

MATERIALSÜNASLIQ

UOT 629.7.08

DOI: 10.34826/NAA.2020.22.1.006

HAVA GƏMİLƏRİNİN POLİMER KOMPOZİT ƏSASLI KONSTRUKTİV ELEMENTLƏRİNİN DEFEKTLƏRİ VƏ ONLARIN ZƏDƏSİZ NƏZARƏT METODLARI İLƏ DİAQNOSTİKASI**X.İ. Abdullayev, S.Q. Allahverdiyeva**

Milli Aviasiya Akademiyası

Hava gəmilərinin (HG) kompozit tərkibli detal və konstruksiyalarının diaqnostikası üçün tətbiq edilən zədəsiz nəzarət metodlarının müqayisəli analizi verilmişdir. Qeyd edilmişdir ki, HG-nin çoxtəbəqəli polimer kompozit əsaslı konstruktiv elementlərinin, panel və qovşaqlarının istismarına nəinki dinamik və statik yüklənmələr, həmçinin ətraf mühitin tempertur və rütubətliyi əhəmiyyətli dərəcədə öz təsirini göstərir. Kompozit konstruksiyaların istismarı zamanı mexaniki, zərbə, korroziya və s. tipli zədələnmələr çatların əmələ gəlməsinə, temperatur və rütubətliyin periodik dəyişkənliyinin təsiri isə onların ölçülərinin artmasına səbəb olur. Ənənəvi materialların diaqnostikasının zədəsiz nəzarət metodları kompozit materialların nəzarətində tətbiq olunduqda onların müəyyən çatışmazlıqları ortaya çıxır. Onların aradan qaldırılması məqsədilə işdə kompozit materiallarda yaranan defektlərin araşdırılması, onların dinamik korrelyasiya qiymətinin səbəbinin öyrənilməsi, defektlərin mövcud diaqnostik metodların təkmilləşdirilməsi, eləcə də bütövlükdə "insan – maşın – ətraf mühit" sisteminin kompleks şəkildə işlənilməsi təklif edilir.

Açar sözlər: kompozit materiallar, konstruksiya elementləri, defekt, zədəsiz nəzarət metodları, yüklənmiş hissələr, diaqnostik modellər, dinamik korrelyasiya.

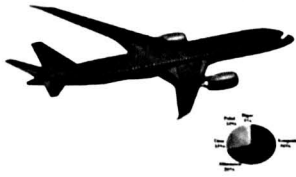
Giriş

Hava gəmiləri (HG) mürəkkəb konstruksiyaya malikdir. Hava gəmilərinin mexanizm və qovşaqlarının uzun müddət istismarı zamanı onların xidmət müddətində əmələ gələn defektlər qəzaların artmasına səbəb olur. Təhlükəsizliyin təmin olunması avtomatik monitoring sistemləri ilə sıx əlaqədə olan müasir texniki diaqnostikanın üzərinə düşür. Texniki diaqnostika texniki sistemin vəziyyətini müəyyən edən elm olub, diaqnostik informasiyanın alınması və qiymətləndirilməsi kimi geniş həcmli problemləri həll edir. Hal-hazırda HG-nin monitoring sistemləri məhdud istiqamətli olduğundan təyyarənin bütün element və qovşaqlarının dinamik hərəkəti boyunca texniki vəziyyətinin uzun müddət proqnozlaşdırılması qeyri-mümkündür. Son zamanlar ən aktual məsələlərdən biri HG-nin texniki vəziyyətinin diaqnostikası və proqnozlaşdırılması üçün kombinə olunmuş sistemlərin yaradılmasıdır. Belə kombinə olunmuş sistemlər vasitəsi ilə polimer kompozit əsaslı konstruktiv elementlərdə, aqreqatlarda və qovşaqlarda əmələ gələn defektlərin vaxtında nəzarəti, kompozit materialların tərkibinə quraşdırılmış müasir sensorlar vasitəsilə informasiyanın dəqiq alınması, onların dinamik və statik xarakteristikaların araşdırılması və borda emalı, informasiyanın buraxıla bilən hədlərdə avtomatik müqayisəsi və yerüstü məntəqəyə ötürülməsi, həmçinin müxtəlif fiziki parametrlərə nəzarət etmək mümkündür. Məhz, bu istiqamətdə müasir avtomatlaşdırılmış monitoring sistemlərinin yaradılması, həmçinin "insan – maşın – ətraf mühit" sisteminin kompleks şəkildə layihələndirilməsi ən aktual məsələlərdən biri hesab edilir [1].

