

УДК 534.222

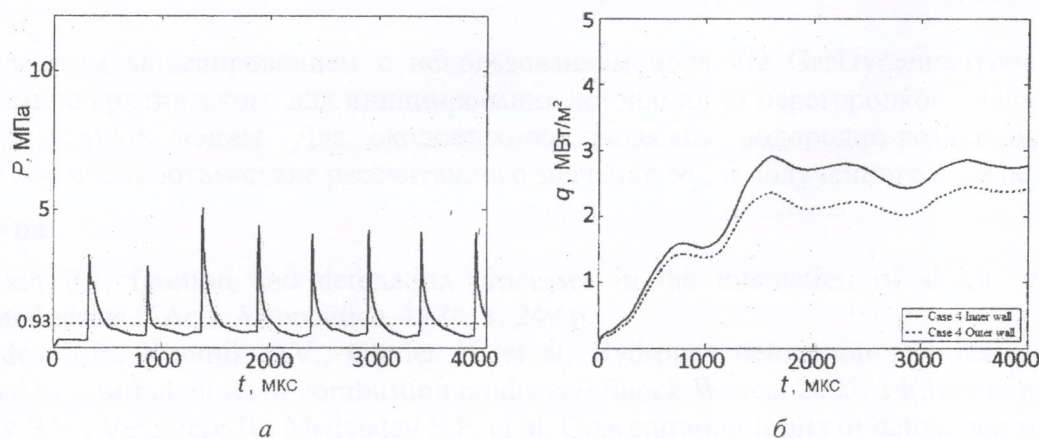
КАМЕРА СГОРАНИЯ С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ДЕТОНАЦИЕЙ: ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ В ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

С.М. Фролов, А.В. Дубровский, В.С. Иванов

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва, Россия

Цель работы – трехмерное численное моделирование рабочего процесса в камере сгорания с вращающейся детонацией (КСВД). Основное внимание уделено проблемам, возникающим при проектировании КСВД в компоновке с устройствами, изолирующими КСВД от компрессора и турбины в газотурбинном двигателе, а также проблемам теплового состояния стенок камеры. Модель основана на системе нестационарных уравнений Навье – Стокса, осредненных по Рейнольдсу, дополненных моделью турбулентности и уравнениями неразрывности и энергии для многокомпонентной реагирующей смеси газов. Для численного решения системы использован комбинированный алгоритм, основанный на методе конечных объемов и методе частиц. Возможности программы продемонстрированы на примере кольцевой КСВД с внутренней и внешней стенками диаметром 260 и 306 мм, с осевой подачей водородно-воздушной смеси через кольцевые зазоры в днище камеры (относительная площадь 0.61) и с детонационной волной (ДВ), вращающейся над днищем с частотой около 126000 оборотов в минуту. Расчетами показано, что в такой КСВД возможен установившийся рабочий процесс с одной ДВ.

Область существования детонации в КСВД ограничена снизу условием $P \geq 1.0$ МПа, где P – полное давление за компрессором. Во всех расчетных вариантах с установившимся рабочим процессом полное давление в КСВД было больше P , подтверждая, что КСВД – проточная камера сгорания с повышением давления. Особое внимание уделено параметрам течения в устройствах-изоляторах (УИ), присоединенных к КСВД со стороны компрессора (входное УИ) и турбины (выходное УИ). Рассматривались лишь простейшие УИ в виде кольцевых каналов, аналогичных кольцевому каналу КСВД. Температура продуктов детонации в выходном УИ оказалась на уровне 2500 К, т. е. недопустимо большой для элементов турбины. Чтобы снизить температуру перед турбиной, выходное УИ было оборудовано радиальными отверстиями для подмешивания вторичного воздуха в поток продуктов детонации. Такое решение позволило существенно снизить и среднюю температуру, и амплитуду пульсаций температуры перед турбиной.



Статическое давление в окрестности днища КСВД (а) и осредненный тепловой поток в стенке КСВД (б) и выходного УИ при $P = 1.0$ МПа. Штриховая линия (а) соответствует среднему статическому давлению в КСВД в установившемся режиме работы

