

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ  
Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

## **ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Технічна діагностика та неруйнівний контроль»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти  
**Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і  
авіадвигунів**

**за темою – «Характеристика устаткування, що використовується для  
діагностування АТ»**

**Харків 2022**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2022 №8

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою Кременчуцько-  
го льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 22.08.2022 №1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2022 №8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної  
техніки, протокол від 10.08.22 № 1

**Розробники:** викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної  
техніки, спеціаліст, доктор технічних наук, професор Тамаргазін О.А.

**Рецензенти:**

1. Викладач кафедри машинобудування Кременчуцького національного  
університету ім. М.Остроградського, к.н.т., доцент, спеціаліст вищої ка-  
тегорії Шаповал О.О.
2. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техні-  
ки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного  
університету внутрішніх справ, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.

## **План лекції.**

1. Загальна характеристика устаткування, що використовується для діагностування АТ.
2. Пристрої для виявлення працездатності об'єктів діагностування.
3. Особливості неруйнівного контролю деталей авіаційної техніки.
4. Магнітопроменевий метод діагностування АТ. Оптично-візуальні методи діагностування АТ. Магніто-порошковий метод діагностики АТ. Капелярні методи діагностики АТ. Вихретокові методи діагностики АТ. Ультразвукові методи діагностики АТ. Діагностика деталей ГТД, що омиваються маслом. Вібраакустична діагностика.
5. Порівнювальні характеристики різних методів неруйнівного контролю деталей авіатехніки АТ.

## **Рекомендована література :**

### **Основна література:**

1. Кеба І.В. Діагностика авіаційних і ГТД, 1980. 220 с.

### **Допоміжна література:**

1. Машошин О.Ф. Діагностика авіаційної техніки. Навчальний посібник. М.: МГТУ ГА, 2007. 141 с.
2. Кеба І.В. „ Конструкція и льотна експлуатація авіаційного двигуна ГТД-350”, М.: Транспорт, 1987. 224с.
3. Мозгалевський А.В., Гаскаров Д.В. Технична діагностика. Навчальний посібник для вузів. — М.: Висш. школа, 1975. 207 с.
4. Лозовський В.Н. Бондал Г.В., Каксис О.В. Діагностика авіаційних деталей. М. : Машинобудування, 1988. 280 с.
5. Лозицький Л.П., Янко А.К., Лапшов В.Ф. Оцінка техничного стану авіаційних ГТД. М.: Повітряний транспорт, 1982. 140 с.
6. Макаровський И.М. Основи техничної експлуатації и діагностики авіаційної техніки: Уч. посібник . Самара: СГАУ, 2004. 116 с.

## **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. <http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>
2. URL:<http://www.usndt.com.ua/index.htm>

## **Текст лекції**

## **Характеристика устаткування, що використовується для діагностування АТ**

### **Класифікація методі контролю працездатності авіаційної техніки**

Всі методи контролю працездатного стану можна розділити на дві великі групи: фізичні і параметричні.

**фізичні методи** контролю засновані на використанні різних фізкабінетчеських явищ, супутніх працездатним і неработоспособнимі станів об'єктів.

Фізичні методи, в свою очеугу, можуть бути розділені також на дві групи. Одна з цих груп методів використовується для контролю деталей об'єктів при їх неробочому стані, а друга - при статичних режимах роботи об'єктів контролю.

У неробочих станах об'єкта фізичні методи контроля забезпечують визначення прихованых механічних пошкоджень і дефектів в деталях (поява прихованых наскрізних і несквозних мікротріщин, внутрішніх раковин і сторонніх включень, надламів і т. д.).

Фізичні методи для контролю об'єктів в їх робочих зістояння забезпечують виявлення неприпустимих зносів і повнов в сполучених рухомих деталях механізмів (підшипниках, кривошипних механізмах).

Істотним є той факт, що в процесі проведення контролю випробовувані елементи не піддаються будь-яким діям, здатним привести до їх пошкодження. Тому методи оцінки технічного стану агрегатів і механізмів, що працюють в статичних режимах, називаються методами неруйнівного контролю.

