

VIVERE!
VINCERE!
CREARE!

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

**ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ
ВІДНОВЛЕННЯ ЛЬОТНОЇ
ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН
І АВІАДВИГУНІВ**

**Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
для студентів напрямку 1001
«Авіація і космонавтика»**

Київ 2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ
ВІДНОВЛЕННЯ ЛЬОТНОЇ
ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН
І АВІАДВИГУНІВ

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
для студентів напрямку 1001
«Авіація і космонавтика»

Київ 2012

УДК 629.735.083 (076.5)
ББК 052-083р
Т 433

Укладачі: А. П. Кудрін, Г. А. Волосович, Г. М. Зайвенко, **В. Д. Хижко**,
О. І. Духота

Рецензент В. Ф. Лабунець

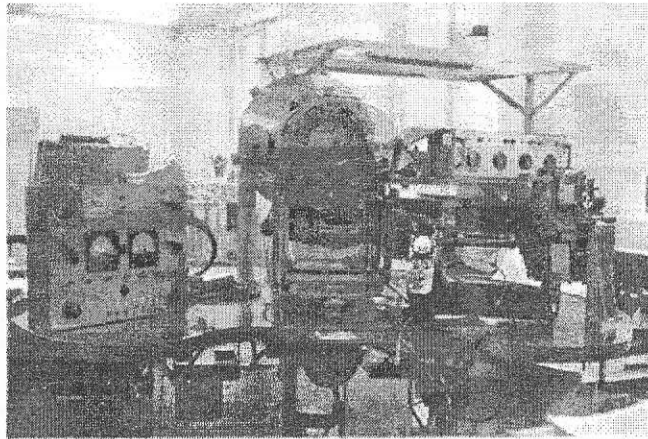
Затверджено методично-редакційною радою Національного
авіаційного університету (протокол № 8/10 від 16.12. 2010 р.).

Т 433 **Типові технологічні процеси відновлення льотної придатності повітряних суден і авіадвигунів** : методичні рекомендації до виконання практичних робіт / уклад. : А. П. Кудрін, Г. А. Волосович, Г. М. Зайвенко [та ін.]. – К. : НАУ, 2012. – 60 с.

Викладено загальні методичні рекомендації до виконання практичних робіт, в яких розглянуто питання технологічних процесів відновлення авіаційної техніки. Для студентів напряму 1001 «Авіація і космонавтика».

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	4
Практична робота 1. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕХАНІЧНОЮ ОБРОБКОЮ	5
Практична робота 2. ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ЗА МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	9
Практична робота 3. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ	12
Практична робота 4. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДОМ ДЕТОНАЦІЙНОГО НАПИЛЕННЯ	16
Практична робота 5. ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КЛЕПАНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	19
Практична робота 6. ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ СКЛАДАННЯ ЗУБЧАСТИХ З'ЄДНАНЬ ВУЗЛІВ ГТД	25
Практична робота 7. ДИНАМІЧНЕ БАЛАНСУВАННЯ РОТОРІВ АВІАЦІЙНИХ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ	34
Практична робота 8. ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВІДНОВЛЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ	40
Практична робота 9. ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ СКЛАДАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ПІСЛЯ РЕМОНТУ	50
Список літератури	59



ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт призначені для закріплення та поглиблення знань, отриманих студентами під час вивчення теоретичного матеріалу з навчальної дисципліни «Типові технологічні процеси відновлення льотної придатності повітряних суден і авіаційних двигунів», а також для вироблення навичок самостійної діяльності з технологічних процесів відновлення авіаційної техніки майбутніми фахівцями.

Для успішного виконання і захисту практичної роботи на занятті потрібно ознайомитись з методикою її виконання, знати лекційний матеріал з теми практичної роботи, вивчити стислі теоретичні відомості та ознайомитися з рекомендованою літературою.

Виконану роботу оформлюють у вигляді звіту і подають викладачу для захисту. Після визначення студента засвоєння матеріалу, відповідності та повноти виконання роботи викладач фіксує у звіті захист практичної роботи.

Студенти, що не подали практичних робіт до захисту, не допускаються до іспиту.

Практична робота 1

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕХАНІЧНОЮ ОБРОБКОЮ

Мета – вивчити технологічні процеси відновлення деталей ПС і АД механічною обробкою (шліфування, хонінгування, суперфініш, полірування, спеціальна обробка).

