

**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  
**272 Авіаційний транспорт**  
**(Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і  
авіадвигунів)**

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

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 р. № 7

**СХВАЛЕНО**

Методично радою Кременчуцького  
льотного коледжу  
Протокол від 28.08.2028 р. № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 р. № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 р. № 1

**Розробники:** викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки *Яніцький А.А.*

**Рецензенти:**

1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор *Тамаргазін О.А.*
2. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки 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. Вібродіагностика.
5. Порівнювальні характеристики різних методів неруйнівного контролю деталей авіаційної техніки АТ.

## **Рекомендована література :**

### **Основна література:**

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

### **Допоміжна:**

- Мадорский Я.Ю. “ Теорія авіаційних двигунів”, ч.1. , К., 1969.
- Вагин А.Н., “ Теорія авіаційних двигунів ”, ч.1. , К., 1968.
- Крученков И.Л, Кеба И.В., «Авіаційний двигун М-14В 26», К.,1972.
- Ливинский С.И. “ Теорія авіаційних двигунів ”,К, 1982.
- Холщевников К.В. “ Теорія і розрахунок авіаційних лопатних машин”, К, 1986.

## **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 методи 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 фізикабінетчеських явищ, супутніх працездатним і неработоспособнимі станів об'єктів.

Фізичні методи, в свою очегу, 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 контролю забезпечують визначення прихованих механічних пошкоджень і дефектів в деталях (поява прихованих 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 (підшипніках, 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 електричниських 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 ГосНІПА 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 (близько 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'єднання 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 стільникового 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 забезпеченні 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 поява 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 А300 призвело в 2001 р в США до катастрофи цього аеробуса, на якому в процесі зльоту відірвався киль, 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 контрольованого виробу наносяться механічні удари і з того, ж ділянки поверхні знімається сигнал, який визначається пружними коливаннями, порушуваними в контрольованому 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 виробу. Однак успіхи, досягнуті в області аналізу спектрів ЧСК виробів різних форм і розмірів, а також широке застосування комп'ютерної техніки, дозволяють 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 *неразрушаючим*.

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

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

Оптичний контроль здійснюється за допомогою різних луп, механічно керованих дзеркал (із змінним кутом нахилу), технічних ендоскопів. Для загального огляду і пошуку досить великих зовнішніх дефектів застосовують оглядові лупи ЛПК-471, біноклярні 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 телескопічними лупами (ЛПШ-474, тла). За допомогою гнучких ендоскопів можна 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 скловолонистими 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, сторонніх включень в матеріалі деталі на глибині до 1 мм. вис. поверхневі тріщини довжиною від 0,6 мм і шириною не менше 0,01 мм.

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

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

Внаслідок наявності поверхневого ефекту вихрових струмів, ці струми зменшуються за глибиною матеріалу деталі. Найбільші дошій значення струмів має місце на самій поверхні матеріала. За умовну глибину  $h_0$  проникнення вихрових струмів приймається 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  $\gamma$  - електропровідність матеріалу деталі;

$\mu$  - магнітна проникність матеріалу;

$f$  - частота збуджуючого струму.

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



**Магнітні методи контролює** одним з найбільш поширеною-  
наних незрушаючих фізичних методів і засновані на виявленні  
магнітних полів розсіювання, метушніаючих над дефектами при  
намагнічуванні деталі. Дефект деталі (тріщина, раковина, немагнітні  
включення) на шляху магнітних силових ліній викривляє їх - лінії  
"огібають" місце дефекту. Найбільш широке розповсюдження  
знаходить простий метод виявлення магнітного нуля над дефектами  
за допомогою суспензії<sup>1</sup> **ферромагнітного порошку**. Спотворення  
магнітних силових ліній викликають відповідаючі концентрації  
порошку в місцях розташування дефекту. При цьому утворюється  
малюнок дефекту - магнітограми.

Магнітні методи розвиваються в наступних напрямках.

➤ **магнітопорошкова дефектоскопія** виробів з ферромагнітних  
матеріалів включає розробку технологій неруйнівного контролю,  
підбір магнітних порошоків 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 товщинометрія**- контроль товщини будь-яких  
немагнітних покриттів, що наносяться на ферромагнітні деталі;  
контроль товщини магнітних покриттів (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 структуроскопії**- контроль фізико-механічних характеристик; сортування сталей за марками; контроль якості термічної обробки (структури або твердості).