**Параметричні методи контролю** працездатності основани на вимірі, відповідному функціональному преобразовання результатів вимірювань та оцінки вихідних і внутрішніх параметрів структурних компонентів і окремих елементів бортового обладнання (авіоніка + общесамолётные системи). Ці методи забезпечують контроль об'єктів як в їх неробочих станах, так і в статичних і динамічних режимах роботи.

До параметричних відносяться методи контролю працездатності окремих елементів електричніських схем елементів бортового обладнання - резисторів, реактивних опорів, контактів, ізоляції і т. п. Як правило, ці елементи контролюються в неробочих станах об'єктів. У статичних і Дінамических режимах роботи контролюються відповідно статические і динамічні характеристики вихідних параметрів об'єктів контролю.

## **Характеристика фізичних методів контролю**

У всіх країнах світу найбільша затребуваність НК проявляється в екстремальних ситуаціях, наприклад в разі авіакатастроф, викликаних дефектами конструкції повітряних суден. В СРСР прикладом цього може служити катастрофа літака Ан-10 в 1972 р (руйнування крила), після якої всі літаки даного типу були зняті з експлуатації. Слід зазначити, що якби в процесі випробувань крила в зв'язку з продовженням ресурсу до парку літаків Ан-10 були застосовані інструментальні засоби НК, початковий дефект на випробувальному об'єкті був би виявлений і вжиті заходи з доопрацювання конструкції. Крім того, всі літаки після доопрацювання могли б літати до теперішнього часу, що підтверджує експлуатація Ан-12, що має аналогічну конструкцію центроплану. Саме тому після цієї трагедії було прийнято Постанову РМ СРСР про розробку засобів неруйнівного контролю для авіаційної техніки. За основу були взяті розробки, виконані на підприємствах авіаційної промисловості і Міністерства оборони. Ряд засобів НК випускалися відомчими підприємствами Мінавіапрому, Міністерства цивільної авіації та ін. Зокрема, в ГосНИГА або при його безпосередній участі були розроблені дефектоскопи, які пішли в серійне виробництво. Ці кошти значно підвищили надійність неруйнівного контролю в умовах експлуатації, полегшили працю дефектоскопістів і користувалися великим попитом.

При зміні структури господарських відносин в нашій країні в 90-і рр. такий порядок був порушений і виробництво комплектів припинено.

Які перебувають сьогодні в експлуатації засоби неруйнівного контролю, хоча і забезпечують покладені на них НТД завдання по дефектоскопії авіаційної техніки, морально застаріли і за часом розробки є ровесниками нашої старіючого парку літаків. У всіх них використовується виключно аналоговий спосіб обробки сигналу, в той час як в сучасних зарубіжних дефектоскопах застосований переважно цифровий спосіб, що дозволяє підвищити чутливість, об'єктивність контролю за рахунок зменшення суб'єктивного впливу оператора і більш якісної обробки інформації.

В даний час в багатьох країнах і країнах СНД в розробці засобів НК намітився якісний зсув: з'явився цілий ряд дефектоскопів і товщиномірів, які не поступаються зарубіжним приладів, а в деяких випадках і перевершують їх.

З середини 80-х років на регулярних пасажирських лініях почали експлуатуватися повітряні судна, в конструкціях яких знайшли широке застосування (блізько 30% по площі фюзеляжу і крила) стільникові конструкції (СК). Аналіз статистики відмов і несправностей вітчизняних типів ВС показав, що зі збільшенням напрацювання спостерігається, зростання кількості дефектів СК. При цьому до 80% відмов і несправностей виникають через руйнування клейового з'єд-

нання елементів стільникових конструкцій і порушення герметичності останніх. Це може бути наслідком як виробничих дефектів, так і руйнуванням СК під дією експлуатаційних навантажень. Як показала практика експлуатації літаків Ту-204, Іл-86, Ан-124 ("Руслан") і інших, клеєні стільникові конструкції літаків набирають всередину воду внаслідок порушення герметичності стільникових агрегатів. Потрапила всередину стільникових агрегатів вода знижує міцність клейових з'єднань, викликає руйнування клейового шару і стільникової заповнювача, призводить до збільшення маси і зміни центрування агрегатів, відшарування обшивок від сот, а при замерзанні води - до відриву обшивки від стільникового заповнювача або до руйнування агрегату в польоті. Тому проблема виявлення води в і її усунення актуальна для авіації і є одним із важливих завдань в за-безпечені безпеки польотів.