Стислі теоретичні відомості

Для успішної обробки шліфуванням треба правильно вибрати шліфувальний круг, режими різання, правильно встановити деталь. Круг вибирається залежно від матеріалу деталі та твердості її поверхні (для сталевих деталей – корундові круги на керамічній основі; для жаростійких сталей – алмазні круги на металевій основі), величина зерна абразиву залежить від потрібної шорсткості. Точність установки деталі забезпечується правильним вибором установочної бази.

Хонінгування являє собою метод кінцевої обробки внутрішніх циліндричних поверхонь, зазвичай отворів, абразивними брусками, закріпленими в спеціальній головці. Його застосовують після чистового розточування або шліфування.

Під час хонінгування відбувається зрізання гребінців, що залишилися після попередньої обробки (припуск 0,01 – 0,12 мм). Схему хонінгувальної головки зображено на рис. 1.1.

Абразивні бруски *б* малої зернистості закріплюються з допомогою тримачів *5* бруска до корпусу *3* головки. Бруски можуть розводитись упорними пластинами *4* та конусами *1*. Важіль *2* служить для самоорієнтації головки в отворі

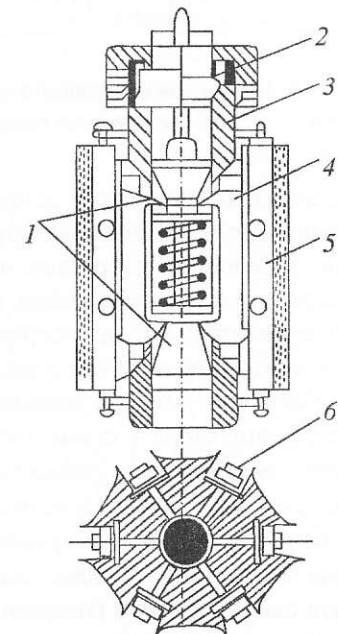


Рис. 1.1. Схема хонінгувальної головки

«Технологічне забезпечення кваліфікаційної підготовки фахівців авіаційної техніки»

циліндра. Під час хонінгування головка з брусками обертається і здійснює одночасно поступально-обертальний рух уздовж своєї осі з кількістю подвійних ходів 10–100 за хвилину. У результаті складання обох рухів хонінгувальна головка переміщається по гвинтовій лінії і на оброблюваній поверхні утворюється характерна сітка, що являє собою сліди абразивних зерен, у заглибинах яких добре утримується мастило.

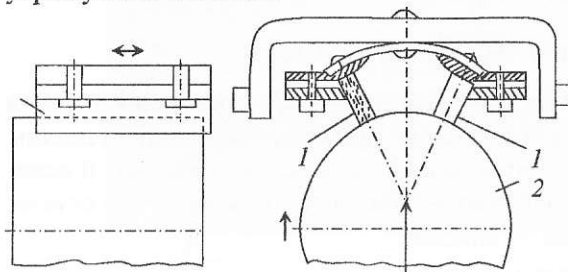


Рис. 1.2. Схема суперфінішування поверхні деталі типу «вал»

метал знімається з поверхні деталі 2, що обертається алмазними або дрібнозернистими абразивними брусками 1 (зернистість М 20), які безперервно здійснюють обертально-поступальні рухи вздовж оброблюваної поверхні. Амплітуда коливань брусків 3–6 мм, частота коливань 500–800 за хвилину, частота обертання деталі 150–200 об/хв, результуюча швидкість різання під час суперфінішування не більше ніж 2,5 м/хв.

Мастильно-охолоджувальна рідина, що використовується під час суперфінішування – суміш гасу з веретенним маслом (20–30 %). При цьому виді обробки знімається дуже тонкий шар металу (0,005–0,02 мм) і забезпечується мінімальна шорсткість.

Сутність процесу полірування полягає в такому: під дією активної окисі хрому метал швидко окиснюється. Під час руху полірувального круга окисна плівка з поверхні металу знімається і відкривається чиста поверхня металу, яка знову окиснюється, і процес повторюється. При цьому знімаються гребінці, що визначають шорсткість поверхні. Для активації хімічного процесу утворення окисної плівки в пасту вводиться олеїнова кислота. Вона є адсорбентом для хімічно активної окисі хрому, що реагує з поверхнею металу.

Суперфінішування – це процес доводки після шліфування деталей типу «вал» за допомогою спеціальної головки несучої алмазні або абразивні бруски (рис. 1.2).

