

СЕКЦИЯ 1.
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

УДК 621.43

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ В ЗАКРУЧЕННЫХ
ТЕЧЕНИЯХ ЗА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ СТАБИЛИЗАТОРОМ

Третьяков В.В., ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва, tretjak@ciam.ru
Свириденков А.А., ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва, sviriden@ciam.ru

Рассматривается влияние нестационарности воздушного потока на процессы смесеобразования в следе за закручивающими устройствами камер сгорания. В качестве такого устройства выбран фронтальной газодинамический стабилизатор. Данная работа является продолжением исследований [1]. Расчет характеристик смесеобразования в следе за рассматриваемым стабилизатором включает в себя использование следующих моделей: модель расчета течения воздуха, модель распада топливных струй и пленок, модель тепло- и массо- обмена между топливными каплями и воздушным потоком и модель смешения топлива с воздухом. Предварительно проведенные эксперименты показали, что при увеличении закрутки потока воздуха во входных устройствах происходит улучшение распыливающих свойств воздушных потоков: уменьшение размеров капель и повышение равномерности их распределения в поперечном сечении факела распыливания. Используемые в данной работе модели и методика расчета течений, распыливания топлива и его распределений в рабочем объеме в целом соответствуют изложенным в [1]. Согласно этой методике учет нестационарности воздушного потока осуществляется следующим образом. Расчеты распределений капельножидкого топлива производятся в мгновенных полях скоростей. Полученные распределения концентраций осредняются по реализациям и считается, что они представляют собой реальные осредненные распределения. Сравнение рассчитанных таким образом полей концентраций с экспериментальными данными показало их приемлемое согласование для нескольких характерных режимов работы газодинамического стабилизатора. Схема газодинамического стабилизатора (ГДС) и изменение по времени концентраций топлива в следе за ним представлены на *рис. 1*.

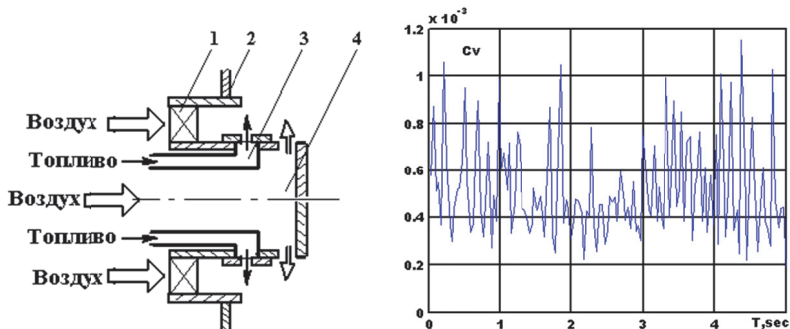


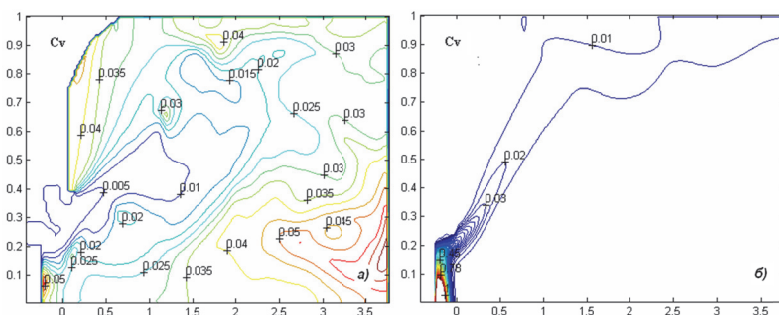
Рис. 1. Схема газодинамического стабилизатора (1 – завихритель, 2 – фронтальная плита, 3 – канал подачи топлива, 4 – канал подачи распыливающих воздушных струй) и изменение пульсаций концентраций топлива в следе за ним по времени

На рисунке C_v – объёмная концентрация капель (отношение суммарного объёма капель в ячейке к её объёму). Отметим, что синусоидальный характер изменения по времени средних значений пульсаций концентраций объясняется наличием прецессионного движения воздушного потока, являющегося одним из видов нестационарности. Эксперименты показали также, что распределение капель по радиусу факела распыливания достаточно равномерное, при этом распределения их концентраций в рабочем объёме КС во многом определяются характеристиками воздушного потока. Это же подтверждается и результатами численных расчетов.

Расчеты, проведенные в стационарной постановке, показали, что топливные капли, увлекаемые воздушным потоком, концентрируются в зоне возвратного течения вблизи места впрыска топлива (у торца форсунки) и практически отсутствуют в области стенки жаровой трубы. Вместе с тем, результаты расчетов движения капель в нестационарных полях скорости указывают на обратный эффект: капли в процессе своего движения оказываются в пристеночной области камеры. Таким образом, попадание капельножидкого топлива на стенки камеры сгорания определяется нестационарным характером рассматриваемого течения. Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными подтверждает этот вывод.

Аналогичная методика расчета использована в данной работе и для анализа распределения в рабочем объёме камеры сгорания парообразного топлива. При этом делаются следующие предположения. Течения газа вблизи капли имеет локально стационарный характер. Пренебрегается влиянием на движение капель турбулентных пульсаций скорости газового потока. Процесс прогрева капли происходит мгновенно, так что температура капли

равна температуре ее поверхности. Не учитывается турбулентная диффузия капле. Локально теплообмен между газовым потоком и каплей описывается законами стационарного испарения, а влияние на эти процессы движения капли относительно газовой среды описывается введением в выражение для числа Нуссельта специального экспериментального множителя. Зависимости коэффициентов, характеризующих газовую фазу и капли, от температуры - линейные. Пренебрегается влиянием на процесс испарения давление насыщающих топливных паров вблизи поверхности капли. При моделировании нестационарного характера движения парообразного топлива предполагается, что поля концентраций пара получаются в результате осреднения их мгновенных полей, рассчитанных для каждого из мгновенных полей скорости. Результаты проведенных расчетов сравниваются с результатами, полученными в стационарном поле. Оказалось, что при учете нестационарного характера течения поля концентраций в рабочем объеме камеры сгорания являются более равномерными, чем стационарные. Это связано с сильным экранирующим действием воздушных струй, поступающих в камеру сгорания. В частности, в область за стабилизатором парообразное топливо попадает за счет нестационарности возвратно-циркуляционного течения за стабилизатором. На *рис. 2* представлены результаты расчетов полей концентраций парообразного топлива в нестационарном и стационарном вариантах моделирования течения.



*Рис. 2. Распределения парообразного топлива в следе за ГДС
а) – расчет по нестационарной модели, б) – по стационарной*

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

Список литературы

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