Тому досить актуальним стає питання про необхідність застосування при оперативному технічному обслуговуванні більш ефективного методу діагностування елементів планера, виконаних у вигляді СК. При оперативної діагностики важливо мати можливість швидко оцінити або наявність, або відсутність дефекту максимально допустимої величини, а також дати прогноз на період до наступної перевірки. При цьому необхідно прийняти рішення про подальшу експлуатацію агрегату або ж про його заміну і відправці в ремонт. Точні розміри і розташування дефекту визначаються при ремонті.

У той же час появі літаків Ан-148, Іл-96-300, СуперДжет 100, в яких використовуються нові конструктивні матеріали, в тому числі композиційні матеріали (КМ), висуває ряд нових завдань в галузі неруйнівного контролю.

Відсутність контролю стільникових конструкцій з композиційних матеріалів в літаку A300 привело в 2001 р в США до катастрофи цього аеробуса, на якому в процесі зльоту відірвався кіль, виготовлений повністю з КМ. Основною причиною катастрофи, мабуть, було "старіння" композиційних матеріалів і втрата ними міцних властивостей.

За результатами виконаних досліджень можна стверджувати, що найбільш перспективним для цілей оперативної діагностики є ударно-акустичний метод (званий також "методом вільних коливань"). Суть методу полягає в тому, що по поверхні контролюваного вироби наносяться механічні удари і з того, ж ділянки поверхні знімається сигнал, який визначається пружними коливаннями, порушуваними в контролюваному виробі цим ударом.

До останнього часу досить серйозною перешкодою на шляху практичного застосування методу і зниження суб'єктивного фактора при контролі була сильна залежність частоти власних коливань (ЧСК) від форми і розмірів контролюваного вироби. Однак успіхи, досягнуті в області аналізу спектрів ЧСК виробів різних форм і розмірів, а також широке застосування комп'ютерної техніки, дозволя-

ють в даний час істотно спростити процес контролю, що призводить в свою чергу до розширення областей застосування цього методу.

Основними методами неруйнівного контролю (НК),

застосовуваними в цивільній авіації, є:

- візуально-оптичний,
- вихрострумовий,
- магнітопорошковий,
- ультразвуковий (акустичний),
- капілярний,
- рентгенографічний.

Головна роль НК полягає в забезпеченні своєчасного виявлення дефектних елементів конструкції планера, двигуна, агрегатів ВС з метою виключення їх можливого руйнування в процесі подальшої експлуатації.

Істотним є той факт, що в процесі проведення контролю випробовувані елементи не піддаються будь-яким діям, здатним привести до їх пошкодження. Саме тому метод називається неразрушающим.

Завдання впровадження неруйнівного контролю та забезпечення його застосування в умовах експлуатації і ремонту цивільних ВС покладені на підрозділ ГосНПГА - Науковий центр підтримки льотної придатності повітряних суден (НЦ ПЛГВС).

**Візуально-оптичний метод контролю** заснований на застосуванні оптичних приладів для огляду зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталів і агрегатів. При цьому виявляються такі дефекти, як корозія, раковини, тріщини, вм'ятини, місцевий наклеп, подгара, окислення, слідства електричної ерозії деталей електричеських та інших пристрій. Застосування різних оптичних приладів для огляду важкодоступних місць на агрегатах і приборах "скороочує" час і трудовитрати на перевірку стану авіаційної техніки.

Оптичний контроль здійснюється за допомогою різних луп, механічно керованих дзеркал (із змінним кутом наклону), технічних ендоскопів. Для загального огляду і пошуку досить великих зовнішніх дефектів застосовують оглядові лупи ЛПК-471, бінокулярні налобні лупи БЛ-1 і БЛ-2. мікроскопи зазвичай застосовують в стаціонарних умовах лабораторії. Використовуються бінокулярні мікроскопи БМ-51-2, МБС-2, МБС-3 і ін. Контроль віддалених об'єктів виконують телескопическими лупами (ЛПШ-474, тла). За допомогою гнуучких ендоскопів можно оглядати внутрішні поверхні ємностей (балонів) для зберігання кисню, інших газів і рідин, а також трубопроводов будь-яких конфігурацій. Світло і зображення контролюючої поверхні в ендоскопах передаються скловолокнистими световодами.

