

## СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ МЕТОДОМ ПРОНИКАЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

М.Л. КАЗАКЕВИЧ<sup>1</sup>, А.И. СЕМЕНЕЦ<sup>2</sup>, В.Я. ДЕРЕЧА<sup>2</sup>, В.М. КАЗАКЕВИЧ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГП «КОЛОРАН» ИФХ им. Л.В. Писаржевского НАН Украины. 03028, г. Киев, пр-т Науки, 31. E-mail: mkazakevich@ukr.net

<sup>2</sup> ГП «АНТОНОВ». 03062, г. Киев, ул. Туполева, 1. E-mail: info@antonov.com

Создание новых технологических процессов неразрушающего контроля подтверждает возможность решения задач, нетипичных для традиционного направления применения пенетрантов, например, диагностики ударов самолетов с птицами, поиска начальных очагов коррозии под лакокрасочными покрытиями, исследования топологии течей и др. Библиогр. 12, рис. 3.

*Ключевые слова:* контроль авиационной техники проникающими веществами, люминесцентный метод, нарушение герметичности, течи, диагностика, механические повреждения

Метод неразрушающего контроля (НК) проникающими веществами является одним из старейших и наиболее широко используемых приемов диагностирования авиационной техники [1–4]. Так, 100%-ный люминесцентный контроль целостности лопаток турбин авиационных двигателей введен в нормативную отраслевую документацию [5,6], а цветной капиллярный контроль применяют для обязательной проверки элементов силовых конструкций.

Уникальные характеристики метода поиска несплошностей с использованием проникающих веществ – пенетрантов – позволяют выявлять трещины, поры и другие поверхностные дефекты с шириной раскрытия в доли микрона. Такая чувствительность недоступна другим известным методам НК.

В качестве примера использования метода проникающих веществ в авиации можно привести технологический процесс проверки качества деталей и отливок из цветных сплавов и нержавеющей сталей люминесцентным методом ЛЮМ-18С. При его реализации в качестве проникающего вещества на протяжении многих лет применяли составы на основе керосина, в который добавляли так называемый нориол. Это – люминесцирующая фракция нефти, добываемой в Грузии на месторождении «Нори». В рамках работ по усовершенствованию метода проникающих веществ в Институте физической химии им. Л.В. Писаржевского НАН Украины предложена новая рецептура пенетранта. Взамен «нориола» использована добавка на основе синтетического люминофора – жидкость ЛЖ-6Ам, что позволило значительно улучшить характеристики техпроцесса контроля литья на серийном заводе ГП «АНТОНОВ» [7].

Особенно широко метод испытаний с помощью пенетрантов – РТ (penetrant testing) приме-

няют при контроле герметичности конструкции и систем самолетов «АН». Директивные технологические процессы (ДТП), разработанные с участием авторов, основаны на этом методе и более 30 лет применяются, например, при испытаниях крупнотоннажных транспортных самолетов.

Как известно, нарушение герметичности авиационных конструкций может приводить к проблемам, связанным с ограничением ресурса. Поэтому вопросам течеискания и устранения сквозных дефектов конструкции летательных аппаратов уделяют большое внимание [8–10]. Одним из примеров работ по усовершенствованию технологии поиска и восстановления герметичности является исследование топологии течей. На рис. 1 изображен элемент (бак-кессона) топливной системы самолета. Всю внутреннюю поверхность бака покрывают защитным слоем герметика массой в несколько тонн, который препятствует утечкам топлива. Однако многолетняя эксплуатация конструкции в условиях постоянных знакопеременных нагрузок приводит к появлению дефектов, нарушающих герметичность. В результате керосин проникает в повреждения изоляции, движется вдоль течи и, найдя выход, вытекает из конструкции, причем «выход» течи может на-

