

# БАНК ДАННЫХ ДЛЯ ПД-14

Людмила Борисовна Полатида,

заместитель начальника отделения прочности ОАО "Авиадвигатель"

*Обсуждаются вопросы создания Банка данных характеристик конструкционной прочности материалов для двигателя ПД-14: требования нормативной сертификационной документации в части квалификации материалов; испытательное оборудование; виды испытаний; необходимые объемы испытаний на разных этапах жизненного цикла двигателя; качество изготовления образцов.*

*The issues of developing the data bank of PD-14 engine materials structural strength are discussed, in particular: regulatory certification documentation requirements in terms of materials qualification; test equipment; types of testing; required scope of tests at various phases of the engine life cycle; quality of samples manufacture.*

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, механические характеристики материала, многоцикловая усталость, образцы, испытания материалов.

**Keywords:** gas turbine engine, material mechanical properties, blades, high cycle fatigue, samples, material testing.

Двигатель ПД-14, разработка которого в настоящее время активно ведется ОАО "Авиадвигатель" в кооперации с другими предприятиями "УК ОДК", должен пройти сертификацию в AP МАК в соответствии с российскими Авиационными Правилами АП 33 и затем валидацию в EASA в соответствии с европейской нормативной документацией CS-E.

Российские АП-33 гармонизированы с европейским (и американским) нормативным базисом. Одним из существенных отличий гармонизированных Правил сертификации является требование так называемой специальной квалификации материалов авиационного двигателя [1]. Основой указанной квалификации являются испытания образцов, вырезанных из заготовок деталей двигателя, полученных по серийной технологии на предприятии-поставщике заготовок для серийного двигателя. Специальной квалификации подлежат материалы, применяемые для изготовления основных и особо ответственных деталей двигателя.

В ходе специальной квалификации проводятся следующие испытания образцов [2 - 4]:

- на растяжение (с определением кривой деформирования и характеристик кратковременной прочности);
- на длительную прочность и ползучесть;
- на малоцикловую усталость (с определением кривых МЦУ);
- на многоцикловую усталость (с определением кривых МнЦУ, эта характеристика особенно важна для материалов лопаток газотурбинного двигателя);
- на скорость роста трещин усталости.

Результатом специальной квалификации является создание Банка данных характеристик конструкционной прочности материалов (далее, Банка данных). Следует отметить, что полный объем прочностных характеристик материала может быть получен по результатам испытаний большого количества образцов, достаточного для получения статистически обоснованных значений характеристик конструкционной прочности материала. А именно,

для материала дисков "горячей" части двигателя: последних ступеней компрессора и турбины высокого давления, - порядка 1800 образцов; для монокристаллического сплава, применяемого для изготовления рабочих лопаток ТВД - более 2500 образцов. Если учесть, что для двигателя ПД-14 специальной квалификации подлежит 21 материал, применяемый для изготовления 32 типоразмеров заготовок основных и особо ответственных деталей, то становится очевидным, что создание Банка данных - процесс весьма длительный, дорогой и трудоемкий.

Вопросам организации работ по созданию Банка данных было посвящено научно-техническое совещание в ОАО "Авиадвигатель" с участием ФГУП ГНЦ РФ "ЦИАМ им. П.И Баранова", ФГУП ГНЦ РФ "ВИАМ", ОАО "УК "ОДК", ОАО "ВИЛС", ОАО "НПО "Сатурн". Было отмечено, что наличие Банка данных в полном объеме является одним из обязательных условий применения наиболее перспективной III стратегии управления ресурсом для установления и увеличения назначенных ресурсов основных деталей (ОД) двигателя.

Учитывая сжатые сроки разработки и сертификации двигателя ПД-14 и продолжительность создания Банка данных, принято следующее решение по методологии обоснования ресурсов ОД:

- на этапе сертификации двигателя применять II стратегию управления ресурсом, в основе которой лежат эквивалентно-циклические испытания ОД на установках и разгонных стендах;

- на этапе развитой эксплуатации, по мере наполнения Банка данных необходимым объемом свойств материалов и повышения уровня достоверности расчетов, с помощью которых определяется величина подтвержденного назначенного ресурса по III стратегии, перейти к применению III стратегии управления ресурсом.