**Метод вихрових струмів** забезпечує контроль на відсутність слідів пошкоджень в деталях з магнітних і немагнітних матеріалів: тріщин під шаром лакофарбового покриття або окислов і мастил, підповерхневих і поверхневих пустот, посторонніх включень в матеріалі деталі на глибині до 1 мм. виє поверхневі тріщини довжиною від 0,6 мм і ширину не менше 0,01 мм.

Суть методу полягає в наступному. Контрольований ділянку поверхні деталі поміщають в змінне магнітне поле. Його джерелом служить катушка, що живиться змінним струмом досить високої частоти. В результаті в металі деталі виникають вихрові струми. Їх магнітний потік надає розмагнічуюче дію на катушку, внаслідок чого результуючий потік катушки зменшується, зменшується її Індукторитивное опір і зростає наведене активну опорутивление (за рахунок активного опору, що вноситься з детаЧи).

Наявність дефектів в деталі викликає зменшення її місцевої електропровідності і, отже, вихрових струмів і струму в катушці. Знаючи значення струму катушки при контролі бездефектної деталі, зі зміни струму визначають місце дефекту в контролюваної деталі. (В процесі контролю вимірювальна головка дефектоскопа переміщається по поверхні деталі, послідовнокові «обмаочуючи» таким чином всі крапки поверхні детаЧи.)

Внаслідок наявності поверхневого ефекту вихрових струмів, ці струми зменшуються за глибиною матеріалу деталі. Найбільші доши значення струмів має місце на самій поверхні матеріала. За умовну глибину  $h_0$  проникнення вихрових струмів припrijмається відстань від поверхні, на якому щільність вихревих струмів зменшується до 37% від поверхневого значення. Ця глибина визначається залежністю

$$h_0 = (\pi \cdot \gamma \cdot \mu \cdot f)^{-2}$$

де  $g$  - електропровідність матеріалу деталі;

$\gamma$  - магнітна проникність матеріалу;

$f$  - частота збуджуючого струму.

Глибину проникнення вихрових струмів можна змінювати в основному за рахунок частоти  $f$ . Залежно від матеріалу і толшини деталі застосовуються частоти від декількох герц до НЕскількох мегагерц. Найбільшого поширення струмових вихровий дефектоскопи знайшли на заводах-виробниках авіатехніки і на ремонтних заводах.

**Магнітні методи контролю** є одним з найбільш пошироюючих неразрушаючих фізичних методів і засновані на виявленні магнітних полів розсіювання, метушнікаючих над дефектами при намагнічуванні деталі. Дефект деталі (тріщина, раковина, немагнітні включения) на шляху магнітних силових ліній викриває їх - лінії "огібають" місце дефекту. Найбільш широке распространення знаходить простий метод виявлення магнітного нуля над дефектами за до-

помогою суспензії<sup>1</sup> **феромагнітного порошку**. Створення магнітних силових ліній викликають відповідаючі концентрації порошку в місцях розташування дефекту. При цьому утворюється малюнок дефекту - магнітограми.

Магніти методи розвиваються в наступних напрямках.

➤ **магнітопорошкова дефектоскопія** виробів з феромагнітних матеріалів включає розробку технологій неруйнівного контролю, підбір магнітних порошків і концентратів магнітної суспензії, визначення максимально досяжної чутливості контролю, розробка технології розмагнічування деталей і конструкцій складної конфігурації, кількісна оцінка рівня допустимої залишкової намагніченості деталей і агрегатів (рис. 2.1, 2.2).

➤ **магнітна толщинометрія**- контроль товщини будь-яких немагнітних покривів, що наносяться на феромагнітні деталі; контроль товщини магнітних покривів (Ni, Co і ін.), нанесених на немагнітні або слабомагнітні матеріали.



