

сохранении неизменным состава смеси происходит интенсификация протекания химических реакций горения (ХРГ) в зоне химических реакций (ЗХР) и, как следствие, рост ионного тока. Из-за сокращения ширины ЗХР и времени протекания ХРГ при добавке водорода возможно получать скорости распространения пламени при обеднении смеси, сравнимые со скоростью распространения пламени для стехиометрической смеси, $\alpha = 1,0$. Этот результат является важным для практического применения, так как указывает на направление достижения меньшей токсичности отработавших газов (ОГ) и повышения эффективности работы двигателя при обеднении смеси за счет увеличения скорости распространения пламени.

Одна и та же добавка водорода при обеднении смеси с $\alpha = 1,0$ до 1,3 приводит к увеличению ионного тока в 2,5 раза, нормальной скорости распространения пламени в 0,852. При дальнейшем обеднении смеси без добавки водорода горение отсутствует. Сравнение приходится производить на режимах минимальной и максимальной добавок (1 и 6%). В этом случае ионный ток вырос в 3, а скорость

распространения пламени увеличилась в 2,13 раза. Таким образом экспериментально показано, что между величиной ионного тока и нормальной скоростью распространения пламени существует непосредственная связь.

Сравнение значений турбулентной скорости распространения пламени, определенной по 5-и электродному датчику и нормальной – по одноэлектродному датчику, показывает, что в непосредственной близости от стенки цилиндра сгорание ТВС протекает при крупномасштабной турбулентности.

Выполнена оценка концентрации несгоревших углеводородов (СН) по ширине ЗХР и изменению интенсивности протекания реакций горения в заключительной фазе сгорания. В области бедной смеси $\alpha > 1,2$ отмечено уменьшение ширины ЗХР и увеличение прироста ионного тока, что сопровождается снижением концентрации несгоревших СН. При обогащении смеси $\alpha < 1,2$ ширина ЗХР продолжает сокращаться, но отмечается уменьшение прироста ионного тока и концентрация несгоревших СН начинает расти.

УДК 620.178.4/6

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКОТАКТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ARAMIS» В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧАХ

Собуль А.В., Ермаков А.И., Лёжин Д.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет

APPLICATION OF CONTACTLESS MEASURING COMPLEX «ARAMIS» IN EXPERIMENTAL TASKS

Sobul A.V Ermakov A.I. Lezhin D.S. Samara State Aerospace University. Two high-speed cameras capture movement and deformation of an object which allows to compute surface stress and strain. Measurements, stress, displacement, strain, experiments

При проведении экспериментально - исследовательских работ по определению напряженно – деформированного состояния для снятия результатов эксперимента необходимо множество различных датчиков, позволяющих оценивать значения силы и перемещений в отдельных точках

исследуемого объекта при приложении нагрузки. В большинстве случаев их использование является затруднительным или вовсе невозможным в связи различными факторами: сложной геометрией исследуемого объекта, спецификой экспериментального оборудования и

спецификой проведения эксперимента. Кроме того, прикрепление датчиков к исследуемому объекту вносит порой весьма существенную погрешность в результаты эксперимента. В связи с этим с развитием экспериментальной базы наблюдается повышенный интерес к измерительным системам, основанным на бесконтактных принципах, и, соответственно, лишенным перечисленных выше недостатков. Так, в последнее время появилось несколько новых бесконтактных измерительных систем, основанных на различных физических принципах, в сегменте измерения расстояний и перемещений. Известны бесконтактные методы исследования напряженного состояния – поляризационно – оптический, методы хрупких покрытий, муаровых полос и голографические методы, однако наиболее распространенным остается метод тензометрирования. Информация снимается с тензодатчиков, которыми обклеивается исследуемый объект, в процессе нагружения. Появляются новые, более надежные датчики, клеи, совершенствуется технология приклеивания. Несмотря на это, подготовка изделия к испытаниям – достаточно трудоемкий и кропотливый процесс. Приклеенные датчики, огромное количество проводов, соответственно, частые выходы их из строя – безусловные недостатки данного способа измерения. Кроме того, по указанным выше причинам, использование тензометрирования в ряде случаев оказывается невозможным в принципе в ходе эксперимента. Однако и в данной области появляются новые методы исследования напряженного состояния и новые измерительные системы. Одной из таких является бесконтактная система измерения деформаций ARAMIS фирмы GOM (Германия). Такая система была закуплена центром вибрационной прочности авиационных изделий СГАУ в ходе инновационного проекта.