İşin məqsədi HG-nin polimer kompozit əsaslı konstruktiv elementlərinin nəzarəti üçün diaqnostik metodların (modellərin) müqayisəli analizi və mövcud diaqnostik metodların təkmilləşdirilməsi istiqamətlərinin müəyyən edilməsidir.

Metodika. Aviasiya texnikasında HG-nin konstruksiya detallarının yüksək modullu polimer kompozit materiallarla (PKM) əvəz olunması vacib və strateji məsələlərdən biri hesab edilir. Kompozit materiallar çoxkomponentli materiallar hesab edilir. Adətən, kompozit material plastik

bazadan (matrisdən) və müxtəlif gücləndirici dolduruculardan ibarətdir. Doldurucunun strukturuna görə kompozit materiallar (KM) lifli, təbəqələnmiş və dispers möhkəm materiallara bölünür. Kompozit materialın matrisi materialın monolitliyini, doldurucu isə gərginliyin ötürülməsini və yayılmasını təmin edir. Matrisin və doldurucunun tərkib və xassələrinin, onların nisbətlərinin və yerləşmə dərəcələrinin seçiminə görə materiallar istismar və texnologiyə növlərə bölünür. Bir çox kompozit materiallar öz mexaniki xüsusiyyətlərinə (spesifik güc, sərtlik, aşınma müqaviməti, yorulma həddi, istilik və vibrodavamlılıq, səs udulmaları, zərbə özlülüyü və s.) görə önəmli materialları və orintiləri üstələyir. Kompozitlərin zərbə möhkəmliyi və zərbə modulunun elastikliyi adi konstruktiv orintilərdən 2...5 dəfə çoxdur. Araşdırmalar onu göstərir ki, kompozit materiallardan hazırlanmış konstruksiyaların istismarı zamanı mexaniki, zərbə, korroziya və s. tipli zədələnmələr çatların əmələ gəlməsinə, temperatur və rütubətinin periodik dəyişməsinin təsiri isə onların ölçülərinin artmasına səbəb olur. Beləliklə konstruksiyaların diaqnostikası və onların vaxtaşırı təmiri dağılmaların qarşısını alır və istismar təhlükəsizliyinin artmasına səbəb olur. Hal hazırda dünyanın bir çox ölkələrində elmi tədqiqat mərkəzlərində material və məmulatların nəzarəti üçün bir sıra zədəsiz nəzarət metodları işlənib hazırlanmışdır ki, burada materialların ilkin mərhələsindən tam dağılmasına (köhnəlməsinə) qədər yaranan zədələnmələrin inkişaf monitorinqinə baxış keçirilir. Materiallarda əmələ gələn defektlər, onların informativ parametrlərinin öyrənilməsi, həmçinin strukturlarda yaranan qüsurların hesablanması zədəsiz nəzarət metodlarının üzərinə düşür. Lakin kompozit materialların nəzarətində tətbiq olunan zədəsiz nəzarət metodları çatışmazlıqlara malikdir. Məhz, bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün zədəsiz nəzarət sahəsində aid olan aparıcı elmi tədqiqat mərkəzlərində ən effektiv diaqnostik metodların təkmilləşdirilməsi və yeni metodların işlənməsi istiqamətində tədqiqatlar aparılır. Məlumdur ki, kompozit materiallar avia-, raket-, avtomobil-, maşınqayırma, metallurgiya və s. sahələrdə geniş tətbiq edilir. Son on ildə təyyarə konstruksiyalarında kompozit materialların istifadəsi əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır ki, bu da Boeing 787, Airbus A350 tipli təyyarələrdə 50-55%, kiçik ölçülü təyyarələrdə 80-85% və pilotsuz uçuş aparatlarda isə 100% təşkil edir. Şəkil 1-də isə Boeing 787 tipli təyyarələrin tam füzeyaj hissəsinin, şəkil 2-də isə A-380 tipli təyyarənin ayrı-ayrı hissələrinin aerokosmik kompozit materiallarla əvəz olunması göstərilmişdir.



Şəkil 1. Boeing 787 HG-nin tam füzeyaj hissəsinin kompozit materiallarla əvəz olunması [1]



Şəkil 2. Airbus A-380 HG-nin aerokosmik kompozit materiallarla əvəz olunması [1]

Kompozit material metaldan fərqli olaraq qeyri-monolit material hesab edilir və keyfiyyət etibarı ilə konstruksiyanın əsas aparıcı hissəsi hesab edilir.