<sup>1</sup> Суспензія - дисперсна система, що складається з частинок твердого тіла (дисперсної фази), розподілених в рідкому середовищі.

Рис. 2.2. Прилади для магнітопорошкової дефектоскопії ІФСС, АКС-1Ц

➤ **магнітна структурископії**- контроль фізико-механічних характеристик; сортування сталей за марками; контроль якості термічної обробки (структурі або твердості).

➤ **Неруйнующий контроль** невеликих партій виробів з метою виявлення тонких, невидимих оком поверхневих дефектів матеріалу типу тріщин (гартівних, зварювальних, шліфувальних, втомних, штампувальних, ливарних і ін.), волосовин, флокенов, заходів, Заков, надривів, рихтувальних тріщин, деяких видів розшарувань і т.п.

Зовнішній вигляд і комплектність магнітного дефектоскопа ілюструють рис. 2.3.



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд і комплектність магнітного дефектоскопа

**Дефектоскоп магнітний ДМПУ-1** призначений для намагнічування виробів або їх ділянок в режимах імпульсного, змінного, постійного поля. Імпульсне намагнічування проводиться пропусканням струму по ділянці об'єкта або кабелем, намотаним на виріб. Намагнічення постійним і змінним полем проводиться катушками або електромагнітом. Для всіх режимів передбачено розмагнічування.

**капілярні методи** неруйнівного контролю забезпечують виявлення невидимих або слабо видимих оком дефектів, що виходять на поверхню виробів з немагнітних металів, а також сталевих деталей і деталей з неметалів як простий, так і складної форми. Методи засновані на капілярному проникновенні спеціальних індикаторних рідин в порожнині поверхностей і наскрізних несплошностей об'єктів контролю (трубопроводов, герметичних судин, корпусів електричних апаратів та їх деталей і т. п.) і реєстрації утворюються

індикаторних слідів візуальним способом або за допомогою спеціального проявітеля.

Технологія передбачає нанесення на оброблену поверхню шару індикаторного рідини - пенетранта, який проникає в порожнини дефектів під дією капілярних сил. Через деякий час надлишок пенетранта видаляють, а на поверхню наносять шар спеціального швидко сохні проявляється складу, порошку або суспензії. Проявник витягує пенетрант з порожнин дефектів. Пенетрант сорбирається (поглинається) проявником, в редок чого останній забарвлюється або люмінесцирує під впливом ультрафіолетового випромінювання (рис. 2.4). На поверхні деталі проявляються тонкі лінії малюнка дефекту.

Залежно від способу отримання зображення дефекту капілярні методи діляться на кольоровий, люмінесцентний, Люми-несцентно-кольоровий. Як проникаючої рідини при кольоровому методі застосовується яскраво-червоний розчин жіорастворимого барвника в суміші з органічними розчинниками, що володіють великою капілярністю (бензоли, гас і ін.).

**Ультразвукові методи контролю** засновані на здатності ультразвукових коливань поширюватися в матеріалі деталі у вигляді спрямованих пучків і відбиватися як від кордонів розділу середовищ: від протилежної поверхні деталі, від внутрішніх дефектів - тріщин, раковин, розшарувань і т. п. Метод забезпечує контроль деталей, виготовлених з будь-яких матеріалів, виявлює поверхневі і дефекти деталей, дефекти склеювання. При цьому може тільки виявлені де-



теріалів, внутрішні пайки, жуть бути дефекти,

але і визначені їх розміри і координати положення. Метод вимагає попереднього налаштування апаратури за допомогою еталонів - стандартних зразків з жароміцніх, титанових і алюмінієвих сплавів з плоскодонними відбивачами діаметром від 0,4 мм.

Для контролю деталей нескладної форми і малої товщини використовують тіньовий метод. До однієї сторони докладають джерело коливань, а до іншої - їх приймач, які розміщаються в спеціальній оправці (рис. 2.6, 2.7).