У процесі суперфінішування метал

Полірування служить для поліпшення чистоти поверхні, зменшення шорсткості (при цьому форма деталі не змінюється). Застосовуються фетрові та войлочні круги і спеціальні пасти. Компонентами пасти є: окис хрому, амінові кислоти, гас, жир.

Поряд з механічним поліруванням металу широко застосовують електролітичне полірування – найбільш ефективне для обробки малих деталей складної конфігурації. Сутність методу полягає в поетапному згладжуванні поверхні деталі анодним розчиненням шорсткості.

Спеціальна обробка виконується як попередня обробка відновлених поверхонь перед нанесенням різних покриттів: обкатка шариками або роликками, алмазне вигладжування, обробка поверхні піском та ін.

Обкатка поверхні шариками або роликками, а також алмазне вигладжування проводиться для створення в поверхневому шарі стискаючих напружень, що підвищують циклічну міцність деталей. Ці операції виконуються у зв'язку з тим, що деякі газотермічні та електролітичні покриття, які наносяться на зношену поверхню для її відновлення, можуть знижувати циклічну міцність деталей. Щоб компенсувати цей вплив у поверхневому шарі названими операціями створюють стискаючі напруження.

На рис. 1.3 зображено схему кулькової обкатки зовнішньої циліндричної поверхні. Як видно з рис. 1.3, обкатник зазвичай являє собою рамку з тримачами кульок або роликів, які за рахунок пружини створюють тиск на поверхню. При складанні обертального і поступального рухів деталі на поверхні виникає гвинто-

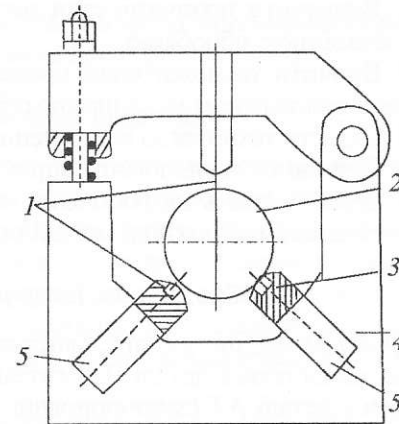


Рис. 1.3. Схема кулькової обкатки зовнішніх циліндричних поверхонь: 1 – кулька; 2 – оброблювана поверхня; 3 – фторопластова прокладка; 4 – рамка обкатника; 5 – корпус кульки

вий слід деформації від тиску кульок. Подача обирається так, щоб сліди від тиску кульок перекривали один одного, створюючи однорідний рельєф поверхні. Під тиском кульок виникає пластична деформація тонких шарів поверхні, унаслідок чого розгладжуються нерівності і створюються залишкові напруження стиску. Обкатка використовується як доводочна операція після шліфування або хонінгування.

Метод алмазного вигладжування полягає в обкатці поверхні сферичними алмазами. Висока твердість алмазу дозволяє обкатувати поверхні, що мають відносно високу твердість. Алмазне вигладжування створює зміцнений шар на глибину до 0,2 мм. Обкатка кульками або роликками може створити такий шар на глибину в декілька міліметрів.

Зміцнення поверхневого шару особливо ефективно і підвищує довговічність алюмінієвих, титанових сплавів і пластичних сталей.

Технологічна карта механічної обробки включає ескіз заготовки із зазначенням оброблюваних поверхонь, виконуваних операцій, переходів і робочого інструменту.

Завдання

1. Визначити технічний стан деталей, що підлягають відновленню механічною обробкою.
2. Вивчити технологічний процес відновлення деталі (запропонованої викладачем) механічною обробкою.
3. Скласти технологію відновлення деталі механічною обробкою.
4. Заповнити технологічну карту відновлення деталі.
5. Ознайомитись на робочому місці з технологією відновлення деталей авіаційної техніки механічною обробкою.

Обладнання, інструмент, матеріали

Обладнання, інструмент, матеріали вибрати з технології відновлення аналогічної деталі. Об'єктами для виконання лабораторної роботи є деталі АТ (запропоновані викладачем), що мають експлуатаційні дефекти.

Зміст звіту

Звіт практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи та завдання.
2. Ескізи (креслення) деталей, що відновлюються з виділенням дефектних ділянок.

3. Технології відновлення цих деталей механічною обробкою.
4. Заповнені технологічні, поопераційні, маршрутні карти.
5. Висновки.

