

УДК 621.317.3

К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© Н.П. Федоров, Д.А. Дмитриев

Fedorov N.P., Dmitriev D.A. On complex control of protective coverings in air engineering. The article discusses one of the approaches to creating a mobile automated laboratory.

Как видно из литературных источников [1], в настоящее время конструкторы продолжают работать над тем, чтобы сделать скрытность техники более практичной и доступной. Одним из признаков того, что это направление продолжает совершенствоваться, является продолжающаяся модернизация малозаметности авиационной техники и испытательных стендов для определения технического состояния радиопоглощающего покрытия. Так, например, благодаря усилиям проектировщиков непосредственно для технического обслуживания перспективного самолета F-22 требуется около 4,7 рабочего часа на один летный час, включая обслуживание систем малозаметности. В этом направлении работают такие известные компании как Boeing, Lockheed Martin, Sensor Concepts, ERJM International и др. Отсюда видно, что подготовка малозаметных самолетов к выполнению боевых задач невозможна без оборудования, способного проверять эффективность «малозаметности» на стоянке самолетов.

Кроме того, актуальной и требующей скорейшего разрешения является проблема комплексного контроля параметров многослойных покрытий в процессе их нанесения и финишного контроля результатов этого процесса. Эти покрытия в процессе сушки и затвердевания меняют свои интегральные параметры: относительную диэлектрическую и магнитную проницаемость, толщину покрытия, а также тепло- и температуропроводность. Знание изменения этих величин во времени и их плоскостранственного распределения по элементу поверхности весьма важно.

В настоящее время все более широкое применение в технологиях неотражающих и поглощающих покрытий авиационной техники находят новые гиротропные (спиновые) материалы, согласованные по волновому сопротивлению Z_B с окружающим пространством, что делает задачу сканирования волнового сопротивления по большим поверхностям на данный момент также весьма актуальной. Причем большое внимание уделяется скорости сканирования относительно больших по площади поверхностей, с высокой разрешающей способностью локальных измерений.

В связи с этим, нами разработана передвижная автоматизированная лаборатория [2, 3], которая предназначена для неразрушающего контроля защитных покрытий антенн летательных аппаратов, защитной по-

верхности авиационной техники, а также технического обслуживания и ремонта радиотехнических средств, используемых при обеспечении полетов авиации. Она позволяет значительно снизить трудозатраты на проведение неразрушающего СВЧ-контроля защитных покрытий и технического обслуживания радиотехнических средств; повысить достоверность и оперативность контроля; прогнозировать техническое состояние радиотехнических средств, ускорить поиск неисправностей в аппаратуре, а также выполнять ремонт.

Контроль электрофизических параметров гетерогенных и гомогенных сред, составляющих композиционное покрытие, именно в диапазоне СВЧ обусловлен:

- необходимостью знания свойств гомогенных или гетерогенных дисперсных сред именно в сантиметровом диапазоне, характерном для современных и перспективных радиолокационных средств авиационной техники, так как в более низкочастотном диапазоне свойства сред меняются из-за дисперсии диэлектрической проницаемости и удельной проводимости;

- специальные гетерогенные среды, содержащие частицы поглотителей и магнитодиэлектриков, проявляют свои гиромангнитные свойства и сопутствующие им эффекты взаимодействия стоячих и бегущих волн только лишь в присутствии внешнего подмагничивания в диапазоне СВЧ;

- характерные размеры первичных измерительных преобразователей СВЧ диапазона, работающих в оптимальных одномодовых режимах, порядка длины волны (единицы [см]). В более длинноволновом диапазоне размеры датчиков велики, а в мм-диапазоне технологически трудно реализуемы;

- в диапазоне СВЧ первичные измерительные преобразователи на основе объемных резонаторов и волноводов обладают простейшей, технологичной конструкцией; максимальной электромагнитной экологической безопасностью и электромагнитной совместимостью.

Несмотря на развитость техники СВЧ, ее использование в целях контроля, в частности, гетерогенных сред с потерями, крайне недостаточно. Контроль электрофизических параметров специальных материалов, от которых зависит поглощение и рассеяние СВЧ энергии, принципиально возможен лишь в указанном диапазоне.

