

# ИСПЫТАНИЯ РОТОРОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ПОЛЕТА



**Вычеслав Георгиевич ЛАТЫШЕВ**  
Начальник бригады тепловых и гидравлических расчетов ОАО «Авиадвигатель», кандидат технических наук

► Вячеслав ЛАТЫШЕВ

Методика подтверждения и обоснования ресурса основных деталей по результатам испытаний на установках раскрутки дисков является уникальной. Успешный опыт исследования отдельных деталей турбины (диск, колесо) на разгонном стенде позволил прийти к решению проводить подобные испытания целиком для всего ротора и одновременно обеспечивать высокое соответствие испытательного и полетного циклов для всех деталей ротора турбины высокого давления (ТВД).

Установка УИР-4 включает в себя самостоятельный испытываемый модуль, систему трубопроводов подвода и перепуска воздуха, видеосистему контроля, автоматизированную систему измерения, управления и обработки параметров АС «Парус М4».

Системы стенда выполняют обработку и построение графических зависимостей в темпе испытания по математическим алгоритмам в заданном интервале времени. Система измерения сертифицирована и занесена в Государственный реестр средств измерения. Постоянный контроль состояния масляной, воздушной, электрической, вибрационной подсистем стенда, с выводом информации на экраны мониторов обеспечивают надежную, безаварийную работу установки.

Самостоятельный модуль установки УИР-4 со своими опорами позволяет испытывать всю конструкцию ротора исследуемой турбины в соот-

ветствии с типовым полетным циклом. Проведение эквивалентно-циклических испытаний (ЭЦИ) полноразмерного двигателя связано с большими затратами (стоимость топлива), длительностью (переборки двигателя), а также невозможностью в полном объеме воспроизвести реальные условия нагружения деталей турбины в полетном цикле. Для подтверждения циклического ресурса деталей роторов турбин и раннего выявления дефектов в ОАО «Авиадвигатель» спроектирована установка УИР-4, позволяющая в короткие сроки с относительно небольшими затратами воспроизводить размахи напряжений в критических зонах всех деталей полноразмерного ротора, близкие к условиям реального полетного цикла.

Аэродинамический нагрев в рабочей камере обеспечивается вращением облопаченных дисков с использованием турбулизаторов. Тепловой градиент по радиусу деталей ротора обеспечивается системой трубопроводов с заслонками перепуска воздуха.

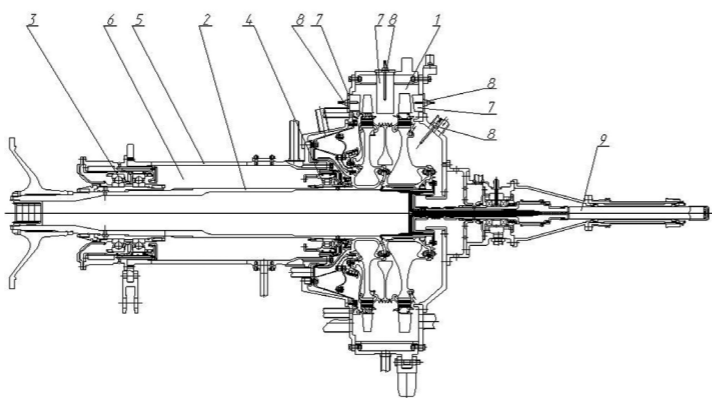
Термопары в роторных полостях рабочей камеры и в корпусе контролируют в процессе испытания температурное состояние испытываемого модуля. При настройке температурного поля во время испытаний применяется токосъемник, позволяющий снимать показания термопар, установленных на деталях ротора. Показания термопар и положения кранов с заслонками выводятся на экран компьютера.

Наличие систем контроля параметров и автоматического управления повышает надежность испытания путем своевременного выявления отклонений параметров от нормы

стояние испытываемого модуля. При настройке температурного поля во время испытаний применяется токосъемник, позволяющий снимать показания термопар, установленных на деталях ротора. Показания термопар и положения кранов с заслонками выводятся на экран компьютера.

Наличие систем контроля параметров и автоматического управления повышает надежность испытания путем своевременного выявления отклонений параметров от нормы

## КОНСТРУКЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ установки УИР-4



Цифрами на схеме указано:

1. Рабочая камера.
2. Ротор ТВД двигателя ПС-90А2.
3. Передняя опора.
4. Задняя опора.
5. Кожух.
6. Масляная полость.
7. Турбулизаторы.
8. Термопары.
9. Токосъемник.

и подачи сигналов на управляющие краны. Основные элементы испытательного модуля УИР-4 применительно к ротору турбины высокого давления авиационного двигателя ПС-90А2 приведены на схеме.

В процессе циклического изменения частоты вращения ротора (от 200 до 13000 об./мин.) температурное поле ротора настраивается по показаниям термопар и поддерживается в процессе циклирования, что предоставляет возможность получить необходимый размах напряжений в деталях ротора и приемлемые коэффициенты соответствия испытательного и полетного циклов.

Созданная специалистами ОАО «Авиадвигатель» установка УИР-4 обеспечила проведение на базе пермского КБ циклических испытаний двух комплектов роторов параллельно с основными сертификационными испытаниями двигателя ПС-90А2. Кроме того,

**В ПЕРМИ СОЗДАНА УСТАНОВКА, ПОЗВОЛЯЮЩАЯ В КОРОТКИЙ СРОК С НАИМЕНЬШИМИ ЗАТРАТАМИ ПРОВОДИТЬ БЛИЗКИЕ К УСЛОВИЯМ РЕАЛЬНОГО ПОЛЕТНОГО ЦИКЛА ЦИКЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ВСЕХ ДЕТАЛЕЙ ПОЛНОРАЗМЕРНОГО РОТОРА ТВД.**

на основе полученных результатов проведена оптимизация конструкции некоторых деталей ротора турбины высокого давления и предотвращено появление некоторых возможных дефектов.

Суммарная наработка ротора турбины высокого давления на установке УИР-4 составила более 25 000 циклов. На момент получения сертификата почти для всех деталей турбины ПС-90А2 подтвер-

жден ресурс 5 000 циклов, что позволяет начать летную эксплуатацию с этим двигателем.

Итоги проведенных испытаний – наглядное свидетельство стабильности работы УИР-4, обеспечившей проведение циклических испытаний роторов в полном объеме: все системы функционируют нормально, температурное поле ротора ТВД близко к проектному. По ступицам дисков отклонение температуры от заданной на максимальном режиме цикла составило 7...25 °С, по ободам дисков – 0...16 °С.

Необходимо отметить, что сегодня разработанной технологией обоснования и подтверждения ресурса двигателей на установках не владеет ни одно из авиапредприятий России, а также стран ближнего зарубежья. В ближайшей перспективе для семейства двигателей ПД-14 будет создан новый модуль УИР-4, на котором будут проводиться циклические, ресурсные испытания роторов турбин с частотой вращения до 16000 об./мин. и выше. Это еще один шаг по пути совершенствования и развития уникальной технологии. ■

## ЗАМЕРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА в рабочей камере на максимальном режиме цикла