Рис. 2.6. Перетворювачі та безлюфтове оправлення для тіньового методу контролю

Про наявність дефекту судять або по зменшенню енергії коливань за зоної дефекту, або по зміні фази коливань, що огинають дефект. Розроблено методики імпедансного контролю композиційних матеріалів, в тому числі з безеталонного налаштуванням. Розроблено, виготовлено та впроваджено автоматизованих і механізованих систем сканування (не більше 2 ступенів свободи) для виробів простої форми. Реалізовано контроль (в тому числі автоматизований) невеликих партій металевих матеріалів, напівфабрикатів і виробів на наявність тріщин, неметалевих і газонасичених включень, структурних неоднорідностей. Чутливість контролю відповідає діаметру контролювального відбивача від 0,4 до 4 мм - для внутрішніх дефектів і ризик глибиною від 0,05 мм - для поверхневих дефектів (рис. 2.8).



Рис. 2.7. Контроль металевих матеріалів

При контролі виробів з вуглепластиків і склопластиків на наявність розшарувань і відсутність сполучного досягнута чутливість контролю (мінімальний виявляється дефект) - від 5 мм (але не менше подвоєної товщини конструкції або обшивки). забезпеченоконтроль шаруватих композиційних матеріалів (СІАЛ, АЛОР) на наявність розшарувань і непроклея.

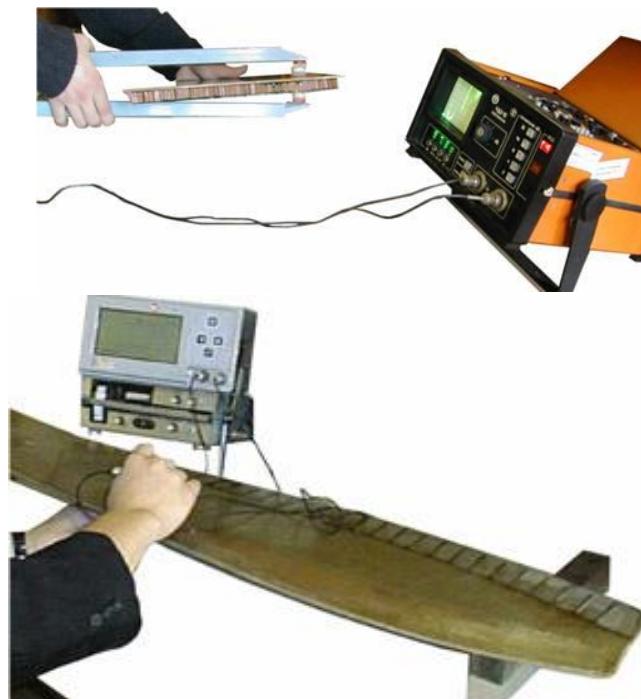


Рис. 2.8. Контроль металевих і неметалевих клеєніх стільникових конструкцій на наявність непроклея і відслонень сот

Для контролю великих деталей можуть використовуватися також резонансний і імпедансний ультразвукові методи. В авіаційній промисловості, на ремонтних заводах і на експлуатаційних підприємствах застосовується ряд типів стаціонарних і переносних ультразвукових дефектоскопів, призначених для контролю виробів.

Ультразвукові течеїськателі призначені для вирішення проблем, пов'язаних з: (доповнити)

**акустичні методи** засновані на вимірюванні і аналізі характерістик шумів механізмів. Технічний стан різних механізмів і машин може бути оцінений за такими параметрами, як шум і вібрації в процесі їх роботи, які є наслідком деформацій і напружень в деталях, взаємодії деталей один з одним і з зовнішнім середовищем. Шум характеризує як загальні властивості машини, так і властивості її окремих елементів.

Шум має велику інформативність. Він має широкий спектр сигналу і його параметри утворюють багатовимірний століттятор. На відміну від шуму температура корпусу машини, наприклад, прак-

тично є одновимірної величиною внаслідок великої теплової інерції маси машини.

