

режима течения  $Sw = 0,6$  и  $Vj = 0,6$  при подаче топлива с его боковой и торцевой поверхностей.

Показано, что расчёты, выполненные по стационарной модели, качественно отличаются от нестационарных.

В первом приближении оба варианта подачи топлива (с боковой и торцевой поверхностей стабилизатора) с точки зрения распределения топлива являются эквивалентными.

#### Библиографический список

1. В.В. Третьяков, А.А. Свириденков, П.Д. Токталиев. Распыливание топлива и

смесеобразование в нестационарных закрученных течениях за газодинамическим стабилизатором. // Изв. Вузов. Авиационная техника. 2017. №3, с. 106-112.

2. В.В. Третьяков, А.А. Свириденков. Нестационарный тепломассообмен и распределение топлива в течениях за газодинамическим стабилизатором. // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2016. Т.15. № 4. С.162 – 173.

Работа поддержана РФФИ. Проект № 17-01-00213

УДК 621.43

## РАСЧЁТ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕЧЕНИЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ТОПЛИВА В СЛЕДЕ ЗА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ СТАБИЛИЗАТОРОМ

©2018 А.А. Свириденков, В.В. Третьяков

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

## THE CALCULATION OF THE UNSTEADY FLOW AND FUEL DISTRIBUTION BEHIND GAS-DYNAMIC FLAME HOLDER

Sviridenkov A.A., Tretyakov V.V. (Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranov, Moscow, Russian Federation)

*The object of the study is a gas-dynamic flame holder, designed to work in the front swirling device of the combustion chambers of GTE. The aim is the development of methodology for calculating distribution drip of liquid fuel in the trace for the considered flame holder taking into account the unsteady nature of the air flow. A comparison of the calculation results performed on stationary and non-stationary models is carried out. It is shown that the obtained concentration distributions in the two cases are qualitatively different.*

Идея использования газодинамических стабилизаторов, предназначенных для работы в составе фронтового завихрительного устройства основных камер сгорания ГТД, связана с возможностью управления рабочим процессом в камерах сгорания путём регулирования размеров зон обратных токов (ЗОТ) за стабилизатором в зависимости от режима работы камеры. Это регулирование осуществляется поперечной подачей воздушных струй в основной закрученный поток. Основными варьируемыми параметрами задачи при этом являются закрутка основного воздушного потока  $Sw = U_{\phi} / U_0$  и интенсивность вдува поперечных воздушных струй  $Vj = Ur / U_0$ , где  $U_0$  – среднерасходная скорость течения через завихритель,  $Ur$  – скорость воздушных струй в канале подачи,

$U_{\phi}$  – вращательная компонента скорости на входе в рабочий объём модели.

Целью данного расчётного исследования является нахождение распределения капельножидкого топлива в следе за рассматриваемым стабилизатором. Для нахождения искомым характеристик смесеобразования проводятся расчёты течения воздуха, процессов распространения и распада в воздушном потоке топливных струй и плёнок и смешения образующихся топливных капель с воздухом. Рассматривается истечение воздуха из завихрителя в открытое пространство, расчеты гидродинамики течения проводится по методике работы [1]. Конфигурация жидкой струи, впрыскиваемой в сносящий закрученный поток, рассчитывается в предположении, что форма поперечного сечения струи остаётся постоянной вдоль направле-

ния её распространения, что с приемлемой для практики точностью описываются упрощенной моделью [2]. Расчёт распада струи на капли также производится согласно методике работы [2]. При этом принимается, что начальное распределение капель по размерам подчиняется закону Розина-Раммлера с показателем  $n = 3$ :  $\Omega = 1 - \exp[-(D/D_m)^n]$ , а распределение капель в окружном (по углу  $\varphi$ ) и продольном (по углу  $\psi$ ) направлениях – нормальному закону. Здесь  $\Omega$  – относительная доля капель, диаметр которых меньше  $D$ ,  $D_m$  – среднемедианный диаметр капель. Начальные скорости вылета капель  $V_0$  задаются модулем скорости  $V_0$  и значениями продольного и окружного углов:  $\psi_k$  и  $\varphi_k$ . Начальные координаты вылета капель определяются из решения задачи о распаде топливной струи, впрыскиваемой в воздушный поток, углы вылета – по экспериментальным данным распыливания в открытом пространстве, начальная температура капель принята равной 300 К. Среднемедианный диаметр капель в факеле распыливания  $D_m$  рассчитывается по методике работы [2], расход топлива  $G_t$  для исследованного режима принят равным  $G_t = 2,5$  г/с. Топливо – керосин ТС-1.

На настоящем этапе ставится задача разработки методики расчёта, учитывающей нестационарный характер течения воздуха. Этот учёт производится следующим образом. Предполагается, что нестационарное движение воздушного потока связано с его неустойчивостью, приводящей при численных расчётах к полям скоростей, имеющих хаотичный характер. Считается, что подобные хаотичные поля представляют собой реальные «мгновенные» распределения скоростей. Осреднение по реализациям совокупности полученных на различных стадиях итерационного процесса «мгновенных» распределений скорости считаются представляющими осреднённое поле течения. Результаты расчёта концентраций топлива в осреднённом поле течения представляют собой стационарное распределение концентраций. Методика учёта влияния нестационарности воздушного потока на движение топливных капель состоит в следующем. Вначале, как и в стационарном случае, рассчитываются «мгновенные» поля скоростей. В каждом из этих мгновенных полей рассчитываются тра-

ектории движения капель и определяются поля концентраций, условно называемые мгновенными полями концентраций. И, наконец, на последнем этапе полученная совокупность мгновенных полей концентраций осредняется по реализациям и принимается в качестве осреднённого нестационарного поля концентраций. Отметим, что степень адекватности описанной методики расчёта полей скорости реальности установлена сравнением результатов расчётов и экспериментальных данных [3].

