

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ» НАЦИОНАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОДК-АВИАДВИГАТЕЛЬ»

НОМИНАЦИЯ

«За создание новой технологии»

Название работы: «Разработка методики ультразвукового контроля внутренних поверхностей полый рабочей лопатки вентилятора и оценка возможности применения вихретокового контроля кромки пера лопатки»

Рабочие лопатки вентилятора (РЛВ) двигателя ПД-14 изготавливаются из титанового сплава ВТ6 и имеют полую широкохордную конструкцию. В процессе изготовления используются технологические процессы диффузионной сварки и сверхпластичного формования. Для обеспечения качества изготовления и исключения случаев разрушения РЛВ в эксплуатации, на разных стадиях их изготовления, а также при техническом обслуживании двигателя, предусмотрены операции неразрушающего контроля.

Однако в связи несколькими случаями разрушения полых титановых РЛВ на двигателях компаний Pratt & Whitney и Rolls-Royce, по инициативе разработчика двигателя, АО «ОДК-Авиадвигатель», была дополнительно сформирована программа мероприятий по обеспечению качества изготовления и эксплуатационной надёжности РЛВ.

Среди задач этой программы были:

- Разработка рекомендаций по уточнению требований и объема неразрушающего контроля.
- Оценка возможности применения вихретокового контроля кромки пера лопатки.
- Разработка методики ультразвукового контроля внутренних поверхностей полый рабочей лопатки вентилятора в эксплуатации, обеспечивающей выявление усталостных трещин глубиной 0,1 и длиной 1,5 мм.

Для решения этого комплекса задач коллективом специалистов лаборатории неразрушающего контроля НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ был проведен анализ конструкторской документации, методик и результатов неразрушающего контроля РЛ вентилятора при изготовлении, эксплуатации и ремонте двигателя,

полученных от АО «ОДК-Авиадвигатель». В результате проработки указанных документов разработаны рекомендации по уточнению требований и объема ультразвукового и капиллярного неразрушающего контроля РЛВ, а также контроля методом рентгеновской компьютерной томографии.

Для оценки возможности применения вихретокового контроля кромки пера лопатки был изготовлен образец с имитаторами дефектов в виде пропилов глубиной 0,5 мм и 1,2 мм на кромке лопатки. Опробовано применение вихретокового метода для контроля кромки пера лопатки на наличие трещин. В результате проведенного анализа результатов экспериментального опробования и данных, полученных с помощью математического моделирования, дана оценка порога чувствительности вихретокового метода контроля – 30 мкм (по протяженности дефекта от кромки лопатки). Реальная чувствительность и вероятность обнаружения дефектов вихретоковым методом зависят от конкретной системы контроля и выбранных режимов. При этом показано, что универсальный вихретоковый дефектоскоп Вектор 60Д с преобразователем ПВР-1 без применения оснастки при ручном сканировании обеспечивает уверенное выявление дефектов протяженностью более 150 мкм. Сформулированы требования к оборудованию для проведения вихретокового контроля кромки РЛВ.

Важность изыскания надёжного неразрушающего метода выявления усталостных трещин, развивающихся на внутренней, недоступной для осмотра поверхности РЛВ, обусловлена подтверждённой возможностью разрушения полых лопаток из-за роста именно таких трещин. Поэтому наиболее значимым результатом проведённой работы стала методика ультразвукового контроля внутренних поверхностей полых рабочей лопатки вентилятора в эксплуатации, разработанная специалистами НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ в 2022 году в кратчайшие сроки. Следует отметить, что выявление дефектов такого малого размера (0,1 мм) на недоступной для ввода ультразвуковых колебаний криволинейной поверхности является беспрецедентно сложной задачей. В ходе разработки, в частности, потребовалось отработать способ получения в настроечных образцах искусственных дефектов - контрольных отражателей, имитирующих трещину глубиной 0,1 мм и длиной 1,5 мм. Разработан, изготовлен и аттестован комплект настроечных образцов с такими отражателями. На настроечных образцах и образцах лопаток были опробованы контактные ультразвуковые преобразователи с углами ввода 45° - 70° , на частоту 5 и 10 МГц, с применением различных контактных жидкостей и параметров сканирования. Установлено, что выявление дефектов на внутренней поверхности лопатки контактным методом невозможно. Опробован иммерсионный контроль с фокусированными преобразователями с центральной рабочей частотой 10 и 15 МГц, с погружением объекта контроля в воду. Показано, что с использованием иммерсионного метода возможно выявление дефектов, ориентированных

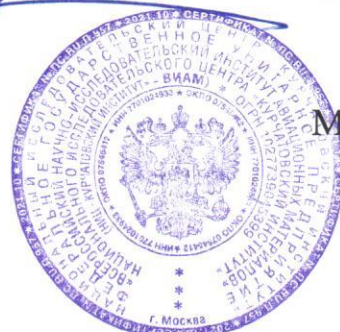
параллельно торцу пера и под углом до 15°, эквивалентных отражателю 0,1x1,5 мм, на всей внутренней поверхности спинки, корыта и диффузионных соединений, за исключением ряда неконтролируемых зон. Однако, в условиях эксплуатации демонтаж РЛВ с двигателя часто невозможен, что делает невозможным контроль с погружением РЛВ в воду. Поэтому была разработана специальная оправка, надевающаяся на ультразвуковой преобразователь, для создания «локальной иммерсионной ванны» – небольшой полости, в которую непрерывно подаётся вода. Это приспособление позволяет проводить контроль РЛВ прямо на двигателе. С использованием этой оправки, на нескольких РЛВ была отработана технология контроля и составлен методический материал ММ 1.2.266-2022 «Ультразвуковой контроль внутренних поверхностей полый рабочей лопатки вентилятора в условиях эксплуатации». Методический материал содержит рекомендации по проведению ручного ультразвукового контроля внутренних поверхностей полый рабочей лопатки вентилятора из титанового сплава марки ВТ6 в условиях эксплуатации и в процессе ремонта двигателя с целью выявления дефектов типа трещин, развивающихся от внутренней поверхности пера лопатки.

Реализация разработанной технологии контроля возможна с использованием оборудования (ультразвукового преобразователя, дефектоскопа) отечественного производства. После начала серийной эксплуатации самолётов МС-21 с двигателем ПД-14, ультразвуковой контроль внутренней поверхности полых РЛВ будет осуществляться в процессе периодического технического обслуживания двигателей, для обеспечения безопасности полётов. В настоящее время ММ 1.2.266-2022 используется на АО «ОДК-Авиадвигатель» для контроля РЛВ двигателей ПД-14 в процессе испытаний.

Заместитель генерального директора по науке
НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ

В.В. Антипов

« ___ » _____ 2023 г.



М.П.