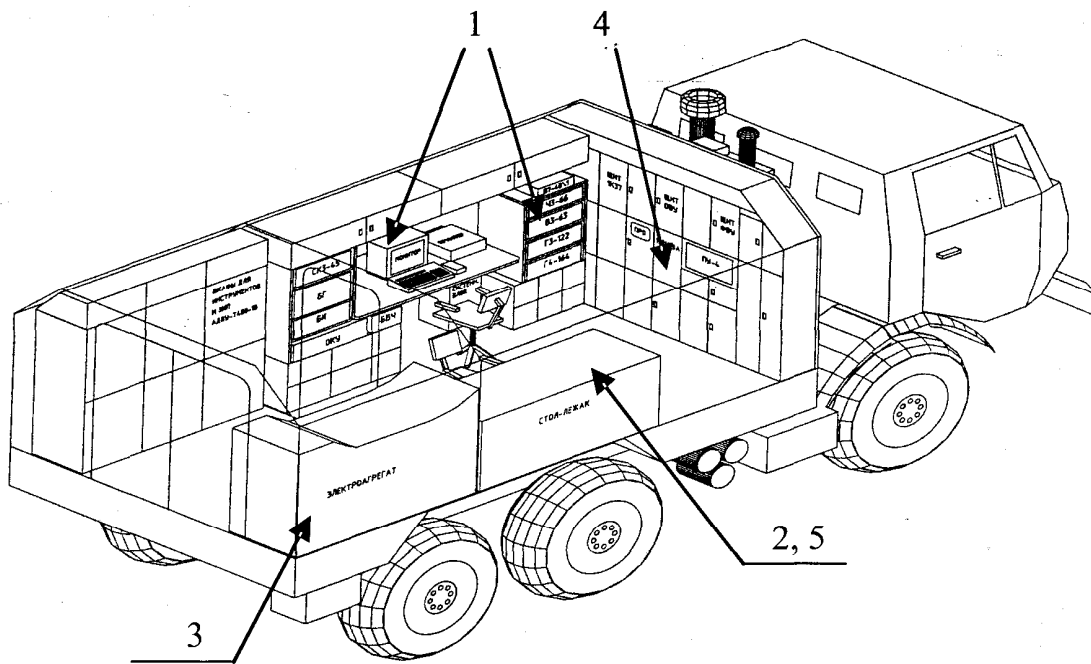


Рис. 1. Автоматизированная лаборатория для неразрушающего контроля защитных покрытий и технического обслуживания радио-технических средств

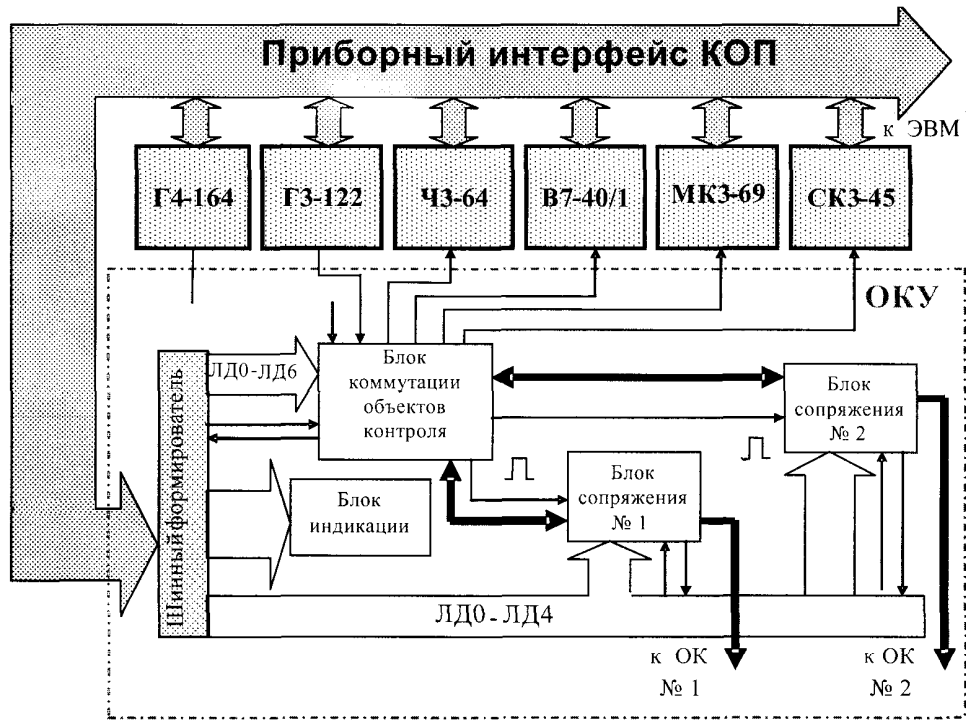


Рис. 2. Упрощенная структурная схема измерительной системы для контроля технического состояния средств радиосвязи