Контрольні запитання та завдання

1. Які характерні дефекти деталей АТ відновлюються механічною обробкою і які методи неруйнівного контролю використовуються для їх виявлення?
2. Поясніть технологію виконання робіт з механічної обробки (шліфування, хонінгування, суперфінішування, полірування).
3. Поясніть призначення технологічної, маршрутної та поопераційної карт.
4. Опишіть технологію відновлення деталей.
5. Як контролюють якість виконаних робіт?

Практична робота 2

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ЗА МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Мета – вивчити та практично освоїти метод вимірювання шорсткості поверхні на мікроскопі світового перерізу (МИС-11).

Стислі теоретичні відомості

Стан мікрогеометрії поверхонь (шорсткість) деталей авіаційної техніки значною мірою визначає їхню працездатність та надійність. Встановлено, що чим менша шорсткість, тим більші показники втомної міцності та корозійної стійкості. Пресові з'єднання (з'єднання з натягом) також вимагають малої шорсткості, оскільки при запресуванні виступаючі гребінці мікронерівностей зминаються і пресові посадки послаблюються. Завданням запресування є надання достатньої опірної поверхні.

У рухомих з'єднаннях необхідна оптимальна шорсткість, завдяки чому поверхні деталей рухомих з'єднань добре утримують змащувальні матеріали і добре припрацьовуються.

Ремонтуючі авіаційні вироби, на їх деталі часто наносять металічні та неметалічні покриття для відновлення їхніх розмірів та корозійного захисту. Оптимальна шорсткість у цьому разі забезпечує достатню силу зчеплення покриття з основою матеріалу деталі.

Шорсткість поверхонь оцінюється за ГОСТ 2785-73 декількома показниками, основними з яких є *середнє арифметичне відхилення профілю Ra* та *висота нерівностей профілю по десяти точках Rz*. Визначення параметра *Ra* є досить трудомістким, тому на практиці часто користуються параметром *Rz*.

Висота нерівностей профілю по десяти точках *Rz* – це сума середніх абсолютних висот п'яти найбільших виступів та глибин п'яти найбільших заглиблень профілю в межах базової довжини:

$$Rz = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^5 |y_{ei}| + \sum_{i=1}^5 |y_{zi}| \right],$$

де y_{ei} – висота i -го найбільшого виступу профілю; y_{zi} – глибина i -го найбільшого заглиблення профілю.

Числові значення базової довжини обираються з ряду: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 25 мм.

Порядок виконання роботи

Вимірювання висоти нерівностей за допомогою мікроскопа МИС-11 і визначення класу чистоти поверхні проводять у такій послідовності:

1. Деталь, що перевіряється, за наявності забруднень на поверхні ретельно промивають у бензині або в іншій миючій рідині і висушують.

2. Виходячи з очікуваної висоти мікронерівностей, обирають необхідні об'єктиви.

3. Деталь встановлюють на предметному столику так, щоб ділянка поверхні, на якій вимірюватиметься висота нерівності, знаходилася під об'єктивами, при цьому бісектриса кута між оптичними осями тубусів повинна бути нормальна до ділянки поверхні, що перевіряється, а сліди обробки – паралельні площині, що проходить через оптичні вісі мікроскопів.

4. Вимірювану поверхню освітлюють стороннім джерелом світла, наприклад настільною лампою або лампочкою, вийнятою з освітлювального тубуса.

5. Обертанням гайки зменшують ширину світлової смужки доти, доки в мікроскопі не з'явиться достатньо різке зображення одного з країв світлової смужки.

Вид поля зору відрегульованого мікроскопа МИС-11 зображено на (рис. 2.1).

6. Ослабивши гвинт кріплення окулярного мікрометра, повертають його в таке положення, щоб одна з ниток перехрестя була паралельна світловій щілині; у цьому разі вона зазвичай паралельна лінії, що проходить через найбільшу кількість виступів (або западин) нерівностей, видимих у полі зору мікроскопа. Після цього окулярний мікрометр закріплюють.

