

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

*Выполнен анализ нагруженности тормозных устройств воздушных судов, предложена комплексная методика проведения исследований тяжело нагруженных тормозных устройств, приведены результаты исследований по влиянию различных эксплуатационных факторов на техническое состояние их фрикционных узлов.*

Одним из определяющих условий научно-технического прогресса как транспортных, так и других машин является значительное увеличение нагрузки на их тормозные устройства, без применения которых невозможна надежная работа этих машин.

Эксплуатационные характеристики и свойства тормозных устройств (величина тормозного момента, долговечность) определяются преимущественно работоспособностью их фрикционных узлов. В связи с быстрым ростом мощностей, скоростей и нагрузок различного рода механизмов требования к фрикционным материалам непрерывно повышаются [1].

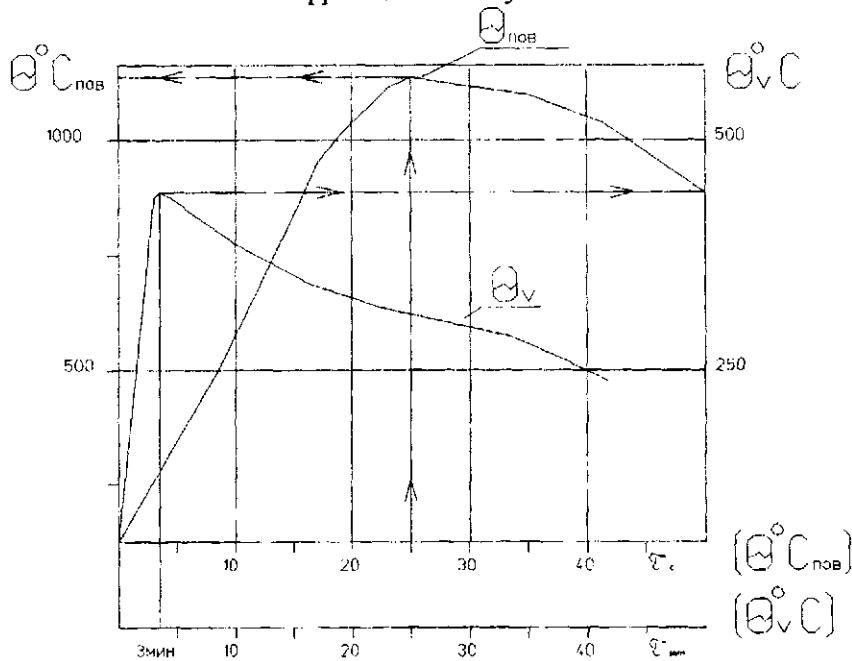
Постоянное увеличение посадочной скорости и массы самолетов, характерное для современного развития авиации, приводит к резкому возрастанию кинетической энергии самолета на посадке, которая поглощается различными средствами торможения (колесные тормозные устройства, реверс тяги двигателей, аэродинамические устройства). Как видно из таблицы, колесные тормозные устройства поглощают большую часть кинетической энергии при посадке самолета [2].

Распределение кинетической энергии, развиваемой самолетами на посадке, между различными средствами сокращения пробега

Самолет	Поглощение энергии, %		
	Тормозные колеса	Аэродинамические устройства	Реверс тяги двигателей
Ил-62М	74	13	13
Ту-154М	63	14	23
Ил-86	58	19	23
Ан-22	52	21	27
Ил-76	54	20	26
Боинг-747	56	20	24
Каравелла-12	55	30	15

Опыт эксплуатации воздушных судов и результаты исследований по тормозным устройствам и фрикционным материалам показывают, что ресурс тормозных устройств ограничивается долговечностью их фрикционных дисков, которые работают в условиях высоких температур (см. рисунок), поэтому проблема повышения долговечности тормозных

устройств, применяющихся на современных воздушных судах, должна решаться, прежде всего, путем повышения износостойкости их фрикционных узлов.



Изменение поверхностной  $\theta_{\text{пов}}$  и объемной  $\theta_v$  температуры в тормозном устройстве по времени  $\tau$

Под влиянием высокой температуры (1000 – 1100°C) на поверхностях трения дисков развиваются различные физические, химические и физико-химические процессы. Эти процессы и неодинаковый коэффициент линейного расширения фрикционных накладок и стальных дисков вызывают их коробление, усадку и появление трещин, что приводит к ухудшению контакта рабочих поверхностей при торможении, интенсификации неравномерности износа секторов дисков как по радиусу дисков, так и по оси тормоза.

При этом характер износа пар трения зависит не только от материалов сопряжения, но и от условий их работы и других факторов. В то же время на условия работы большое влияние оказывают конструктивные и кинематические особенности данной пары. При построении модели процессов взаимного контактирования и выработки сопряжений необходимо знать:

- пределы действия различных закономерностей изнашивания;
- зависимость скорости изнашивания материалов от удельного давления, температуры и скорости относительного скольжения;
- влияние конструктивных факторов на изменение условий работы поверхности трения и др.