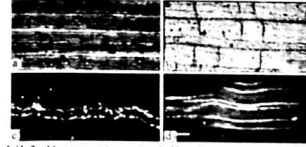
Kompozit materiallarda aşkarlanmış defektlər iki sinfə bölünür: istehsal və istismar defektləri. Defektlər isə üç qrupa bölünür: mikro-, mini və makro defektlər [3].

Mikro defektlər – möhkəmləndirici liflərdə (mirkoçatlar, mikrohissəciklər, mikroboşluqlar, sinmalar, əyilmələr və s.), matrisdəki elementar liflər arasında (mikroməsəmələr, mikroçatlar, mikrohissəciklər və s.) və lif-matris səthində yaranan defektlərdir.

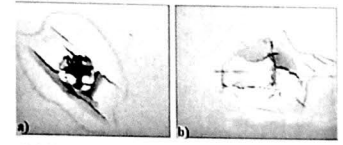
Mini defektlər – burmalar, əyilmələr, liflərin parçalanması, xırda cızıqlar, batıqlar, elementar liflərin qrup şəkili və ya ayrı-ayrı hissələrində yaranan sinmalar.

Makro defektlər – təbəqələrin daxilində yaranan çatlar, boşluqlar, kompozit materialın səthində əmələ gələn batıqlar, zərbə xarakterli defektlər, çatlama, təbəqələnmə, qabarma, hava makrohissəciklər, yapışmayan hissələr və digər defektlərdir.

Kompozitlərin polimerizasiya prosesində [3] daxili gərginliklərin, rabitələrin və digər texnoloji faktorların qeyri-müntəzəm paylanması təbəqələnmə, ayrı-ayrı təbəqələrin qopması, kövrəklik, çətin əmələ gəlməsi, həmçinin liflərin, armaturların hörüklərinin ayrılmasına gətirib çıxarır (şəkil 3 və şəkil 4).



Şəkil 3. Kompozit materiallarda yaranan defektlər: a) məsəmələr (qara); b) çatlar; c) təbəqələnmə; d) dalğavari defektlər [3]



Şəkil 4. Kompozit materiallarda yaranan xarici zədələr: a) qanadın səthində; b) füzeyajda [3]

Metal materiallardan fərqli olaraq kompozit materiallarda əmələ gələn defektlər istismar zamanı arta bilər, bu da konstruksiyanın etibarlılığını aşağı salır. Burada yəqin matrisin səthindəki çətin kompozitin daxilinə nüfuz edərək onu zədələyir və elastiklik modulunu aşağı salır. Adi təbəqələnmə defektində belə rabitə sıxlığının möhkəmliyi zəifləyir, liflərin sinması baş verir və darıma qüvvəsi aşağı düşür.

Kompozit əsaslı obyektlər qeyri-bircins struktura, anizotrop xassəyə, bir çox müxtəlif möhkəmləndirici tiyə (bir istiqamətli, eninə-uzununa, kombinasiya edilmiş və s.), spesifik fiziki xassələrə (yüksək elektroizolyasiya keyfiyyəti, aşağı istilikkeçiriciliyi, səs udulmasına, bir çox fiziki-mexaniki xarakteristikalara, kiçik qiymətli sıxlığa (0.02...2.0 q/sm³)) malik olduğundan onları nəzarətdə saxlamaq çox çətindir. Buna görə də bircins strukturlara (metallara) nəzərən kompozit materialların fiziki metodlar vasitəsilə yoxlanılması aşağı həssaslığı, buraxma qabiliyyəti və siqnal/küvə nisbətləri ilə müəyyən edilir.

Kompozit materialların bir çox növlərində istifadə olunan doldurucunun təbiiyyətindən asılı olaraq adətən, dielektrik və ya pis keçiricilərdir. Praktiki olaraq, bütün kompozit materiallar qeyri-maqnit materiallara aiddir, məhz, buna görə də metallar üçün tətbiq olunan bir çox zədəsiz nəzarət metodları kompozit əsaslı məmulatlar üçün yarasız hesab edilir.

Kompozit materiallar üçün tətbiq olunan əsas zədəsiz nəzarət metodları cədvəl 1-də verilmişdir [1,3]. Tətbiq olunan metodların əsas xarakteristikalarına nəzər yetirək.

Kompozit materialların yüksək tezlikli ultrasəs metodla yoxlanılması effektiv hesab olunur, belə ki, tezliyi 1...5 MHz olan ultrasəs dalğalarının gücü matrisdə, liflərdə və digər hissəciklərdə səpələnərək zəifləyir. Beləliklə, kompozit materialların qalınlıq diapazonundan asılı olaraq nəzarət çətinləşir. Bəzi kompozit materialların növləri nəmliyə qarşı çox həssas olurlar və burada zədəsiz nəzarət metodları tətbiq olunmur.