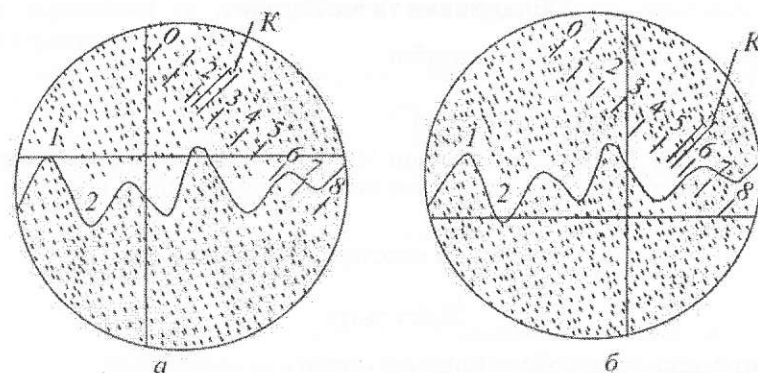


Рис. 2.1. Вид поля зору настроєного мікроскопа: *a* – візування на виступ 1 нерівності 1–2; *б* – візування на западину 2 нерівності 1–2

7. Суміщають нитку перехрестя з вищою точкою 1 виступу нерівності на рис. 2.1, *a* і роблять перший відлік z_1 : за шкалою, видимою в окуляр, по положенню подвійного штриха *K* відлічують цілі міліметри, а за шкалою відлічують десяті і соті долі міліметра.

Наприклад, на рис. 2.1, *a* кількість цілих міліметрів дорівнює двом. Відлік записують у сотих долях міліметра. Так, перший відлік дорівнює 235.

Після цього обертанням барабанчика суміщають нитку перехрестя з нижчою точкою *K* западини нерівності (рис. 2.1, *б*) і роблять другий відлік z_2 .

Різниця відліків z_1 і z_2 дає числове значення a , а добуток цієї величини на коефіцієнт E дає висоту H_1 першої вимірюваної нерівності. Вимірявши в межах базової довжини висоту п'яти нерівностей, підраховують середню величину.

Завдання

1. Вивчити закономірності, закладені в основу методу, і принципи його реалізації.
2. Виміряти висоту мікронерівностей деталей з різною шорсткістю.
3. Підрахувати середню висоту мікронерівностей за десятьма точками (Rz).
4. Зробити висновок за результатами вимірювання.

Обладнання та інструмент

Для виконання роботи потрібні:

- мікроскоп МИС-11;
- деталі з різною шорсткістю.

Примітка. Подвійний мікроскоп МИС-11 призначений для вимірювання шорсткості зовнішніх поверхонь деталей з висотою нерівностей від 63 до 0,8 мкм.

Шорсткість оцінюють за висотою нерівностей Rz .

Зміст звіту

Звіт практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи і завдання.
2. Основні положення методу вимірювання шорсткості.
3. Ескізи (креслення) деталей для вимірювання шорсткості.
4. Дані вимірювань і розрахунки висоти мікронерівностей.
5. Висновки.

Контрольні запитання та завдання

1. На що впливає стан мікрогеометрії поверхонь?
2. Як підрахувати висоту нерівностей?
3. Поясніть вплив отримання результатів на працездатність.

Практична робота 3

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЕННЯ

Мета – вивчити технологічний процес плазмового нанесення покриття при відновленні деталей АТ і набути практичних навичок написання технології і заповнення технологічної документації.

Стислі теоретичні відомості

Відновлення деталей методом напилення відбувається шляхом нагрівання матеріалу до високих температур, розплавлення його з наступним розпиленням на частинки розміром 3...300 мкм і нанесенням їх на раніше підготовлену поверхню відновлюваної деталі. З'єднання матеріалу, що напилюється, з металом деталі відбувається за рахунок механічних і молекулярних зв'язків. Напилення застосовують для відновлення деталей зі зношеними плоскими, зовнішніми і внутрішніми циліндричними поверхнями; для підвищення корозійної та жаростійкості, антифрикційних властивостей і декоративних цілей.

Напилення має низку переваг: висока продуктивність і економічність процесу; невеликий нагрів деталі (не більше 200 °С); здатність нанесення металу різного складу на поверхню деталі з будь-якого матеріалу (сталь, дерево, скло тощо); отримання складних антифрикційних сплавів.

Недоліками напилення є: відносно невисока міцність зчеплення з основою (поверхнею деталі), у зв'язку з цим не рекомендується застосовувати напилення для деталей, що працюють при великих питомих навантаженнях на зсув і стискання (зубці шестерень, кулачки розподільвальних валів тощо); значна пористість, невелика механічна міцність і крихкість.

Плазмове напилення. Плазмою називають газ при високій температурі, що містить більше 1 % молекул в іонізованому стані. При цьому кількість позитивних іонів дорівнює кількості негативно заряджених іонів. Плазма має високу електропровідність.