Таблица 1

Измерительные приборы, входящие в состав универсальной лаборатории

Наименование	Измеряемая или выдаваемая величина	Диапазон
Измерители КСВН панорамные Р2-86	КСВН	1,03...5,0 -50... +30 дБ в диапазоне 0,1...6 ГГц; СВЧ-тракты, мм: 7/3,04; 3,5/1,52
Измерители КСВН панорамные Р2-89	КСВН Модуль коэффициента передачи	1,03...5,0 -40...+30 дБ в диапазоне 0,1...6 ГГц; СВЧ-тракты, мм: 72×34, 58×25, 48×24
Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66	Частота синусоидальной формы	10 Гц ... 37,5 ГГц; СВЧ-тракт, мм: 7/3,04; 11×5,5; 7,2×3,4 в тракте 7/3,04 до 12 ГГц
Синтезатор частот РЧ6-02, РЧ6-03	Синусоидальный сигнал, высокостабильный	4...8,15 ГГц (0,6...1,8 В) 8,15...17,85 ГГц (0,2...0,65 В)
Генератор сигналов РГ4-06 РГ4-07 РГ4-068	Синусоидальный сигнал с ИМ, ЧМ Синусоидальный сигнал с ИМ, ЧМ Синусоидальный сигнал с ИМ, ЧМ	40 мВт в диапазоне 3,2...5,6 ГГц 20 мВт в диапазоне 5,6...8,15 ГГц 20 мВт в диапазоне 8,15...12,05 ГГц
Вольтметр В7-40/1	Постоянное напряжение Переменное напряжение Сила постоянного тока	0,01 мВ ... 1000 В 2 мВ ... 500 В 0,01 мкА ... 2 А
Анализатор спектра С4-85	Частота Напряжение Мощность Спектральная плотность шума Отношение уровней	30 Гц ... 110 МГц 70 нВ ... 2,2 В 10^{-16} ...0,1 В 10^{-16} ... 10^{-2} Вт/Гц 0...90 дБ
Анализатор спектра С4-85	Временной интервал Частота непрерывного синусоидального сигнала Уровень непрерывного синусоидального сигнала	1 мс ... 2000 с 30 Гц ... 110 МГц 0,1 мВ ... 0,2 В
Генератор ГЗ-119	Частота	20 Гц ... 20 МГц Выходное напряжение 0,001 мкВ...1 В
Генератор ГЗ-122	Частота	0,001 Гц ... 2 МГц (с дискретностью 0,001 Гц) Выходное напряжение 0,02 мВ ... 2,5 В Коэффициент гармоник 0,5 %
Генератор Г4-164	Частота непрерывного синусоидального и импульсного сигнала (АМ, ЧМ, ИМ)	0,1...639,99 МГц
Генератор Г5-75	Для генерации одиночных выходных последовательностей импульсов	0,1 мкс ... 99,9 нс длительность 50 нс ... 1 с
Осциллограф С8-23	Напряжение Частота	2 канала, 30 МГц, автоизмерения
Измеритель модуляции СКЗ-45	Изм. АМ, ЧМ, ФМ	0,1...1000 МГц с точностью 2 %
Инфракрасный бесконтактный измеритель температуры ТМ-908	Температура	10...300 °С Разрешение 0,1 °С Измерение на расстоянии до 100 см

Здесь важную роль играет автоматизация измерений и управление процессом контроля [2]. Поэтому разработка мобильной автоматизированной лаборатории, способной эффективно выполнять контроль качества противорадиолокационных покрытий при различных видах технического обслуживания (ТО) авиационной техники, становится достаточно актуальной. Это может быть достигнуто за счет максимальной производительности контрольно-диагностических работ путем дистанционного выполнения измерений в СВЧ

диапазоне и автоматизации сложных производственных процессов, реализуемых при выполнении работ по ТО.

Лаборатория размещена в кузове-фургоне автомобиля типа КАМАЗ-4314 (рис. 1) и оборудована: автоматизированным рабочим местом (АРМ) на основе ПЭВМ с набором автоматизированных приборов и выносным элементом – 1; местом ремонта радиотехнических средств и восстановления защитного покрытия – 2; системой энергоснабжения – 3; средствами жизнеобеспечения экипажа – 4 и местом отдыха эки-

пажа (стол-лежак) – 5. Имеются шкафы для хранения личного оружия, сухого пайка, средств обнаружения, средств индивидуальной защиты, средств ликвидации последствий применения оружия массового поражения.

Выносным элементом является первичный чувствительный элемент, который подключается к лаборатории через специальные разъемы. Устройство контроля защитных поверхностей конструктивно представляет собой сканер, первичный чувствительный элемент которого выполнен в виде миниатюрных излучающих и приемных антенн, установленных на некотором, достаточно малом расстоянии от контролируемой поверхности. Первичный чувствительный элемент перемещается в пространстве вдоль поверхности по оптимальному алгоритму, отыскивающему неоднородности в противорадиолокационном защитном покрытии. Особенностью первичного чувствительного элемента является то, что для него не критично изменение кривизны контролируемой поверхности.