В основе работы данной системы лежит фотограмметрический принцип измерения деформаций. Он основан на анализе изменения изображения исследуемого объекта в процессе испытания.

Изображение объекта получается с помощью видеокамеры и записывается в компьютер. Для оценки изменения изображения программа обработки должна сравнить первоначальное изображение объекта с каждым последующим. Для этого объект представляется системой обработки как упорядоченная совокупность точек – пикселей изображения. Для того, чтобы получить качественный результат, поверхность объекта должна иметь стохастическую структуру. Это достигается специальной подготовкой поверхности перед экспериментом – напылением контрастной фактуры. Для определения изменений по кадрам начальное (ненагруженное) пиксельное изображение объекта разбивается на прямоугольные элементы – фасеты, грани которых при распознавании образа объекта оказываются привязанными к соответствующим точкам поверхности объекта. При обработке программа распознает образы объекта на последующих кадрах, в том числе грани фасетов, по граням фасетов строит фасетную структуру на этих кадрах и отслеживает перемещение и формоизменение фасетов, на основании чего рассчитываются перемещения и деформации.

Как видно, данный бесконтактный способ измерения деформаций является косвенным. Результаты измерений в этом случае напрямую зависят от точности измерения линейных и угловых перемещений точек, качества алгоритмов и точности расчетов. В свою очередь, точность измерений определяется разрешением при съемке и размером исследуемой области. Технические возможности измерительной системы ARAMIS позволяют распознавать перемещения точек с дискретностью менее 1 мкм. Кроме того, имеющаяся в нашем распоряжении система имеет возможность распознавать не плоские, а объемные поверхности за счет одновременной съемки двумя камерами, расположенными под определенным углом друг относительно друга. При последующей совместной обработке двух изображений на их основе составляется объемный образ исследуемой поверхности объекта, и соответственно, перемещения и деформации рассчитываются

не в плоскости, а в пространстве. В силу специфики данного метода речь идет исключительно о поверхностных деформациях, что может быть вполне справедливо при исследовании тонкостенных оболочек, а также изделий, у которых деформации в направлении съемки постоянны по величине. Точность пересчета результатов измерений в перемещения и деформации декларируется производителем – фирмой GOM. В настоящее время авторы проводят тестовые эксперименты для подтверждения указанных характеристик, а также для выявления факторов, влияющих на качество и точность расчетов.

Область применения измерительной системы ARAMIS расширяется за счет использования в его составе высокоскоростных камер. Это дает возможность исследовать не только статическое нагружение, но и исследовать динамику процесса. Так, были проведены эксперименты по исследованию форм колебаний объектов. Результаты, полученные в ходе экспериментов согласуются с результатами расчетов, однако для использования экспериментальных результатов в качестве эталонных при верификации результатов расчета необходимо приобретение опыта проведения и обработки эксперимента.

УДК 621.91.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СБОРКУ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ РОТОРА ГТД

Собуль А.В., Болотов М.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет

RESEARCH OF INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS ON ASSEMBLY AND OPERATION PARAMETERS OF A GAS TURBINE ENGINE ROTOR

Sobul A.V., Bolotov M.A. Accuracy of geometric parameters of gas-turbine engine rotor elements is vital due to the fact that increased rotor misbalance can lead to unwanted deformations and vibration.

Целью исследований является оценка влияния точности изготовления и контроля радиально-углового расположения центровочных элементов в роторе ГТД на уровень вибраций и другие эксплуатационные характеристики ротора ГТД. В работе рассматривалось соединение диска и вала турбины ВД двигателя НК-12СТ. Взаимное положение данных деталей определяется 3 призонными болтами (рис 2). В соответствии с этим на точность центрирования будет оказывать влияние фактическая точность выдерживания радиально – угловых параметров расположения отверстий под втулки 3 и призонные болты 2. Погрешности

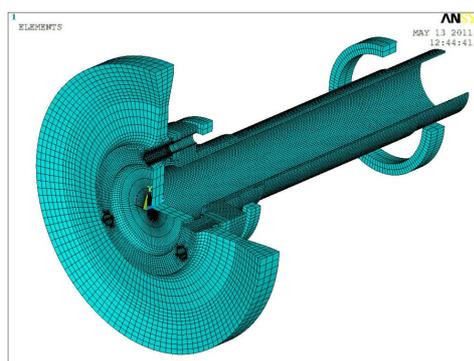


Рис.1. Конечно элементная модель ротора

выдерживания данных параметров вызывают смещение осей вала относительно диска, что в свою очередь является причиной смещения центра масс относительно общей оси и появления вибраций.