Технологія плазмового напилення широко застосовується в авіаційній промисловості і ремонтному виробництві. Плазмове напилення з молібдену, вольфраму, тугоплавких з'єднань інтерметалів дозволило розв'язати низку важливих технічних задач, спрямованих на підвищення зносостійкості, жаростійкості та інших властивостей різноманітних матеріалів.

Плазмовий потік високотемпературного газу утворюється так:

Відомо, що на вісі електричної дуги температура досягає 5000...7000 °С, а середньомасова температура не більше 3000 °С. Складність підвищення температури дуги полягає в тому, що зі збільшенням підведеної потужності збільшується переріз стовпа дуги, при цьому зменшується її опір, а густина струму намагається залишитись сталою.

Якщо електричну дугу пропускати через охолоджувальне сопло і одночасно обдувати газом, то дуга стиснеться, тобто відбудеться термічне стиснення стовпа дуги, що посилить стискувальну дію власного магнітного поля дуги. У результаті збільшиться напруженість електричного поля і, відповідно, електрична потужність розряду, що виділяється в одиниці об'єму стовпа дуги. Це призводить до того, що температура на осі дуги зростає і може досягти значень, характерних для утворення плазми (20000 °C і вище).

В авіаційній промисловості і на ремонтних заводах за допомогою плазмового напилення наносять матеріали типу ВКНА (23 % Al; 2 % легуючих елементів; 75 % Ni), СНГН-60 (16 % Cr, 4 % Si, 4 % В, 76 % Ni) та ін. (табл.3.1).

Контроль якості газотермічних покриттів. Контроль якості є необхідним елементом технології, що забезпечує її надійність в умовах ремонтного виробництва. Методи контролю якості газотермічних покриттів поділяються на неруйнівні та руйнівні. До неруйнівних відносять вимірювання товщини і шорсткості поверхні покриття, визначення зносостійкості, пористості, міцності зчеплення з основою.

Зовнішній вигляд контролюють шляхом огляду, щоб виявити здутості, тріщини, сколи або відшарування покриття, порівняти колір покриття з еталоном. Оглядають за допомогою десятикратної лупи. Геометричні розміри деталі з покриттям заміряють вимірювальним інструментом (лінійкою, штангенциркулем, мікрометром).

Контроль товщини покриття може бути визначений як різниця між розмірами деталі з покриттям та без нього, а також прямим вимірюванням за допомогою товщиномірів різних типів.

Завдання

1. Визначити технічний стан деталей, що підлягають відновленню плазмовим напиленням покриття.
2. Вивчити технологічний процес відновлення деталі, запропонованої викладачем.
3. Скласти технологію відновлення деталі плазмовим напиленням покриття.
4. Заповнити операційну карту відновлення деталі плазмовим напиленням.

Таблиця 3.1

Порощки для плазмових покриттів і їх властивості

Склад покриття	Пористість %		Максимальна температура експлуатації, °C	Міцність зчеплення, МПа		Експлуатаційні властивості
	СНД	США, фірма Юнон Карбид		СНД	США	
WC+8%Co WC+15%Co	0,4-0,5 0,2-0,5	0,5-1 0,7-1,2	560 560	18-21 22-25	17-17,5	Відмінний опір зносу, підвищений опір механічним та хімічним ударам
25%WC+ +7%Ni+карбіди Ti і Cr	0,5	0,5-1	780	18	14	Відмінний опір зносу за підвищених температур, високий опір корозії та ерозії
85%Cr ₂ C ₃ +15% ніхрому	0,5	0,5-1	1000	18-21	12-14	Гарний опір зносу за високих температур у корозійному середовищі, опір ударам полум'я
Ni	0,1-0,5	-	1000	25-30	-	Відмінний опір хімічному впливу за високих температур
γ-99% Al ₂ O ₃	1-1,5	1-2	Залежить від матеріалу основи	7	7	Відмінний опір зносу, хімічному впливу і окисненню при високих температурах. Електроізоляційні якості
Al ₂ O ₃ +20%Ni	0,5-1	-	Залежить від матеріалу основи	7-10	-	Висока зносо-корозійна стійкість, підвищений опір хімічним впливам
60%Al ₂ O ₃ + 40%Ni	0,5-1	-	1000	8-13	-	Ерозійна стійкість у газоподібному та агресивному середовищі

Обладнання, інструмент, матеріали

Обладнання, інструмент, матеріали обрати з технології відновлення аналогічної деталі. Об'єктами виконання практичних робіт є деталі АТ запропоновані викладачем, що мають експлуатаційні дефекти.