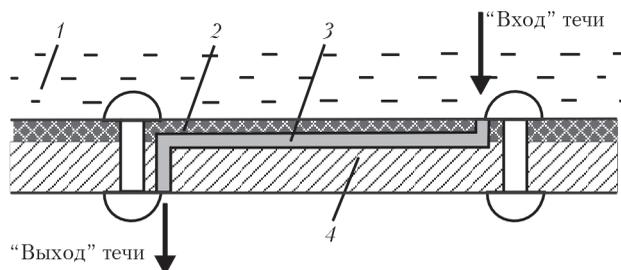


Рис. 1. Топология течи в бак-кессоне: 1 – топливо; 2 – герметик; 3 – канал течи; 4 – металлическая конструкция топливного бака



ходиться на значительном расстоянии от «входа». В результате технология ремонта герметичного контура, как правило, требует больших усилий по разборке крыла. Как оказалось, эта задача также может быть решена с помощью метода проникающих веществ.

Разработанная нами технология определения топологии состоит в следующем. Как правило, при эксплуатации авиатехники дефекты, нарушающие герметичность топливной системы самолета, обнаруживают по утечкам керосина. Следы топлива позволяют быстро определить расположение «выхода» течи. Далее проводят поиск «входа». Для этого устье («выход») течи обрабатывают пенетрантом, который хорошо совмещается с топливом. Под действием процесса диффузии он активно движется вдоль дефекта со скоростью до 10 см/мин, через некоторое время достигает «входа» течи и выходит из-под герметика.

При освещении внутренней поверхности бака источником ультрафиолетового света дефектоскопист легко обнаруживает и отмечает место расположения «входа» течи. Такая технология позволяет быстро найти и устранить (загерметизировать) течь, т.е. значительно снизить трудоемкость ремонта топливной системы.

Приведенные примеры НК проникающими веществами близки к традиционным. В развитие этого направления авторами предложен и ряд новых вариантов контроля РТ-методом.

**Новые варианты контроля авиатехники РТ-методом.** Одной из новых задач, решенных с помощью РТ-метода, является диагностика механических повреждений поверхности конструкции самолетов «АН» [11].

Анализ причин аварий авиационной техники показывает, что после технических отказов и человеческого фактора третье место в списке занимает повреждение конструкции самолетов вследствие столкновений с птицами. После изучения этого явления было установлено, что максимальное количество инцидентов происходит при взлете и посадке самолетов на высотах до 100 м. В результате могут быть повреждены элементы управления, фонарь и двигатели. Отмечены случаи катастроф, произошедших по этой причине.

Современные самолеты большой грузоподъемности из-за своих размеров не могут быть тщательно обследованы за время нахождения на аэродроме между полетами (т.е. за 1...2 ч). Поэтому разработка метода межполетной экспресс-диагностики поверхности летательного аппарата является очень актуальной. Эта задача была решена нами при помощи люминесцентного метода, использованного совместно с методом хрупких покрытий [12]. Метод хрупких покрытий состоит в определении мест ударов и возникающих при

этом механических напряжений. Для этого используют лаковые прозрачные покрытия, а информацию получают после изучения их растрескивания вследствие удара. Однако известные хрупкие индикаторные покрытия по разным причинам не могли быть использованы в авиации. Выход был найден после изучения лакокрасочных материалов, применяемых в авиационной технике. Для наших целей наиболее подходящим оказался акриловый лак АК-113. Он дает прозрачную пленку, характеризующуюся высокой адгезией к неокрашенной поверхности и штатным лакокрасочным покрытиям (ЛКП). Однако трещины в таком лаковом слое малозаметны, поэтому было предложено модифицировать лак гидрофильным люминофором.

При подготовке самолета к эксплуатации его поверхность покрывают модифицированным лаком и сушат. Если после удара смочить исследуемую поверхность водой, то влага проникает в трещины покрытия и растворяет люминофор, который выходит на поверхность и хорошо виден в ультрафиолетовом свете. Подбирая состав лака, можно легко проводить экспресс-диагностику мест столкновений самолета с птицами (рис. 2).

