

Тяц С.Н.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ ДЕФЕКТАЦИИ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАНЕРА АН-124 «РУСЛАН»

В настоящее время применяются наполнители из пенопластов, сотовые наполнители из стеклопластика, гетинакса, текстолита или алюминиевой фольги. Соединение внешних слоев с неметаллическими сотовыми наполнителями осуществляется при помощи клея. Для соединения металлических сотов с внешними металлическими листами применяются клей и припой.

На Ан-124 "Руслан" сотовые конструкции нашли широкое применение. Элементы планера, где используются сотовые конструкции, обозначены на рисунке 1.

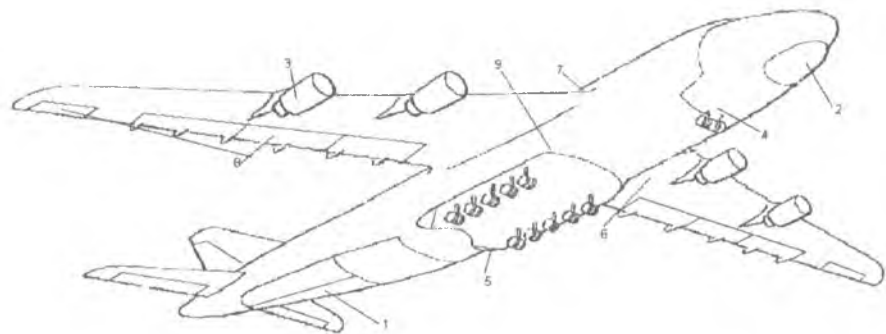


Рисунок 1 – Сотовые конструкции в элементах планера самолёта Ан-124

1 – боковые створки заднего грузового люка; 2 – обтекатель РЛС; 3 – панели капотов вентилятора; 4 – створки отсеков передней опоры шасси; 5 – створки отсеков ВСУ; 6 – панели крыла; 7 – панели зализов фюзеляжа; 8 – сотовые законцовки закрылков; 9 – обтекатель основной опоры шасси

Как показала практика эксплуатации самолетов Ан-124 "Руслан", ИЛ-86, ТУ-204, клееные сотовые конструкции самолетов набирают воду вследствие нарушения герметичности агрегатов. Попавшая внутрь сотовых агрегатов вода снижает прочность клеевых соединений, вызывает разрушение клеевого слоя и сотового наполнителя, приводит к увеличению массы и изменению центровки агрегатов, отслоению обшивок от сот, а при замерзании воды – к отрыву обшивки от сотового наполнителя или разрушению агрегата в полете.

Поэтому проблема обнаружения воды в сотовых агрегатах и ее устранения актуальна для авиации и является одной из важных задач в обеспечении безопасности полетов самолетов.

Руководствами по эксплуатации (РЭ) отечественных самолетов ИЛ-76, ИЛ-86, ИЛ-96-300 и др. для обнаружения воды в сотах предусматривается применение рентгенографического метода. Однако, как показывает практика, его применение в авиации связано с рядом серьезных трудностей: радиационная опасность и необходимость получения специального разрешения на право его проведения, высокая трудоемкость, необходимость снятия агрегатов с самолета, высокая стоимость и др. Тепловым и радиоволновым методами, как и рентгеновским, находятся только места расположения зон с водой, но не определяется количество воды в агрегате. Кроме того, эти методы применяются, главным образом, на сотовых агрегатах из композиционных материалов (КМ) и практически не применимы для металлических сотовых конструкций.

В настоящее время при техническом обслуживании планера используются следующие методы неразрушающего контроля (НК) сотовых конструкций:

- тепловой метод;
- ультразвуковой метод;
- импедансный метод;
- акустико-эмиссионный метод;
- рентгеновский метод.

Импедансный метод. Разработанный в СССР акустический импедансный метод является наиболее распространенным средством НК соединений в многослойных конструкциях и изделий из слоистых пластиков. Более 30 лет он используется для контроля ответственной продукции в авиационной и других отраслях промышленности.

Основная область применения метода – выявление дефектов клеевых и паяных соединений между сравнительно тонкой (до 2 мм для алюминиевых сплавов и 1,7 мм для сталей) обшивкой и элементом жесткости (лонжероном, нервюрой и т. п.) или заполнителем (пенопластом, сотами и др.), а также дефектов типа расслоений и непрокисев в неметаллических покрытиях и изделиях из слоистых пластиков, залегающих на глубине до 15-20 мм. Широкому внедрению метода способствовали его универсальность, удобство в эксплуатации, отсутствие необходимости смачивания контролируемых изделий, легкость контроля по криволинейным поверхностям, простота и доступность аппаратуры.