➤ **Неруйнуючий 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 котушками або електромагнітом. Для всіх режимів передбачено розмагнічування.

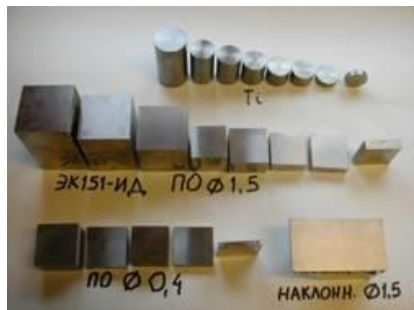
*капілярні методи неруйнівного контролю* забезпечують виявлення невидимих або слабо видимих оком дефектів, що виходять на поверхню виробів з немагнітних металів, а також сталевих деталей і деталей з неметалів як простий, так і складної форми. Методи засновані на капілярному проникненні спеціальних індикаторних 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 проявителя.

Технологія передбачає нанесення на оброблену поверхню шару індикаторної рідини - пенетранта, який проникає в порожнини дефектів під дією капілярних сил. Через деякий час надлишок пенетранта видаляють, а на поверхню наносять шар спеціального швидко сохне проявляється складу, порошку або суспензії. Проявник витягує пенетрант з порожнин дедефектів. Пенетрант сорбируется (поглинається) проявником, в редок чого останній забарвлюється або люмінесцирует 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 жирорастворимого барвника в суміші з органічними розчинниками, що володіють великою капиллярністю (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 матеріалів, виявляє і внутрішні дефекти деталей, пайки, склеювання. При можуть бути не тільки дефекти, але і визначені їх координати положення. вимагає попереднього налаштування апаратури за допомогою еталонів - стандартних зразків з жароміцних, титанових і алюмінієвих сплавів з плоскодонними відбивачами діаметром від 0,4 мм.



будь-яких  
поверхневі  
дефекти  
цьому  
виявлені  
розміри і  
Метод

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



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

Про наявність дефекту судять або по зменшенню енергії коливань за зоною 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

контрольного 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). забезпечено контроль шаруватих композиційних матеріалів (СІАЛ, АЛОР) на наявність розшарувань і непокля.

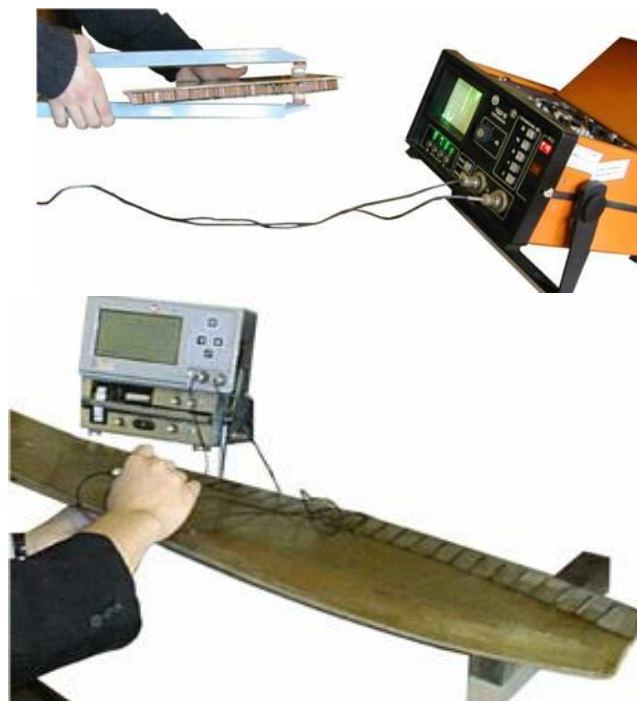


Рис. 2.8. Контроль металевих і неметалевих клеєних стільникових конструкцій на наявність непокля і відслонень сот

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

**акустичні методи** засновані на вимірі і аналізі характеристик 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, взаємодій 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, напризаходів, практично є одновимірної величиною внаслідок великої теплової інерції маси машини.