Для построения АРМ применены серийные средства измерений, имеющие узлы сопряжения с одним из стандартных приборных интерфейсов (например, интерфейсы IEEE 488, IEEE 1149.1 и др.), и стандартные ПЭВМ. Преимуществами подобных систем являются относительная простота разработки и возможность многократного использования одних и тех же средств измерений в различных образцах автоматизированных измерительных систем (АИС).

Наличие достаточно большого количества автоматизированных приборов с выходом на стандартный интерфейс IEEE-488 (табл. 1) позволяет лаборатории [3] функционировать в двух режимах: 1) контроль противорадиолокационных защитных покрытий; 2) контроль технического состояния средств радиосвязи.

В первом случае при проведении контроля защитных покрытий структурная схема автоматизированной измерительной системы реализует методы, подробно рассмотренные в главах 2 и 3 монографии [3].

Во втором случае автоматизированная лаборатория контроля покрытий может быть с успехом использована для контроля технического состояния средств связи в полевых условиях. В этом случае основу АРМ [4] составляет общее коммутирующее устройство (ОКУ) со сменными блоками сопряжения, которые включают в себя программно управляемые коммутаторы измерительных цепей и режимов работы объекта контроля. В условиях эксплуатации оперативная настройка АРМ под средства радиосвязи различных типов осуществляется путем замены блоков сопряжения и установки соответствующего программного обеспечения. Упрощенная структурная схема фрагмента АРМ и внешний вид блока ОКУ представлены соответственно на рисунках 2 и 3.

Для проверки технического состояния контролируемого объекта с помощью автоматизированной системы характерен следующий обобщенный алгоритм:

- формирование и выдача на объект контроля в заданной временной последовательности стимулирующих сигналов;
- преобразование и обработка ответных контролируемых сигналов;
- формирование заключения о техническом состоянии ОК.



Рис. 3. Внешний вид общего коммутирующего устройства

На АИС возлагаются следующие функции: измерение мощности передатчиков радиостанций, измерение чувствительности радиоприемных устройств, измерение нестабильности частоты, измерение глубины модуляции и коэффициента девиации, измерение нелинейных искажений, измерение питающих и контрольных напряжений.

Информация, получаемая в процессе контроля, обладает достаточной полнотой для оценки состояния ОК. При формировании заключения по результатам контроля устанавливаются три оценки: «годен», «допустимо» и «негоден».

На основе текущих измерений, а также предыдущих результатов контроля, осуществляется прогноз технического состояния ОК. Информация о контролируемом объекте выводится на экран монитора в форме, удобной для восприятия (таблицы, графики и т.д.). Для документирования проведенных измерений на печатный бланк выводятся номер и наименование контролируемого объекта, текущие результаты контроля и оценка, вид технического обслуживания, дата проверки, а также фамилия оператора, проводившего проверку. Функциональное программное обеспечение реализовано в среде Visual Basic 5.0.

Выводы. Применение универсальных АТО в войсках связи, РТО и АСУ позволяет: значительно снизить трудозатраты на проведение ТО авиационной техники; повысить достоверность и оперативность контроля; ускорить поиск неисправностей; прогнозировать техническое состояние средств связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разведывательные центры и посты, носители аппаратуры технической разведки // Развитие малозаметности авиации. Jane's Defense Weekly. 2001. 20 June. P. 58-60, 63, 65.
2. Федоров Н.П. Автоматизированная измерительная система для определения диэлектрической проницаемости и толщины диэлектрических пластин / Н.П. Федоров, Д.А. Дмитриев // Измерение, контроль, информатизация: матер. 4 междунар. науч.-техн. конф. Барнаул: АГТУ, 2003. С. 71-73.
3. Дмитриев Д.А. Поверхностные волны и микроволновые устройства контроля электрофизических параметров магнитоэлектрических покрытий на металле / Д.А. Дмитриев, Н.П. Федоров, П.А. Федюнин, В.А. Русин / под общ. ред. Н.П. Федорова. М.: Машиностроение-1, 2004. 196 с.
4. Федоров Н.П. Универсальная аппаратная технического обеспечения средств связи / Н.П. Федоров, В.А. Васильев // Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического моделирования: сб. матер. VII Всерос. НТК. Тамбов: ТВАНИ, 2004.

Поступила в редакцию 10 июня 2005 г.