Метод основан на различии механических импедансов дефектных и доброкачественных участков контролируемого изделия. Механические импедансы оценивают с поверхности изделия в зонах возбуждения в нем изгибных колебаний звуковых или низких ультразвуковых частот. Изменения механического импеданса преобразуют в соответствующие им изменения электрического сигнала, который обрабатывают в электронном блоке дефектоскопа и представляют на индикаторе или используют для управления исполнительными механизмами.

Достоинства импедансного метода:

- Выявление дефектов клеевых и паянных соединений.
- Универсальность.
- Удобство в эксплуатации.
- Отсутствие необходимости смачивания контролируемых изделий.
- Легкость контроля по криволинейным поверхностям.
- Простота и доступность аппаратуры.

Недостатки импедансного метода:

- Невозможность выявления дефектов при толщине обшивки, большей 3 мм для алюминиевых сплавов и 1,7 мм для сталей.
- Невозможность выявления дефектов в деталях из однородного материала.
- Невозможность выявления дефектов в изделиях из слоистых пластиков, залегающих на глубине свыше 20 мм.

Эксплуатационный ультразвуковой контроль (УЗК) содержания и определения количества воды в клеевых сотовых конструкциях. В ОАО "Внуковские авиалинии" в 1995 г. был разработан и внедрен для самолета ИЛ-86 ультразвуковой (УЗ) метод и специальная аппаратура для контроля содержания и определения количества воды в сотовых агрегатах самолета, выполненных из алюминиевого сплава.

Контроль осуществляется эхо-импульсным методом. УЗ колебания возбуждаются преобразователем, проходят через слой воды в иммерсионной ванне в обшивку сотового блока и далее в сотовую ячейку с водой (при ее наличии) и после отражения от поверхности воды в ячейке принимаются тем же преобразователем. Результат контроля – распределение воды по поверхности агрегата и ее количество регистрируется на компьютере в виде изображения "С-scan".

Точность отсчета уровня воды по экрану дефектоскопа $\pm 0,5$ мм вполне достаточна для оценки общего количества воды в сотовлке по результатам контроля.

Контроль проводится непосредственно на самолете, как в условиях ангара, так и в полевых, в том числе зимой при условии предварительного прогрева сотового агрегата аэродромным источником тепла.

Достоинства и недостатки ультразвукового метода те же, что и у импедансного метода.

Метод теплового неразрушающего контроля (ТНК). Объектами ТНК служат дефективные структуры с трещинами, порами, раковинами, непроварами, участками плохой тепло- и электроизоляции, неоднородным составом, посторонними примесями, зонами термического и усталостного перенапряжения, а также с отклонениями геометрических и теплофизических характеристик от допустимых значений.

Возможности ТНК ограничены в основном теплопроводностью (метод не применим для материалов как с высокой, так и с низкой теплопроводностью); структурными помехами, вызванными флуктуациями теплофизических и оптических свойств объектов контроля; внешними тепловыми помехами.

Наиболее эффективно применение теплового метода к контролю следующих объектов: многослойные стеклопластиковые и композиты; сотовые конструкции; металлы и соединения металлов — неметаллов; металлические клееные, паяные и сварные конструкции.

Для решения задач типа проверки таких конструкций может быть использован метод активного теплового неразрушающего контроля, который заключается в динамическом нагреве изделия и регистрации температурного поля его поверхности с помощью тепловизора.

Преимущества метода активного теплового контроля:

- бесконтактность;
- высокая производительность;
- возможность одностороннего доступа к изделию;
- контроль материалов и дефектов различного типа;
- наглядность.

Достоинствами теплового контроля:

- Дистанционность (для ИК-систем, тепловизоров, тепловых дефектоскопов).
- Высокая скорость обработки информации.
- Высокая производительность сканирования.

- Высокое линейное разрешение.
- Возможность контроля при одно- и двустороннем подходе к изделию.
- Теоретическая возможность контроля любых материалов.
- Многопараметрический характер испытаний.
- Возможность взаимодополняющего сочетания ТНК с другими видами неразрушающего контроля; сочетаемость со стандартными системами обработки информации.
- Возможность поточного контроля и создания автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами.

Недостатки теплового контроля:

- Невозможность определения количества воды в сотовых конструкциях.
- Необходимость обогрева конструкции.
- Высокая стоимость оборудования.