Кожному стану машини відповідає певний акустическій сигнал, який потрібно розпізнати в процесі діагностірованія. 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 класкласифікацією 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 перебуваючиня 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 класу 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 акустического діагностування зводиться до пізнаючинию звукового сигналу, випромінюваного досліджуваным механізмом, і віднесенню його до одного з цих класів. Тому длське 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 акустического діагностування;

1. У пам'яті системи контролю зберігаються  $N$  тимчасових реаліцій сигналів, відповідних  $N$  різним станам і механізмам. У процесі діагностування обчислюється взаємна кореляційонная 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 определенных станах) - закони розподілу, кореляційні функції або енергетичні спектри. В процесі діагностування обчислюється одна із зазначених статистичних характеристик випромінюваного механізмам сигналу, і ця характеристика порівнюється по черзі з набором, що зберігаються в пам'яті. Критерієм близькості характеристик служить або середньоквадратичне відхилення однієї функції від іншої, або максимальне відхилення.

За результатами виконаних досліджень в ГосНІПА 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 контрольованого виробу наносяться механічні удари і з того, ж ділянки поверхні знімається сигнал, який визначається пружними коливаннями, порушуваними в контрольованому виробі цим ударом.

**Радіаційні методи контролю** засновані на використанні проникаючих випромінювань: рентгенівського, гамма, бета і нейтронного. Дефекти в матеріалах контрольованих 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 недеформованих матеріалів, неметалевих і композиційних матеріалів з метою виявлення дефектів лиття, 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 працездатний процес. Такий контроль доцільний лише тоді, коли неефективні більш прості і економічні методи: візуально-оптичний, магнітний, капілярний, ультразвукової, струмовихровий.

**теплові методи** контролю працездатності електричних пристроїв застосовуються при робочих режимах роботи цих вистроїв і засновані на аналізі теплового (інфрачервоного) випромінювання елементів, деталей або всього пристрою. Інтенсивність теплового випромінювання залежить від електричних характеристик елементів пристрою, від їх технічного стану. работоспособне 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, связанного з появою дефектів. Своєчасне виявлення цих дефектів дозволяє вжити заходів, що виключають відмова всього вистрою. Залежно від способу отримання характеристик випромінюючия теплові методи контролю діляться на контактні і неконтактні.

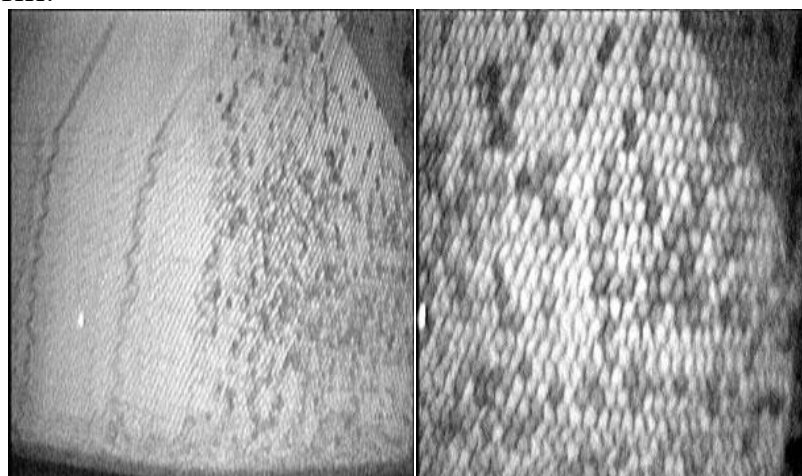


Рис. 2.10. Знімок агрегату, що містить вологу в сотах, і його збільшений фрагмент, отриманий рентгеноскопічним методом

**До контактних методів** відносяться:

- вимір температури в контрольованих 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 вала авіадвигунів;

- використання температурно-чутливих фарб і составов, що змінюють колір при досягненні певної температури деталі, на яку вони нанесені. Так контролюються багато резистори в електричних і радіотехнічних схемах;

- застосування рідкокристалічних сполук, колір яких можна зупинити змінюється в залежності від температури їх капсул, закріплених на контрольованому об'єкті. В даний час є рідкокристалічні з'єднання, дозволяючі вимірювати різниці температур  $0,1^{\circ}\text{C}$  в діапазоні  $10, 100^{\circ}\text{C}$ .

***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 НЕ електронно-оптичного перетворювача інфрачервоних випромінювань (цей принцип широко використовується в відомих приладах 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 збільшеного висновку про технічний стан його окремих частин; необхідність хорошого доступу до електричної схемою 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.