Kontaktsiz ultrasəs metodunda dalğaların həyəcandırılması üçün güclü lazerdən istifadə olunur. Bu metodun tətbiqində işçi personalın belə texnologiyaya ilə ehtiyatla davranması və iş şəraitində məhdud vaxtla işləməsi tələb olunur. Zədəsiz nəzarətin akustik metodlarının sırasında, xüsusi ilə çoxqatlı polimer kompozit materialların pərçim birləşmələri üçün aşağı tezlikli metoddan istifadə edilir. Aşağı tezlikli metodlar vasitəsilə karbon, bor, üzvi şüşə tipli lifli (karbon, bor, şüşə, orqanoplastik və s.) polimer kompozit əsaslı çoxqatlı pərçim konstruksiyalı birləşmələri, həmçinin qeyri-metallik örtükləri və karkas arası pərçim birləşmələrini də yoxlamaq mümkündür. Polimer kompozit əsaslı çoxqatlı pərçim konstruksiyaları üçün aşağı tezlikli zədəsiz nəzarət metodundan digər metodlardan fərqi aşağıdakılardır:

- konstruksiyanın qeyri-nəmliyə və qiqroskopik materiallardan hazırlanmış detal və aqreqlərə nəzarət etmək imkanı;

- nəzarət olunan obyektlərin səthi əyilmələrə, yəni çökək və qabarıq detallara nəzarət imkanı;

- anizotrop tipli materialların müxtəlif kəla-kötür səthlərinə nəzarət etmək imkanı.

Cədvəl 1. KM üçün tətbiq olunan əsas zədəsiz nəzarət metodları [1,3]

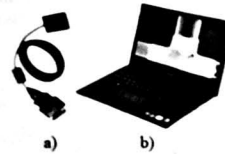
Tətbiq sahəsi	KM üçün tətbiq olunan nəzarət metodları	İnformasiya parametri	İstehsalatda nəzarət, m ² /saat	Aşkar edilmiş defektlərin ölçüləri, mm	
				Minimal açılış	Minimal uzunluq
Hamarlığın zədələnməsi	Aktiv istilik nəzarət	Temperatur, istilik sahəsi	0.6	0.15	10
Çat (açıq defekt)	Səthi dalğalı ultrasəs metodu	Ultrasəs çeviricisinin qəbuledici və ötürücü arasında ultrasəs signalının zaman müddəti	2.1	0.1	15
Açılmayan çatlar	Ultrasəs səs və termografiya metodu	Akustik şüalanma və istilik sahə	0.6	0.001	5...7
Müxtəlif defekt və çatlar	Radioqrafiya Radioskopiyaya Radiometriya	Rentgen şüasının intensivliyinin optik şüaya çevrilməsi	4...5	0.15	3
Çatlar	Radiodalğa	Şüalanmanın xarakteristikaları	0.5	0.1	15
Yad hissəciklər, nahamarlıq	Rentgenteleviziya	Rentgen və videogörüntülərin müqayisəsi	7	0.2	0.2
Fırlanan cisimlərdə çox-təbəqəli konstruksiyanın nahamarlığı	Tangensial işıqlandırma	Ölçülərin dəyişməsi və dərinliyin aşkarlanması	3	0.2	10

Qeyri-qıqroskopik kompozit materiallarda verici və obyekt arasındakı akustik kontakt yapışqanlı maye vasitəsilə həyata keçirilir. Adətən, kompozit materialların yoxlanılması üçün sərbəst rəqslər metodundan istifadə edilir, burada obyektin vibrasiya zərbəsindən sonra əmələ gələn sərbəst rəqslərin xarakteristikalarının analizi aparılır. Bu metod vasitəsilə müvafiq elektron avadanlıqla yanaşı müxtəlif təbəqələnmə və hava qabarcıqlı boşluqların, yapışmayan hissələrin və s. bu kimi defektlərin aşkarlanması da mümkündür. Sərbəst rəqslər metodu digər aşağı tezlikli akustik metodlarla (impedans, velosimetrik, akustik-topoqrafik və s.) müqayisədə aşağıdakı imkanlara malikdir:

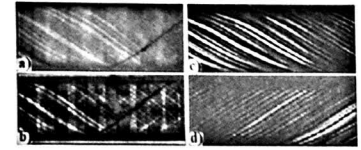
- böyük dərinlikdə yerləşən defektlərin aşkarlanması;
- kiçik elastik moduluna malik konstruksiya materiallarına nəzarət.
- elastik rəqslərinin yüksək sönmə əmsalına malik konstruksiya materiallarına nəzarət.

