

УДК 678.016

Испытательный стенд для экспресс-оценки пригодности материала и конструктивного исполнения проставки сопла к условиям работы авиационного газотурбинного двигателя

Быков Алексей Антонович

bykov.alexey.9@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Определена необходимость проведения изолированных стендовых испытаний узлов и деталей авиационных газотурбинных двигателей, в частности проставки сопла. Рассмотрены ранее разработанные варианты испытаний пластин на воздействие механических и термических нагрузок [1–3]. Предложена концепция и эскиз конструкции стенда для экспресс-оценки конструктивного исполнения проставки сопла путем моделирования одновременного воздействия термической и изгибающей нагрузки.

Ключевые слова: проставка сопла, авиационный газотурбинный двигатель, изолированные стендовые испытания, экспресс-оценка, термические нагрузки, механические нагрузки

Введение. Одними из наиболее термически и механически нагруженных элементов двигателя ЛА являются проставки сопла [5–8]. Каждое конструктивное исполнение проставок и створок требует проверки на стендовых испытаниях, проведение которых в составе двигателя влечет значительные затраты. Для их сокращения, а также уменьшения количества полномасштабных тестов представляется перспективным использование дополнительного стенда для проведения изолированных испытаний и экспресс-оценки пригодности того или иного конструктивного исполнения проставки, входящей в состав сопла. Данный стенд позволит сразу отклонить не удовлетворяющие заданным требованиям варианты конструктивного исполнения.

Объектом исследования является проставка сопла авиационного газотурбинного двигателя, представляющая собой продолговатую пластину, выполненную из термостойких металлов или композиционных материалов чаще на основе керамической матрицы, имеющую одно или несколько продольных и поперечных ребер жесткости, на которые устанавливаются узлы крепления.

Для вывода проставки на рабочие температурные режимы предлагается использовать промышленные инфракрасные нагреватели [9], для создания механических (изгибающих) нагрузок предполагается использовать тягу с приводом [10].

Методы и материалы; результаты. При выполнении работы был проведен анализ внешних воздействующих на объект факторов [5–8] и концепции ранее разработанных конструкций [1–3].

На основе проведенного анализа была разработана концепция и детализированная модель стенда для экспресс-оценки исследуемого объекта. Стенд представляет собой сборную конструкцию, основными частями которой яв-

ляются каркас, термокамера и устанавливаемые покупные комплектующие изделия. Для осуществления механического нагружения используется прямоходный электропривод. Изгиб осуществляется по трехточечной схеме с опиранием на опоры круглого сечения. Равномерное нагружение на протяжении всей длины образца обеспечивается посредством траверсы, распределяющей принимаемую через шток нагрузку от электропривода по длине. Для регулировки стенда под разные величины ширины образцов опор крепятся к кареткам на рельсах посредством кронштейнов. Для осуществления термического нагружения образец размещается в термокамере, стенки которой образованы высокотемпературными волокнистыми теплоизоляционными плитами. В качестве нагревателей используются трубчатые кварцевые галогеновые лампы. Измерение температуры образца осуществляется оптоволоконными оптическими пирометрами, приемники которых вмонтированы в панель термокамеры. Охлаждение опор и штока осуществляется водяным контуром, образованным металлорукавами и гидравлическим насосом.

Заключение. В целях оценки пригодности концепции разработанного стенда в специализированном программном комплексе проведены соответствующие расчеты: тепловой расчет нагрева термокамеры; тепловой расчет нагрева проставки, опор, захватов, траверсы и штока; механический расчет изгиба проставки и опор. По итогам проведенных расчетов можно сделать вывод о приемлемости предложенной концепции стенда. При этом, в дальнейшем необходимо собрать и провести отработку стенда для получения реальной картины нагрева и механического нагружения образца и определения необходимых доработок конструкции.

Список источников

- [1] Блазнов А.Н., Атясова Е.В., Зимин Д.Е., Самойленко В.В., Фирсов В.В., Журковский М.Е. *Способ и устройство для определения теплостойкости полимерных композиционных материалов*. Патент № 2651617 С1 РФ, 2018, бюл. № 12.
- [2] Рудольф А.Я., Поздеев С.П., Савин В.Ф., Блазнов А.Н., Атясова Е.В. *Способ определения термомеханических характеристик полимерных композиционных материалов*. Патент № 2564520 С1 РФ, 2015, бюл. № 28.
- [3] Рудольф А.Я., Поздеев С.П., Савин В.Ф., Блазнов А.Н., Атясова Е.В. *Установка для определения термомеханических характеристик полимерных композиционных материалов*. Патент № 148830, 2014, бюл. № 35.
- [4] Zhang J., Akiyoshi O., Ye Fang *Machine of testing the ceramic's bending strength properties at high temperature and ultra-low speed*. Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11465-010-0094-x>
- [5] Виноградов А.С. *Конструкция ТРДДФ РД-33*. Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева, 2013.
- [6] Hocko M., Vencel M., Divok M., Hustak M. *General Electric F110-GE-129 turbofan engine*. Technical University of Kosice, 2023. <https://doi.org/10.35116/aa.2023.0015>
- [7] Фалалеев С.В. *Конструкция ТРДДФ АЛ-31Ф*. Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева, 2013.

-
- [8] Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. *Газотурбинные двигатели*. Пермь, ОАО «Авиадвигатель», 2006.
 - [9] Товстоног В.А., Томак В.И., Цветков С.В., Чирин К.В. Экспериментальный комплекс для теплопрочностных испытаний материалов и элементов конструкций при высокоинтенсивном нагреве. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2009, № 1, с. 67–76.
 - [10] *Механизм электрический прямоходный МЭП14-ИВТ4-20, МЭП14-20. Руководство по эксплуатации СНЦИ.421323.002 РЭ*. Чебоксары, АО «Специальное конструкторское бюро систем промышленной автоматики», 2018, 25 с.