Кожному стану машини відповідає певний акустический сигнал, який потрібно розпізнати в процесі діагностування. При цьому основна проблема полягає в боротьбі з перешкодами, які спотворюють сигнал і ускладнюють його розшифровку. З нескінченного числа можливих станів машини має бути відібрано кінцеве число, яке підлягає розпізнаванню при діагностуванні. В результаті такої клас-класифікацією різні стану машини, для яких значення ознаки знаходяться в якомусь певному діапазоні, відносяться до однієї області, т. е. до одного класу, і не розрізняються при діагностуванні. Об'єднані в один клас різні перебуваючина не є джерелом одного і того ж сигналу. Следовательно, машини, що знаходяться в одному і тому ж номінальному зістоянні, т. е. в одному класі станів, випромінюють різні сигнали, якщо їх дійсні стану трохи різні.

Як вже зазначалося, всі безліч станів може бути розділене на два класи - працездатне і неработойздатне. Але обидва ці класи мають велике число градацій, і, отже, не можуть випромінювати чітко визначає сила. Варіація сигналів в межі одного класу станів являється на заваді для діагностування.

Задачу акустичного діагностування зводиться до пізнаючиню звукового сигналу, випромінюваного досліджуваним механізмом, і віднесення його до одного з цих класів. Тому дільське пристрій в якості апріорної повинно містити інформацію про сигнали, які відповідають розрізняти стани механізму.

Залежно від виду інформації про сигнал, що зберігається в пам'яті системи контролю, і від алгоритму діагностування розрізняють наступні методи акустичного діагностування;

1. У пам'яті системи контролю зберігаються  $N$  тимчасових реалізацій сигналів, відповідних  $N$  різним станам і механізмам. У процесі діагностування обчислюється взаємна кореляція - одна функція кожного з цих сигналів з сигналом, випромінюваним механізмом. Стан механізму ставиться до того з  $5$  станів, з сигналом якого випромінюється сигнал має найбільшу кореляцію.

У пам'яті системи контролю зберігаються статистичні характеристики типових реалізацій сигналів (т. е. при заданих определених станах) - закони розподілу, кореляційні функції або енергетичні спектри. В процесі діагностування обчислюється одна із зазначених статистичних характеристик випромінюваного механізмом сигналу, і ця характеристика порівнюється по черзі з набором, що зберігається в пам'яті. Критерієм близькості характеристик служить або середньоквадратичне відхилення однієї функції від іншої, або максимальне відвідхилень.

За результатами виконаних досліджень в ГосНІГА можна стверджувати, що найбільш перспективним для цілей оперативної діагно-

стики є ударно-акустичний метод (званий також "методом вільних коливань"). Суть методу полягає в тому, що по поверхні контролюваного вироби наносяться механічні удари і з того, ж ділянки поверхні знімається сигнал, який визначається пружними коливаннями, порушуваними в контролюваному виробі цим ударом.

**Радіаційні методи контролю** засновані на використанні проникаючих випромінювань: рентгенівського, гамма, бета і нейтронного. Дефекти в матеріалах контролюваних деталей визначаються в результаті оцінки степені ослаблення інтенсивності випромінювань при проходженні їх через деталь. Інтенсивність випромінювання, котра знайшла на своєму шляху раковини, тріщини, якихлоти, буде вище, ніж інтенсивність випромінювання, що пройшли через щільний матеріал, який не має внутрішніх дефектів.

Для реєстрації результатів контролю використовуються сцинтиляційні лічильники, електронно-оптичні перетворювачі з екраном для візуального спостереження рентгенографічного зображення деталі.

Розробка технологій рентгенографічного та рентгеноскопічного контролю виробів з металевих недеформірованих матеріалів, неметалевих і композиційних матеріалів з метою виявлення дефектів литья, зварювання, пайки і інших з'єднань.

Розробляються технології можуть бути впроваджені у виробництві вузлів і деталей, а також на ремонтних заводах і в умовах експлуатації авіаційної техніки (рис. 2.9, 2.10).



Рис. 2.9. Сучасні рентгеноскопічні установки

Радіаційний контроль - порівняно складний і працеємний процес. Такий контроль доцільний лише тоді, коли неефективні більш прості і економічні методи: візуально-оптичний, магнітний, капілярний, ультразвукової, струмових різків.