Ən çox yayılan metodlardan biri də radiasiya nəzarət metodudur [3]. Bu metod vasitəsilə müxtəlif boşluqların, ayrı-ayrı hissəcikli yad materialların, həmçinin qeyri-bircins strukturların (armirləşdirici elementlərin sınımaları, boşluqlar və s.) aşkarlanması mümkündür. Müəyyən edilib ki, metallarda olduğu kimi kompozit materialların ümumi qalınlığının dəyişməsindən asılı olaraq işıqlandırma defektlərinə (şüalanma selinə perpendikulyar yerləşən çatlar, təbəqələnmə) zəif təsir edərsə onda rentgen metodunun tətbiqi də qeyri-mümkün olur. Bu tip materiallar üçün kapilyar-radiasiya nəzarət metodu tətbiq edilir ki, burada işıqlandırılan obyektin elementlərinin kontrastlığı maye rentgenkontrast penetrantının nüfuzetməsi ilə artır. Bu məqsədlə rentgen şüasının yüksək udulma əmsalına malik geniş spektrli üzvi və qeyri-üzvi penetrantlar istehsal edilir. Ən çox yayılan penetrantlardan biri də ZnI₂ (sink yodid) məhlulu hesab edilir. O, başqa maddələrlə müqayisədə qeyri-şəffaf və yüksək radiasiyaya malikdir. Bu metod vasitəsilə çatların və ya laylararası boşluqlara kapilyar penetrantların nüfuzetməsi nəticəsində səthi və ya aralıq zədələri aşkarlamaq mümkündür. Son on ildə radiasiya defektoskopiyasının yüksək nailiyyətləri rəqəm rentgen televiziya nəzarətinin inkişafına da öz təsirini göstərib. Burada rentgen şüası optik çeviricilərin köməyi ilə obyektə keçərək optik şüaya çevrilir və telegörüntü metodu ilə ekranın monitorunda əks olunur. Burada qiymətli çox də bəha olmayan rentgenoptik ssintilyasiya kristallarından istifadə edilir və yüksək həssaslığa malik optik təsvirli kiçik qəbərli ölçülərə malik yük əlaqəli cihaz (YƏC) vasitəsilə oxunulur (şəkil 5). Rəqəmsal radioskopiyaya metodu ani rəqəmsal rentgen təsvirinin alınmasını təmin edir, vizual təsvirin alınmasını yaxşılaşdırır və təsvirlərə görə nəzarət olunan həndəsi parametrlərin ölçülməsini təmin edir. Burada verilənlər bazası (flaş-radioqrafiya) təsvirlərin daxil edilməsini, saxlanılmasını, seçimini, təsvirlərin əks olunmasını, nəticələrin çıxarılmasını, həmçinin verilənlərin lokal və xarici şəbəkələrə ötürülməsini təmin edir [3].

Şəkil 6-da rəqəm rentgen metodu ilə kompozit materialın daxilindəki ən bir neçə pikseləndə təşkil olunan lifin aşağı kontrastlı təsvirlərinin görüntüləri verilmişdir. Bu halda lifin strukturu araşdırmaq çətin olur. Burada təsvirlərin emalı üçün xüsusiləşdirilmiş rəqəmsal süzəgəclərdən istifadə edilir ki, bu da kompozit materialda verilmiş istiqamətlər üzrə liflərin rentgen təsvirini yaxşılaşdırır (şəkil 6b, c və d).



Şəkil 5. Rentgen YƏC-matrisli flaş radioqrafiya metodu: a) YƏC-in sensoru; b) kompozit materialdan hazırlanmış üçlüyün rentgen təsviri [3]



Şəkil 6. Kompozit nümunənin rentgen təsviri: a) cari; b), c), d) rəqəmsal kontrastdan sonra yaranan təsvirlər

Şəkil 7-də isə karbon liflərin və onların sınımlarının təsvirləri verilmişdir. Burada kompüter tomoqrafiyasının effektiv istifadəsi obyektin həndəsi ölçülərindən asılıdır. Bu cür bahalı texnologiyaya həcmli daxili strukturların tədqiqi üçün unikal hesab oluna bilər. Onun buraxma qabiliyyəti bir neçə mkm təşkil edir və kompüter mikrotomoqrafiya vasitəsilə təyin edilir.