В данной работе расчёты по описанной методике проведены для режима течения ( $Sw = 0,6$ ;  $V_j = 0,6$ ). При этом задание начальных координат капель, их распределений по размерам и скоростей вылета получены из расчётов по приведенной методике, а углы расширения факела распыливания взяты из экспериментальных результатов.

На рис. 1 и 2 представлены распределения концентраций капельножидкого топлива, полученные в расчётах по стационарной и нестационарной моделям.

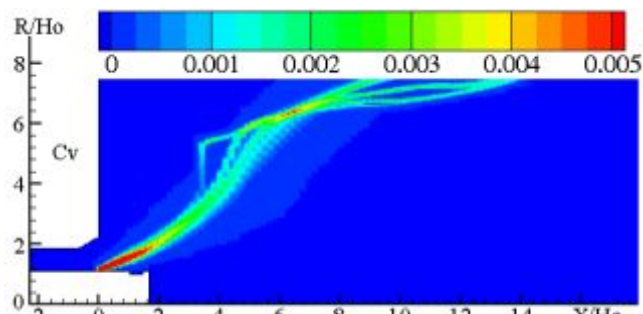


Рис. 1. Осреднённые распределения концентраций капельножидкого топлива, подаваемого с боковой поверхности стабилизатора, в его продольном сечении. Стационарная модель. Режим  $Sw = 0,6$ ,  $V_j = 0,6$

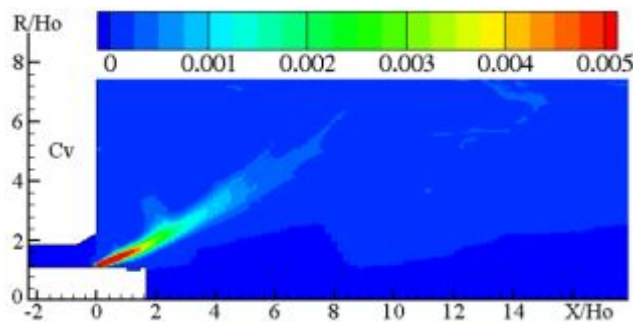


Рис. 2. Осреднённые распределения концентраций капельножидкого топлива, подаваемого с боковой поверхности стабилизатора, в его продольном сечении. Нестационарная модель. Режим  $Sw = 0,6$ ,  $V_j = 0,6$

Сравнение результатов расчётов, выполненных по стационарной и нестационарной моделям, показывает, что полученные распределения концентраций даже качественно различаются. Так, стационарные расчёты указывают на существенную сепарацию капель на внешнюю границу течения, в то же время при нестационарном подходе топливо концентрируется в центральной области. Расчёты, проведённые по нестационарной модели, показали, что основная часть капельножидкого топлива находится в пределах 40 мм радиального расстояния от оси стабилизатора и 50 мм от его торца вдоль продольной оси в обоих вариантах топливоподачи. Объёмная концентрация капель на этих расстояниях составляет приблизительно  $C_v = 3 \cdot 10^{-3}$ .

#### Библиографический список

1. Третьяков В.В. Расчёт распределения капельножидкого и парообразного топлива в

трехъярусном модуле камеры сгорания // Вестник СГАУ. Самара. 2006 г., № 2 (10), Ч. 2, с. 136-141.

2. Свириденков А.А., Третьяков В.В. Модель движения и распада пленки топлива за форсункой в воздушном потоке//Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2011». Материалы VI Международной научно-технической конференции, т.1, Казань, 12-14 окт. 2011 г., с.242-248.

3. Третьяков В.В., Свириденков А.А., Токталиев П.Д. Распыливание топлива и смесеобразование в нестационарных закрученных течениях за газодинамическим стабилизатором. Изв. Вузов. Авиационная техника. 2017. №3. С.106-112.

Работа выполнена при поддержке РФФИ.  
Проект № 17-01-00213

УДК 629.7

## **СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО С ВЕДУЩИМИ АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ РОССИИ – ЗАЛОГ ПОДГОТОВКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В УГАТУ**

©2018 С.И. Каменев, О.Ю. Гриценко

Уфимский государственный авиационный технический университет

### **STRATEGIC PARTNERSHIP WITH LEADING AEROSPACE ENTERPRISES OF RUSSIA - PLEDGE OF PREPARATION OF COMPETITIVE SPECIALISTS IN UGATU**

Kamenev S.I., Gritsenko O.Yu. (Ufa State Aviation Technical University,  
Ufa, Russian Federation)

*Improving the quality of training highly qualified specialists for aerospace enterprises in the context of implementing innovative educational programs with deepening cooperation and cooperation with the leading base enterprises of the industry.*

Всё более возрастающая конкуренция на рынке труда вынуждает образовательные учреждения искать новые резервы повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов.

Общеизвестно, что в системе высшего профессионального образования на протяжении длительного периода времени формировались и накапливались проблемы несоответствия уровня подготовки выпускников

высших технических учебных заведений требованиям современного инновационного производства.

Взятый ведущими вузами России, в том числе и УГАТУ, решительный курс на реализацию инновационных образовательных программ подразумевает самое серьезное взаимодействие и сотрудничество с ведущими базовыми предприятиями, основными потребителями продукции образовательных