Это решение позволило разделить весь необходимый объем исследований в рамках специальной квалификации материалов двигателя ПД-14 также на два этапа, связанные с этапами жизненного цикла двигателя. На первом этапе специальной квалификации (для обеспечения сертификации двигателя ПД-14 в конце 2015 г.) необходимо провести испытания около 18 000 образцов; на втором этапе (для обеспечения перехода к III стратегии управления ресурсом к началу развитой эксплуатации двигателя) испытать еще около 27 000



Испытательная лаборатория прочности материалов и деталей авиационных двигателей



Установка для испытаний образцов на термомеханическую усталость



Подготовка образца к испытаниям на многоцикловую усталость

образцов. Такой объем испытаний возможно реализовать в обозначенные сроки только при условии круглосуточной загрузки испытательного оборудования.

Немаловажным в создании Банка данных является обеспечение стабильно высокого качества изготовления образцов, что во многом определяет результативность квалификационных испытаний и необходимо для получения минимального разброса определяемых характеристик конструкционной прочности материалов. С этой целью в "Авиадвигателе" готовится к вводу в строй уникальный роботизированный комплекс, который помимо высокого качества образцов, будет обеспечивать изготовление

600-900 образцов в месяц. Именно такое количество требуется для создания Банка данных в намеченные сроки.

Несколько слов об оборудовании, применяемом для испытаний образцов в рамках специальной квалификации материалов. Необходимую высокую точность измерений, надежность и долговечность работы оборудования могут обеспечить только машины зарубежных специализированных фирм-поставщиков, такие как Instron, W+B, Zwick, Rumul, ATS. Это весьма дорогостоящее оборудование. Тем не менее, учитывая принципиальную стратегическую важность создания Банка данных, в ОАО "Авиадвигатель" создана испытательная лаборатория, которая оснащена девятью машинами вышеупомянутого класса. В текущем и последующих годах запланировано приобретение для этой лаборатории еще 15 единиц оборудования.

Так же существенную модернизацию претерпела испытательная лаборатория ФГУП "ЦИАМ". Идет обновление оборудования лаборатории Испытательного Центра ФГУП "ВИАМ". Именно в аккредитованных лабораториях "Авиадвигателя", ЦИАМа и ВИАМа (аккредитация лабораторий является обязательным сертификационным условием) в настоящее время полным ходом идут испытания образцов материалов двигателя ПД-14 в рамках первого этапа специальной квалификации. Настрой во всех организациях один: выполнить намеченный объем исследований характеристик материалов двигателя ПД-14, обеспечив в этой части его успешную сертификацию и защитив тем самым право создавать российские авиационные двигатели из российских авиационных материалов. **□**

#### Литература

1. Авиационные правила. Часть 33. "Нормы летной годности двигателей воздушных судов". Межгосударственный авиационный комитет, отв. редактор Кузнецов А.Н. ОАО "Авиаиздат", 2004, с. 44.

2. Norman E. Dowling. "Mechanical Behavior of Materials. Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue", Third Edition. Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2007, 912 pp.

3. T.P. Gabb, J. Telesman, P.T. Kantzos, K. O' Connor. "Characterization of the Temperature Capabilities of Advanced Disk Alloy ME3". NASA/TM--2002-211796, NASA, August 2002, 57 pp.

4. J. Gayda, T. Gabb, P. Kantzos "Mechanical Properties of a Superalloy Disk With a Dual Grain Structure", NASA/TM 2003-212181, March 2003, 20 pp.

Связь с автором: [polatidi@avid.ru](mailto:polatidi@avid.ru)

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор №02.G25.31.0016) в рамках реализации Постановления Правительства РФ №218 "О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства".



# ОАО «АВИАДВИГАТЕЛЬ»



## ХОРОШИЙ САМОЛЕТ НАЧИНАЕТСЯ С ХОРОШЕГО ДВИГАТЕЛЯ

[www.avid.ru](http://www.avid.ru)