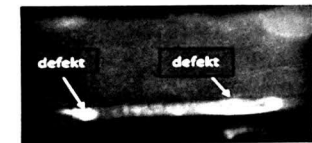
Şəkil 7. Tomografiya metodu vasitəsilə kompozit materialın daxili quruluşundakı sınımların təsviri [5]

Tomografiya metodu vasitəsilə 360...720 piksellə çəkilişlərin 360 dərəcə bucaq altında fırlanması zamanı böyük ölçülü kompozit materialların diaqnostikasını həyata keçirmək çətinidir. Bu metod vasitəsilə kiçik rəqəmsal 6, 12, 24 proyeksiyalı almaq mümkündür. Lakin burada ekspozisiya çatışmazlıqlarına rast gəlinir. Bu halda həndəsi parametrlərin rekonstruksiyalarının xətası kəskin artır.

Termografiya (istilik) metodu kompozit material tipli konstruksiyalar üçün ən perspektiv zədəsiz nəzarət metodudur [2, 6]. Bu metodun əsasını infraqırmızı texnika (teplovizor və ya pirometr) təşkil edir və temperatur sahələrinin dəyişməsi nəticəsində defektin mövcudluğunu təyin edir. Termografiya 0.01°C-də temperatur dəyişmələrini qeyd edir. Beləliklə, mexaniki yükləmlər zamanı enerji konsentrasiyasının yerləri qeyd edilir, burada plastik deformasiyanın yaranması nəticəsində enerjinin ayrılması baş verir. Səthdə temperatur sahələri qeyd edilərkən məmulatın sathına nəzərən enerji konsentrasiyonunun yerini təyin etmək olar. Burada qeyri-stasionar istilik keçirmə məsələlərini nəzərə alaraq onun ölçülərini və yerini də təyin etmək mümkündür. Şəkil 8 və şəkil 9-da kompozit əsaslı obyektlərdə istilik sahələrinin (termoqramların) yayılma görüntüləri verilmişdir [6].



Şəkil 8. Təyyarənin kompozit panelində yaranan defektin termoqramı [2]



Şəkil 9. Super Jet-100 təyyarəsinin şaşıqanlı panelində aşkarlanan defektin termoqramı [2]

Termoqrafik nəzarətin əsas üstünlüyü universallıq, temperatur siqnalının yüksək qiymətləndirilməsi, operativlik, yüksək məhsuldarlıq və uzaq məsafədən ölçmələrin aparılmasıdır. Bu metodun çatışmayan cəhətləri isə obyekt tərəfindən (optik xassələrin flüktuasiyası), həmçinin xarici istilik mənbə tərəfindən əmələ gələn spesifik küylərin mövcudluğudur.

Müəyyən edilmişdir ki, aktiv termoqrafia metodu zədəsiz nəzarətin yeni, yüksək effektiv və informativ metodlarından biridir və aerokosmik sənayedə geniş yayılmışdır. Aktiv istilik nəzarət metodunun bir sıra üstünlüyünə görə kompozit materialların bu metodla yoxlanılması daha məqsədəuyğundur (şəkil 10 və şəkil 11).

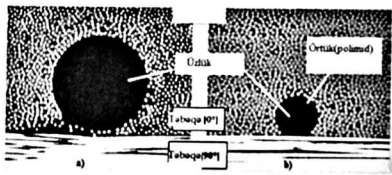


Şəkil 10. Kompozit materiallara tətbiq olunan aktiv istilik nəzarət metodu [2]

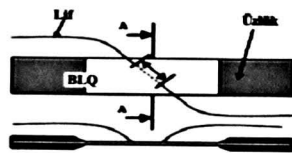


Şəkil 11. Təyyarələrin tədqiq üçün aktiv istilik nəzarət qurğusu (Automation Technology, Almaniya) [2]

Lakin son zamanlar müasir Boeing, Airbus, AgustaWestlan (AW), Northrop Grumman, NASA kimi aparıcı təşkilatların avtomatlaşdırılmış diaqnostik monitoring sistemləri müasir sensorlar əsasında layihələndirilib. Belə sensorların tətbiqi ən çox elmi tədqiqat işlərinin aparılmasında və bir çox müxtəlif fiziki parametrlərin (deformasiya, temperatur və maqnit sahəsi) ölçülməsində geniş istifadə edilmişdir. Tədqiqatlar onu göstərir ki, optik-lifli metod əsasında müasir sensorların gələcəkdə daha da təkmilləşdirilməsi bir sıra sahələrin inkişafına təkan verəcək. Məsələn müasir sensorlar vasitəsilə kompozit materiallı detalların, parçım birləşmələrinin, planerin daxili strukturunu tam izləmək, həmçinin konstruksiyanın ayrı-ayrı elementlərinin resurslarını və nahamar sahələrin operativ baxışını qısa müddət ərzində həyata keçirmək mümkün ola bilər. Şəkil 12 və şəkil 13-də müasir sensorların kompozit materialların daxili strukturuna quraşdırılmış vəziyyəti verilmişdir [5].