Зміст звіту

Звіт практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи та завдання.
2. Ескізи (креслення) деталей, що відновлюються з виділенням дефектних ділянок.
3. Технології відновлення цих деталей механічною обробкою.
4. Заповнені технологічні, поопераційні, маршрутні карти.
5. Висновки.

Контрольні запитання та завдання

1. Які характерні дефекти деталей АТ відновлюються плазмовим напиленням покриттів і які методи неруйнівного контролю використовуються при цьому?
2. Поясніть технологію виконання робіт.
3. Поясніть призначення технологічної, маршрутної та поопераційної карт.
4. Опишіть технологію відновлення деталей.
5. Як контролюється якість виконаних робіт?

Практична робота 4

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДОМ ДЕТОНАЦІЙНОГО НАПИЛЕННЯ

Мета – вивчити технологічний процес детонаційного нанесення покриттів, що використовується при відновленні деталей АТ, і виробити практичні навички написання технологій і заповнення технологічної документації.

Стислі теоретичні відомості

Детонація – особливий вид поширення полум'я, що наближається до вибуху за окремих умов досягнення швидкостей, перевищуючих швидкість звуку в даному середовищі. Якщо підпалити

електричною іскрою горючу суміш газів (наприклад ацетилен з киснем) у спеціально виготовленій трубці (жерлі), то полум'я почне поширюватись зі зростаючою швидкістю доти, доки в газі не з'явиться детонаційна хвиля. Швидкість поширення детонаційної хвилі 2–4 км/с. Якщо до утворення детонаційної хвилі в ствол подати у вигляді порошку напилюваний матеріал, то високошвидкісний потік гарячих газів розплавить його і з великою швидкістю нанесе у вигляді покриття на виріб.

Високі швидкості руху (600–1000 м/с) матеріалу і висока температура, що утворюється в процесі вибуху (до 4000 °С), дозволяють наносити на поверхню виробу тугоплавке покриття високої якості з високою надійністю зчеплення з основою. За детонаційного нанесення покриття міцність зчеплення може сягати 200 МПа, у той час як при газополуменовому напиленні вона досягає 20–30 МПа. Порівняно з газополуменовим детонаційний метод напилення покриттів все частіше застосовується в авіаційній промисловості і, зрозуміло, на ремонтних підприємствах.

Недоліками детонаційного методу напилення є: висока вартість обладнання; значні шуми (до 140 дБ), унаслідок чого обладнання треба розташовувати в спеціальному приміщенні.

Загальний вигляд детонаційної установки ІДУС-1 з електронно-підсумовувальним програмним управлінням зображено на рис. 4.1.

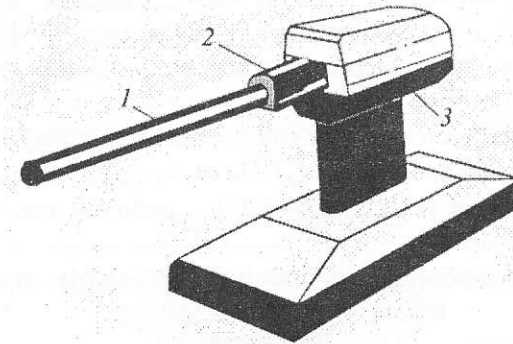


Рис. 4.1. Загальний вигляд установки для детонаційного напилення: 1 – жерло; 2 – вибухова камера; 3 – корпус з електронно-підсумовувальним програмним управлінням

За допомогою детонаційної установки можна наносити на поверхню деталі різні тверді зносостійкі і жаростійкі покриття, які складаються з карбідів тугоплавких металів, що містять невелику кількість металічних зв'язуючих. Широко використовуються для підвищення довговічності деталей газотурбінних двигунів зокрема такі покриття: ВК-15 (85 % WC, 15 % CO); ВН-30 (70 % WC, 30 % Ni); ШПМ-1 (75 % Cr₃C₂, 20 % Ni, 5 % Cr) та ін. (див. табл. 3.1).

Установка для детонаційного напилення може бути відрегульована так, що вибух і, відповідно, дозоване нанесення покриттів повторюється 3–4 рази за 1 секунду. Робота установки продовжується доти, доки буде досягнута потрібна товщина покриття. На практиці товщина покриття дорівнює 0,25...3 мм.