Акустико-эмиссионный метод. Акустическая эмиссия (АЭ) – это испускание материалом упругих волн, вызванное динамической локальной перестройкой его структуры. АЭ воспринимается как процесс колебаний поверхности объекта, вызванный локальной динамической перестройкой структуры материала. Акустико-эмиссионный метод относится к числу пассивных акустических методов контроля.

АЭ является результатом генерации волн напряжений источником и их распространения от источника до поверхности. Реализовать наблюдение (измерить параметры) АЭ можно при выполнении двух условий. Во-первых, достигающая поверхности эмиссия должна превышать колебания, вызванные акустическими шумами на поверхности объекта, по крайней мере, на участке наблюдения и в выбранных частотном и временном интервалах. Применение известных приемов выделения сигнала из шума при преобладании уровня последнего для сигналов АЭ малоэффективно из-за нестационарности сигналов. Во-вторых, применяемая аппаратура должна иметь достаточный порог чувствительности.

Источник АЭ представляет собой область материала, в которой происходит динамическая перестройка структуры, сопровождающаяся АЭ.

На микроуровне процессы локальной перестройки структуры материала связывают, в частности, с рождением, движением и гибелью дислокаций. Теоретические соображения и эксперименты показывают, что указанные процессы рождают волны напряжений, которые для скопления дислокаций могут быть обнаружены современной аппаратурой.

Достоинства акустико-эмиссионного метода:

- Обнаружение и оценка параметров усталостных трещин как в образцах простой геометрической формы, так и сложной.
- Высокая потенциальная чувствительность.
- Если для активных методов минимальный размер обнаруживаемой трещины соизмерим с длиной используемых волн (порядка единиц миллиметров), то по сигналам от трения берегов усталостная трещина может быть обнаружена, начиная с площади $0,1 \text{ мм}^2$
- Активными методами можно обнаружить приращение длины усталостной трещины в несколько миллиметров, АЭ метод чувствителен к отдельным скачкам усталостной трещины внутри цикла нагружения длиной до 10^{-4} мм .
- При определенных сочетаниях характеристик контролируемого объекта и усталостной трещины можно получить выигрыш в дистанционности (максимальное расстояние между трещиной и преобразователем соответствующего прибора) и производительности контроля
- Определяет координаты трещины и ее габариты.
- Большая информативность.
- Обнаружение несквозных трещин.

Недостатки

- Низкая помехоустойчивость.
- Низкая разрешающая способность.
- Выходные сигналы более сложны для интерпретации.

Рентгено-телевизионный комплекс сотовых конструкций самолета для обнаружения воды в сотовых конструкциях самолетов. Для обнаружения воды в сотовых конструкциях самолетов был создан портативный рентгено-телевизионный комплекс (РТК).

Рентгено-телевизионный контроль проводится в такой последовательности:

1. осуществляется разметка сотового блока на ячейки;
2. поочередно устанавливается преобразователь за размеченными ячейками блока;
3. проводится контроль на наличие влаги;
4. данные о проведении контроля с указанием сотового блока и номера самолета сохраняются с помощью компьютера

Установлено, что РТК обеспечивает 100%-ную надежность обнаружения воды в сотовых конструкциях самолетов. Ионизированный тип рентгеновского излучения позволяет значительно облегчить систему защиты обслуживающего РТК персонала.

Малые габаритные размеры и масса РТК дают возможность проводить контроль сотовых конструкций (сотового блока элерона, закрылка, руля направления, стабилизатора) непосредственно на самолете. Контроль проводится оперативно: снимок производится за 15 с вместо нескольких часов. Отпадает необходимость в специальных фотоматериалах и реактивах.

Легкие и мобильные микрофокусные аппараты постоянного потенциала с микропроцессорным управлением предназначены для проведения НК изделий из металлических и неметаллических материалов, отличаются малыми размерами фокусного пятна и возможностью регулирования анодного тока и напряжения. Благодаря наличию аппаратов с панорамным и боковым выходом рентгеновского излучения можно контролировать изделия сложной конфигурации.

Достоинства РТК:

- Быстрота получения результата.
- Возможность хранения результата.
- Высокая достоверность.

Недостатки РТК:

- Наличие радиоактивного источника излучения.
- Высокая стоимость оборудования.
- Необходим высококвалифицированный оператор.

В таблице 1 показано применение методов контроля для определения дефектов в сотовых конструкциях.

Таблица 1 — Применение методов НК

Метод \ Дефект	Неприклеи	Разрушение сот	Наличие воды	Лед
Импедансный	Да	Да	Нет	Нет
УЗК	Да	Да	неэффективно	Нет
Тепловой	Да	Да	Да	Да
Акустический	Да	Да	Нет	Нет
Рентгеновский	Да	Да	Да	Да