

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ
ТЕПЛО – И МАССО – ОБМЕНА В ЗАКРУЧЕННЫХ ТЕЧЕНИЯХ
В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

©2016 В.В. Третьяков, А.А. Свириденков

Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, г. Москва

**UNSTADY PROCESSES SIMULATION OF HEAT AND MASS TRANSFER
IN COMBUSTION CHAMBER SWIRLING FLOWS**

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

Has been considered the simulation of unsteady air flow, fuel atomization and liquid and gas distribution in the working volume of combustion chamber. The investigation has been made for a combustion chamber model with gas-dynamic flame holder. The simulation has been executed by own program complexes. Has been held the experimental and numerical investigation of liquid jet breakdown. Comparison of droplet concentration distributions in free volume of calculation and experimental results are presented.

В данной работе рассматриваются нестационарные закрученные течения в камерах сгорания газотурбинных двигателей (ГТД). Работа носит расчётно-экспериментальный характер. В расчётах моделирование нестационарности течений производится следующим образом. При эффективных числах Рейнольдса входящего в камеру воздушного потока порядка 300 и выше, как показывают эксперименты и расчёты, рассматриваемое течение является неустойчивым. На различных этапах итерационного процесса расчётов в таком течении имеют место повторяющиеся структуры полей скорости. Случайные выборки этих структур в данной методике принимаются в качестве мгновенных полей скорости газового потока, а рассматриваемая совокупность этих мгновенных полей представляет собой модель нестационарного течения. Таким образом, задача решается в стационарной постановке путём интегрирования полной системы уравнений Рейнольдса, записанных в переменных Эйлера и замыкаемых по двухпараметрической модели турбулентности, с моделированием нестационарности описанным выше способом.

Моделирование процесса распада жидких струй в воздушном потоке состоит из определения формы струи, решения задачи о первичном распаде струи в воздушном потоке на фрагменты, вторичном распаде фрагментов на капли и дробления капель. Это моделирование проводится в рамках линейной теории устойчивости. В результате ре-

шения перечисленных задач определяются начальные координаты и скорости капель, которые в дальнейшем используются в качестве начальных данных при расчётах распределений концентраций капельножидкого и парообразного топлива. При этом начальное распределение капель по размерам, в соответствии с многочисленными экспериментальными данными, считается розенраммлеровским. Расчёты состоят в интегрировании системы обыкновенных дифференциальных уравнений движения, нагрева и испарения отдельных капель, записанных в переменных Лагранжа, в результате которых находятся распределения в рабочем объёме концентраций капельножидкого и парообразного топлива, [1]. В данной работе при решении этих задач в условиях нестационарности воздушного потока вначале проводятся расчёты распределений топлива в мгновенных полях скоростей, которые впоследствии осредняются. Считается, что полученные при этом поля концентраций представляют собой осредненные распределения соответствующих величин. О степени приближения осредненных таким образом полей концентраций к реальности можно установить лишь путём сравнения с экспериментальными данными.

Проведённое в данной работе исследование выполнено применительно к перспективным камерам сгорания ГТД с фронтальным газодинамическим стабилизатором, схема которого представлена на рис. 1.

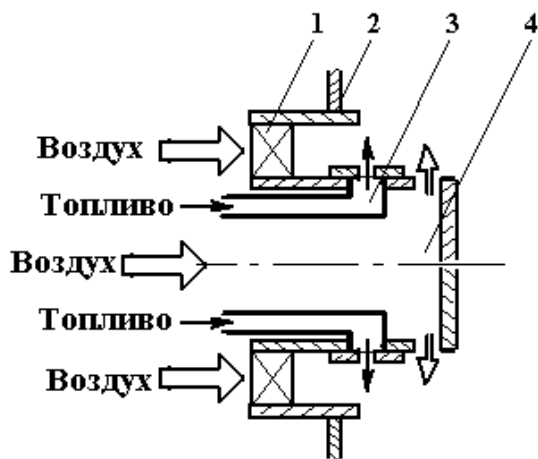


Рис.1. Схема газодинамического стабилизатора с поперечной подачей топлива

Идея использования газодинамических стабилизаторов в основных камерах сгорания связана с возможностью управления рабочим процессом в них с помощью регулирования размеров зон обратных токов за стабилизатором в зависимости от режима работы камеры. Это регулирование осуществляется поперечным вдувом воздушных струй в основной закрученный поток.