Особые условия эксплуатационной нагруженности фрикционных узлов тормозных устройств многих машин при противоречивости требований, предъявляемых к их характеристикам, вызывают необходимость проведения научных исследований.

Решение проблемы повышения долговечности тяжело нагруженных авиационных тормозных устройств возможно только на основе комплексного подхода, который включает в себя изучение фактического состояния фрикционных узлов тормозных устройств после их эксплуатации, выявление кинетики развития процессов (физико-химических) в широком диапазоне изменения отдельных эксплуатационных факторов, исследование фрикционной теплостойкости материалов и реализацию путей локализации нежелательных явлений, протекающих в этих материалах в процессе эксплуатации тормозного устройства [3].

Комплексная методика проведения исследования предусматривает на всех стадиях ее осуществления широкое применение металлографического, рентгеноструктурного, химического, спектрального и других видов анализов рабочих слоев материалов, что дает возможность изучить природу протекающих в материалах явлений и причину отказов и неисправностей.

При проведении исследований нами была выдвинута гипотеза о том, что изменение эксплуатационных характеристик тормоза тесно связано с интенсивностью физико-химических процессов (трибофизика и трибохимия поверхностных слоев), протекающих в фрикционных узлах. Исследованию подвергались исходные серийные материалы пар трения фрикционных узлов тормоза после их нагрева (без трения), после испытания образцов в условиях стационарного нагружения при трении, в условиях "теплого удара", после работы тормозов на испытательных стендах и после их работы в эксплуатационных условиях.

Комплексная методика предусматривает также изучение процессов окисления как фрикционных материалов, так и их составляющих. Изучение высокотемпературного окисления фрикционных материалов проводилось в термомассомеретрической установке типа ТМВ-50-5, применяемой также для исследования других типов материалов, и одновременно в высокотемпературной камере КРВ-1200 установки УРС-50М. Метод высокотемпературной рентгенодифрактометрии дополняет массометрический метод. Он позволяет проводить качественный и количественный анализ фаз на поверхности материала непосредственно в процессе высокотемпературного исследования.

Для воспроизведения всего разнообразия эксплуатационных факторов, воздействующих на материалы высоконагруженных тормозных устройств, была создана установка МИФМ-65, в которой сохранены параметры головок и образцов машин трения типа И-47 с расширением диапазона скоростей скольжения (от 0,1 до 25,0 м/с) и нагрузок (от 0,5 до 150 кг/см<sup>2</sup>). Установка оснащена герметической камерой и двумя системами, позволяющими проводить испытания в различных газовых и жидких средах с изучением влияния расхода и различных составов среды [4].

В настоящее время проводятся исследования по изучению воздействия различных факторов на процессы, оказывающие влияние на работу фрикционных узлов. Особый интерес представляют исследования влияния внешней среды на работу фрикционных узлов высоконагруженных тормозных устройств.

Исследования по влиянию газовых сред показали, что даже незначительная подача газовой среды изменяет механизм их изнашивания. При этом для каждой пары трения существует определенная среда, наиболее эффективно повышающая ее износостойкость.

Аналогичные явления в поверхностных слоях фрикционных материалов происходят при подаче жидких сред, в состав которых входят различные ингибиторы, тормозящие процесс окисления. Применение специальных охлаждающих составов при подаче их в зону трения

фрикционных узлов высоконагруженных тормозных устройств позволяет достигнуть снижения износа и повышения фрикционных характеристик за счет не только снижения температуры, но и изменения характера протекания физико-химических процессов в фрикционных материалах.

Одними из перспективных материалов для изготовления тормозных дисков являются композиционные материалы, получаемые на основе графита.

Основными достоинствами композиционных материалов являются их нетоксичность и способность сохранять свои механические свойства при высоких температурах (стабильный коэффициент трения, повышенная износостойкость фрикционных дисков).

### Список литературы

1. *Зверев И.И., Коконин С.С.* Проектирование авиационных колес и тормозных систем. – М.: Машиностроение, 1973. – 224 с.
2. *Германчук Ф.К.* Долговечность и эффективность тормозных устройств. – М.: Машиностроение, 1973. – 176 с.
3. *Комплексная методика исследования работоспособности материалов фрикционных узлов тяжело нагруженных тормозных устройств / Ф.К. Германчук, В.Ф. Скрипка, В.Г. Докучаев и др.* // Тез. док. всесоюз. науч.-техн. конф. “Стандартизация и унификация средств и методов испытаний на трение и износостойкость”. 15-18 ноября 1975 г. – М.: 1975. – С.81-86.
4. *Германчук Ф.К., Докучаев В.Г.* Установка для исследования материалов фрикционных узлов в различных средах: Информационный листок. – К.: КИИГА. – 1974. – 4 с.

Стаття надійшла до редакції 27 вересня 1999 року.