Şəkil 12. Ənənəvi optik-lifin (a) və kiçik diametrlili lifin (b) karbonplastikin daxili strukturunda yerləşdirilməsi [4,5]



Şəkil 13. PKM-ə quraşdırılmış verici [4,5]

Nəticə

Beləliklə, yuxarıda qeyd edilən zədəsiz nəzarət metodlarının kompozit materialların diaqnostikası üçün müsbət və mənfi cəhətləri vardır. Ultrasəs metodu kompozit materialların həcmli şəkildə yoxlanmasını həyata keçirməyə imkan vermir, belə ki, nəzarət olunan obyektin materialına, həmçinin onun səthinə qoyulan tələbləri gözəlmək lazımdır. Radiasiya metodu radiasiya təhlükəsizliyinə qoyulan tələblərə, eləcə də kompozit materiallarda yaranan spesifik defektlərdə istifadə olunan mürəkkəb texniki realizasiyanı məhdudlaşdırır. Optik-vizual metodun çatışmayan cəhəti gizli defektlərin aşkarlanmaması, kapilyar metodunun çatışmayan cəhəti isə kontaktlı və məhsuldarlığı aşağı olmasıdır. İstilik metodunun çatışmazlığı onun bir tərəfli yoxlamada

defektlərin dərinliyindən asılı olaraq səthi temperatur siqnalından asılı olması, həmçinin optik stimulyatorun istifadəsi zamanı additiv və multiplikativ səslərin yüksək səviyyədə aşkarlanmasıdır. Bu da kompozit materialların keyfiyyətinə nəzarəti çətinləşdirir.

Bu baxımdan son zamanlar diaqnostik metodların təkmilləşdirilməsi, zədəsiz nəzarət metodlarının tətbiqi ilə yeni avtomatlaşdırılmış diaqnostik modellərin yaradılması, yeni metod və vasitələrin öyrənilməsi, həmçinin parametrik göstəricilərin optimallaşdırılması yeni müasir diaqnostik komplekslərin yaradılmasında ən vacib məsələlərdən biri hesab edilir.

Belə monitoring sistemlərinin yaradılması HG-nin nəinki təhlükəsizliyinə, resurslarının artırılmasına, ölçmələrin dəqiqliyinin artırılmasına, iqtisadi cəhətdən səmərəli və əlverişli olmasına, eləcə də "insan – maşın – ətraf mühit" sisteminin kompleks şəkildə əlverişli tədqiqinə yol açacaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А. Полимерные композиционные материалы. Прочность и технологии. – М.: Изд-во Интеллект, 2009. – 352 с.
2. Еганов В.А. Разработка метода активного теплового контроля ударных повреждений в авиационных композиатах / Сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции "Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность", Томск, 23-27 мая 2016 г.: в 3 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. - Т. 1. - [5 с.].
3. Бойцов Б.В., Васильев С.Л., Громашев А.Г., Юргенсон С.А. Методы неразрушающего контроля, применяемые для конструкций из ПКМ / Труды МАИ, 2011, Выпуск №49, с. 1-11.
4. Akeda and Y. Okabe, "Fiber Bragg Grating Sensors in Aeronautics and Astronautics," Fiber Bragg Grating Sensors: Recent Advancements, Industrial Applications and Market Exploitation, pp.171-184 (2011).
5. Умный материал для Т-50: лазерные технологии обезопасят композитные конструкции. НИЦ «Институт развития исследований, разработок и трансфера технологий» Источник: <https://uacrussia.livejournal.com/81763.html>
6. Хорев В.С. Ультразвуковая инфракрасная термография полимерных композиционных материалов. Диссертация на соиск. уч. степ. кандидата технических наук. Томск: ТПУ, 2013. – 119 с.