Расчёты, проведённые по описанным моделям, показали, что регулирование рабочего процесса в камерах сгорания с газодинамическим стабилизатором может быть осуществлено лишь в определенных диапазонах и сочетаниях входных параметров рассматриваемого устройства, главные из которых закрутка потока Sw и скорости вдува поперечных воздушных струй V_j . Установлено, что наиболее приемлемой величиной закрутки воздушного потока является $Sw \approx 0.6$ (30°). При такой закрутке и изменении параметра интенсивности поперечной подачи воздуха через стабилизатор V_j в диапазоне $V_j = 0.4 \div 1.2$ имеет место заметное влияние этого параметра на структуру течения в рассмотренной камере сгорания, а также на распределение концентраций капельножидкого и парообразного топлива. В работе проведено сравнение результатов расчётов для двух сочетаний величин V_j и Sw . Вариант 1: $Sw = 1.0$, $V_j = 1.0$; вариант 2: $Sw = 0.6$, $V_j = 0.6$. Эксперименты показали, что средние размеры образующихся капель в первом варианте составляют $Dm = 29$ мкм, что находится в хорошем согласовании с результатами измерений (30 - 35 мкм). Для второго варианта эксперименты показали более высо-

кие значения среднезаулеровских диаметров капель, $Dm \approx 40 - 50$ мкм. Таким образом, снижение закрутки основного воздушного потока до величин, обеспечивающих возможности регулирования рабочего процесса в камере ($Sw = 0.6$), приводит к ухудшению распыливающих свойств рассматриваемых течений. При этом распределения концентраций жидкого топлива полностью соответствуют гидродинамической структуре течения. Выполнено сравнение результатов проведённых расчётов с экспериментальными данными по профилям скоростей и концентраций капельножидкого топлива в следе за стабилизатором для обоих вариантов. Результаты сравнения распределения концентраций для второго варианта представлено на рис.2. Видно, что между результатами расчётов и данными опытов имеется согласование с приемлемой для практики точностью. Аналогичные расчеты сделаны и для парообразного топлива.

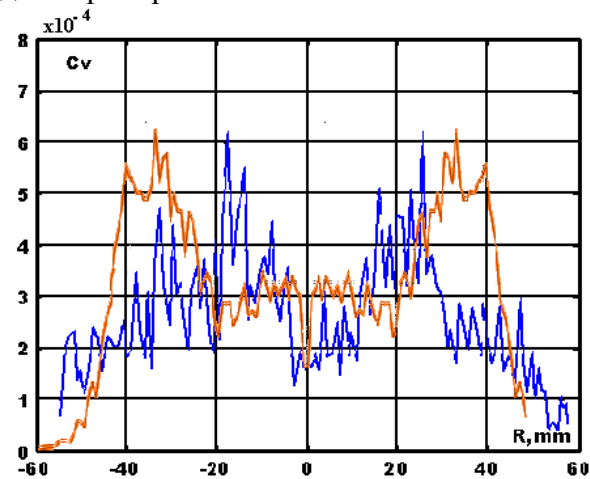


Рис.2. Распределения концентраций капель топлива в следе за стабилизатором. $X=10$ мм. $Sw=0,6$, $V_j=0,6$.

Синие кривые – эксперимент, красные – расчёт

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ Проекты № 14-01-00325.

Библиографический список

1. Третьяков В.В., Свириденков А.А. Разработка обобщенной модели теплообмена между топливными каплями и газовым потоком применительно к камерам сгорания ГТД. // Вестник СГАУ им. акад. С.П. Королёва. №3 (41), ч.1. 2013. С.248 - 254.