различного программного обеспечения отечественной разработки для моделирования течения топлива в центробежной форсунке. Сравнение проводилось как результатам расчета в зарубежном ПО, так и с экспериментальными данными.

### **Сведения об авторах**

Кузнецов А.Ю., студент, лаборант-исследователь. Область научных интересов: численное моделирование процессов в КС ГТД.

Зубрилин И.А., к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей. Область научных интересов: вибрационное горение, численное моделирование эмиссионных характеристик КС ГТД.

Цибуцинина Анастасия Дмитриевна, студент, старший лаборант. Область научных интересов: численное моделирование процессов в КС ГТД

Хубулова Анастасия Придоновна, студент. Область научных интересов: численное моделирование процессов в КС ГТД.

Попова Татьяна Борисовна, студент, старший лаборант. Область научных интересов: высокотехнологичное инновационное машиностроительное производство, концептуальное проектирование.

## **STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF CENTRIFUGAL INJECTORS USING DOMESTIC SOFTWARE**

Kuznetsov A.Y., Zubrilin I.A., Tsibutsinina A.D., Yakushkin D.V., Khubulova A.P., Popova T.B.  
Samara University, Samara, Russia, [kuznecov.ayu@ssau.ru](mailto:kuznecov.ayu@ssau.ru)

*Keywords: combustion chamber, fuel, combustion, gas turbine engine, numerical simulation.*

Fuel injector calculation is reduced to spray pattern fraction, injector nozzle flow rate, and average droplet diameter, however, in order to model the process to the fullest, full grid resolution is needed to allow calculation of individual droplets. To solve problems, VOF models and DPM are used, which are solved by simple calculations that replace the calculation of models taking into account frequency parameters through the initial components in the equations of motion.