REFERENCES

1. Bajenov S.L., Berlin A.A., Kulkov A.A. Polimerne kompozisionne materialy // Prochnost i tehnologii. – M.: Izd-vo Intellekt, 2009. – 352 s.
2. Yeganov V.A. Razrabotka metoda aktivnoqo teplovoqo kontrolya udarnix povrezhdeniy v aviasionnix kompozitax / Nerazrushayushiy kontrol: sbornik trudov VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Nerazrushayushiy kontrol: elektronnoe priborostroyeniye, tehnologii, bezopasnost", Tomsk, 23-27maya 2016.: v 3 t.-Tomsk:Izd-vo TPU, 2016. - T.1. - [5 s.]
3. Boysov B.V., Vasilyev S.L., Gromashev A.G., Yurgensov S.A. Metodi nerazrushayushiqo kontrolya, primenyaemie dlya konstruksii iz PKM// Trudi MAI, 2011, Vipusk №49, S.1-11.
4. Akeda and Y. Okabe, "Fiber Bragg Grating Sensors in Aeronautics and Astronautics," Fiber Bragg Grating Sensors: Recent Advancements, Industrial Applications and Market Exploitation, pp.171-184 (2011).
5. Umnny material dlya T-50: lazernie tehnologiya obbezopasat kompozitnie konstruksii. NIS «Institut razvitiya issledovaniy, razrabotki i transferta tehnologii» Istochnik: <https://uacrussia.livejournal.com/81763.html>
6. Xorev V.S. Ultrazvukovaya infrakrasnaya termografiya polimerix kompozisionix materialov. Dissertatsiya na soisk. uch. step. kandidata texnicheskix nauk. Tomsk: TPU, 2013. – 119 s.

ДЕФЕКТЫ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИТНОЙ ОСНОВЕ И ИХ ДИАГНОСТИКА МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Х.И. Абдуллаев, С.Г. Аллахвердиева

Дан сравнительный анализ методов неразрушающего контроля для конструкции и деталей летательных аппаратов (ЛТА) на основе композитных материалов. Отмечено, что конструктивные

элементы, панели и узлы изделий ЛА на основе многослойных полимерных композитов эксплуатируются в условиях воздействия статических и динамических нагрузок, а также подвержены значительному воздействию температуры и влажности окружающей среды. В процессе эксплуатации конструкций, изготовленных из композиционных материалов, в результате ударных, механических, коррозионных и пр. повреждений, образуются трещины, а периодические изменения влажности и температуры в конечном итоге приводят к их прогрессирующему росту. Существующие методы неразрушающего контроля (НК) композиционных материалов имеют ряд недостатков. Для устранения этих недостатков даны предложения по исследованию образующих дефектов, изучению значений динамической корреляции, совершенствованию существующих диагностических методов, разработке новых методов и моделей, а также исследованию комплексной системы в виде «человек-машина-окружающая среда».

Ключевые слова: композитные материалы, дефект, методы неразрушающего контроля, нагруженные части, диагностические модели, динамическая корреляция.

DEFECTS OF AIRCRAFT STRUCTURAL ELEMENTS BASED ON POLYMERIC-COMPOSITE AND THEIR DIAGNOSTICS BY NONDESTRUCTIVE CONTROL METHODS

Kh.I. Abdullayev, S.Q. Allahverdiyeva

The article deals with the application of non-destructive testing methods for the structure and parts of aircraft based on composite materials and conducted their comparative analyzes. It is known that structural elements, panels and assemblies of aircraft products based on multilayer polymer composites operate under static and dynamic loads, and are also subject to significant effects of ambient temperature and humidity. The existing methods of non-destructive testing (NDT) of composite materials have a number of disadvantages. In this work, to eliminate these shortcomings, the study of forming defects, the study of the values of dynamic correlation, the improvement of existing diagnostic methods, the development of new methods and models, as well as the study of an integrated system in the form of "man-machine-environment" were proposed.

Key words: composite materials, defect, non-destructive testing method, loaded parts, diagnostic models, dynamic correlation.

Müəlliflər haqqında məlumat:

Soyadı, adı, atasının adı Abdullayev Xəqani İmran oğlu
İş yeri Milli Aviasiya Akademiyası, "Radioelektronika" kafedrası
Vəzifəsi Professor
Maraq sahəsi Radiotexnika, bərk cisim elektronikasi, zədəsiz nəzarət metodları
E-mail khabdullayev@naa.edu.az
Əlaqə telefonu (+994) 77 420 20 48

Soyadı, adı, atasının adı Allahverdiyeva Solmaz Qulu qızı
İş yeri Milli Aviasiya Akademiyası, "Aerokosmik cihazlar" kafedrası
Vəzifəsi Baş müəllim
Maraq sahəsi Zədəsiz nəzarət metodları, avtomatik idarəetmə sistemləri
E-mail allahverdiyeva@naa.edu.az
Əlaqə telefonu (+994) 50 322 77 87

Rəyçi: *f.-r.e.d. A.Z. Bədalov*