**теплові методи** контролю працездатності електричних пристрій застосовуються при робочих режимах роботи цих вустройств і засновані на аналізі теплового (інфрачервоного) випромічення елементів, деталей або всього пристрою. Інтенсивність теплового випромінювання залежить від електричних характеристик елементів пристрою, від їх технічного стану. Работоспособе пристрій має певну картину випромінювань. Зрадіня цієї картини свідчить про зміну режиму роботи, технічного стану елементів пристрою. збільшення інтенсивності теплового випромінювання окремих деталей, елементів електричної схеми може бути наслідком їх перегріву, связаного з появою дефектів. Своєчасне виявлення цих дефектів дозволяє вжити заходів, що виключають відмова всього вустройства. Залежно від способу отримання характеристик випромінюючия теплові методи контролю діляться на контактні і неконтактні.

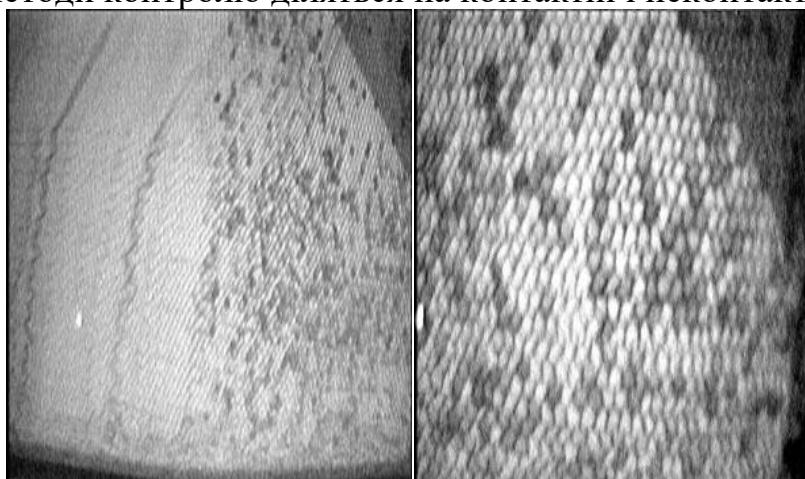


Рис. 2.10. Знімок агрегату, що містить вологу в сотах, і його збільшений фрагмент, отриманий рентгеноскопічним методом

#### **До контактних методів відносяться:**

- вимір температури в контролюваних точках об'єкта за допомогою вбудованих термопар. Цей метод широко використовується в авіації для вимірювання температури газів авіадвигунів і головок циліндрів поршневих двигунів, температури подшипників опор валів авіадвигунів;
- використання температурно-чутливих фарб і составов, що змінюють колір при досягненні певної температури деталі, на яку вони нанесені. Так контролюються багато резисторів в електричних і радіотехнічних схемах;
- застосування рідкокристалічних сполук, колір яких можна зупинити змінюється в залежності від температури їх капсул, закріплених на контролюваному об'єкті. В даний час є рідкокристалічні з'єднання, дозволяючие вимірювати різниці температур 0,1 °C в діапазоні 10-100 °C.

#### **До неконтактним методам відносяться:**

- ✓ методи евапографії, засновані на випаровуванні спеціальних

рідин під дією теплових випромінювань деталей об'єкта і подальшої конденсації пари на тонкій мембрані з метою отримання видимого зображення теплового поля;

✓ використання властивостей люмінофорів змінювати інтенсивність свого світіння під дією температури. розроблено Люминесцентные термографи, яскравість світіння яких змінюється на 20% при зміні температури на  $1^{\circ}\text{C}$  [4];

✓ отримання теплового зображення об'єкта контролю на екрані ЕЛ електронно-оптичного перетворювача інфрачервоних випромінювань (цей принцип широко використовується в відомих пристроях нічного бачення).

**Недоліки теплових методів контролю** наступні: складність реалізації контролю стану рухомих елементів об'єктів; велика теплова інерція об'єктів контролю, внаслідок чого по нагріванню електричного агрегату в цілому не можна зробити збільренного висновку про технічний стан його окремих частин; необхідність хорошого доступу до електричної схеми об'єкта для спостереження теплового зображення в прийомних пристроях електронно-оптичного перетворювача, що практично затруднено в умовах експлуатації на літальному апараті. ці методи доцільні в умовах лабораторій експлуатаційного підприємства.