Другим ярким примером нетрадиционного испытания авиатехники с применением пенетрантов может служить технология определения расположения начальных очагов коррозии под ЛКП. Особенно актуальна такая задача при эксплуатации морской авиации. Когда «летающая лодка» садится на морскую поверхность, механические удары большой интенсивности воздействуют на поверхность самолета одновременно с коррозионным воздействием морской соленой воды. Такой синергический эффект рано или поздно приводит к развитию коррозии под защитным ЛКП. И для практики эксплуатации крайне важно выявлять начальные очаги коррозионного поражения. При решении данной задачи нами был использован химический метод, который заключался в следующем. Любое защитное ЛКП в той или иной степе-



След от удара птицы

Рис. 2. Механические повреждения конструкций самолета, возникающие при столкновении с птицами



Рис. 3. Определение очагов коррозии под ЛКП  
ни содержит дефекты. Если поверх ЛКП нанести индикаторное покрытие, включающее активные компоненты, то они подрастворяют продукты коррозии металла конструкции под ЛКП, которые диффундируют через дефекты обратно. Входящий в состав индикаторного покрытия химический индикатор взаимодействует с продуктами коррозии металла конструкции с образованием цветных или люминесцирующих продуктов. Наблюдая их, дефектоскопист может визуально определить наличие коррозии под ЛКП (рис. 3).

Таким образом, стало возможным реализовать тестирование состояния конструкции «летающих лодок» без применения спецоборудования, например, токовихревых дефектоскопов.

### Выводы

Метод НК с применением проникающих веществ традиционно используют в авиации. Уникальные возможности РТ-метода позволяют при-

Development of new NDT technologies confirms the possibility of solving problems uncharacteristic for the traditional direction of penetrant application, for instance, diagnostics of aircraft collision with birds, detection of initial corrosion sites under lacquer-paint coatings, investigation of leak topology, etc.

*Keywords: penetrant testing of aviation equipment, luminescence flaw detection, tightness violation, leaks, diagnostics, mechanical damage*

менять его для решения широкого круга задач дефектоскопии авиатехники, в том числе для выявления поверхностных дефектов субмикронных размеров.

Работы авторов по созданию новых технологических процессов неразрушающего контроля подтверждают возможность решения задач, нетипичных для традиционного направления применения пенетрантов, например, диагностики ударов самолетов с птицами, поиска начальных очагов коррозии под лакокрасочными покрытиями, исследования топологии течей и др.

1. *Неразрушающий контроль*. Справ. В 8 т. – Под. ред. В.В. Клюева. – Машиностроение, 2006. – 850 с.
2. *ГОСТ 18442–80*. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.
3. *ОСТ 1.90282–79*. Качество продукции. Неразрушающий контроль. Капиллярные методы.
4. *ОСТ 1.90243–83*. Капиллярные методы неразрушающего контроля. Маркировка.
5. *ГОСТ 26182–84*. Контроль неразрушающий. Люминесцентный метод течеискания.
6. *ОСТ 26–5–88*. Цветной метод контроля сварных соединений наплавленного и основного металла.
7. *Типовой технологический процесс неразрушающего контроля*. Контроль деталей и отливок из цветных сплавов и нержавеющей сталей люминесцентным методом ЛЮМ-18С. – Киев: ГП «АНТОНОВ», 2014. – 20 с.
8. *Запунный А. И., Фельдман Л. С., Роголь В. Ф.* Контроль герметичности конструкций. – Киев: Техника, 1976. – 120 с.
9. *ГОСТ 26182–84*. Люминесцентный метод течеискания.
10. *Маслов Б.Г.* Дефектоскопия проникающими веществами. – М.: Высш. шк., 1991. – 255 с.
11. *Диагностика механических повреждений поверхности конструкции самолетов «АН»*. Технолог. инструкция. – Киев: ГП «АНТОНОВ», 2014.
12. *ГОСТ 4765–73*. Материалы лакокрасочные. Метод хрупких покрытий. Определение прочности пленок при ударе.

Поступила в редакцию  
19.05.2015