Підготовка поверхонь деталей перед детонаційним напиленням. На робочих поверхнях деталей не повинно бути нерівностей, напливів від зварювання, пайки, раковин, тріщин і неоднорідностей. З поверхні деталі мають бути видалені окалина, іржа, та інші забруднення. Деталі очищають у піскоструминному апараті. Шорсткість поверхні після обробки має бути $R_a = 20...30$ мкм, залежно від матеріалу деталі.

Коли наносять покриття на окремі ділянки поверхні деталі, інші ділянки закривають накладними пластинами з тонких металевих листів.

Перед напиленням деталь знежирюють. Підготовка порошків та допоміжних матеріалів. Порошки та гази, що використовуються для нанесення покриттів, повинні мати сертифікат. Порошки для нанесення повинні мати сферичну чи грудкоподібну форму. Розміри часток 40-60 мкм. Перед нанесенням порошок просіюють та просушують.

Гази, які використовуються для детонаційних покриттів:

- кисень газоподібний [ГОСТ 5585-78] – робочий газ;
- пропан-бутан [ГОСТ 20448-75] – робочий газ, транспортування порошку;
- азот газоподібний технічний [ГОСТ 9293-74] – продувка.

Завдання

1. Визначити технічний стан деталей, що підлягають відновленню детонаційним напиленням покриття.

2. Вивчити технологічний процес відновлення деталі, запропонованої викладачем.

3. Скласти технологію відновлення деталі детонаційним напиленням покриття.

4. Заповнити технологічну документацію відновлення деталі детонаційним напиленням.

Обладнання, інструмент, матеріали

Обладнання, інструмент, матеріали обрати з технології відновлення аналогічної деталі. Об'єктами для виконання практичної роботи є деталі АТ (запропоновані викладачем), що мають експлуатаційні дефекти.

Зміст звіту

Звіт практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи та завдання.
2. Ескізи (креслення) відновлювальних деталей, з виділенням дефектних ділянок.
3. Технології відновлення цих деталей.
4. Заповнені технологічні, поопераційні, маршрутні карти.
5. Висновки.

Контрольні запитання та завдання

1. Які характерні дефекти деталей АТ відновлюються детонаційним напиленням покриттів?
2. Поясніть технологію виконання напилення покриття.
3. Поясніть призначення технологічної, маршрутної та поопераційної карт.
4. Опишіть технологію відновлення деталі напиленням покриття.
5. Як контролюють якість виконаних робіт?

Практична робота 5

ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КЛЕПАНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета – вивчити технологію ремонту клепаних з'єднань і виробити практичні навички з технології відновлення клепаних конструкцій та заповнення технологічної документації.

Стислі теоретичні відомості

У конструкціях сучасних ПС клепа́ння є одним зі способів отримання нерознімного з'єднання. При ремонті планера ПС досить часто трапляються випадки втрати міцності конструкції, викликані появою різноманітних дефектів у процесі експлуатації.

Характерними пошкодженнями ПС є подряпини, забоїни, тріщини, вм'ятини, корозія. Способи усунення цих дефектів залежно від їхніх розмірів і місця розташування зазначені у відповідних технологіях ремонту для кожного типу ПС. Дефекти обшивки у вигляді рисок, забоїни і подряпин незначних розмірів усувають згладжуванням гострих краєнок ушкодженої поверхні з наступним нанесенням антикорозійного лакофарбового покриття.

Ушкодження обшивки у вигляді тріщин, вм'ятин, корозії відновлюють постановкою накладок.

Силовий набір планера ПС за наявності тріщин, розривів і деформацій відновлюють постановкою підсилювальних накладок або заміною ушкодженої ділянки з постановкою вставки і підсилювальної накладки.

Ремонту підлягають також клепа́ні шви в разі порушення їхньої міцності – послабленні посадки чи руйнуванні заклепок. Зруйновані та дефектні заклепки замінюють новими.

Заклепки з послабленою посадкою – підтягують. Підтягування заклепок дозволяє збільшити довговічність заклепкового з'єднання. Дослідження показали, що, якщо підтягнути заклепки на величину $\Delta h = 0,4 \dots 0,6$ мм, статична витривалість збільшується у 4,5...4,7 рази порівняно зі з'єднаннями, на яких заклепки підтягували. Подальше підтягування ефекту не дає через істотну нагартівку металу по межах отвору та виникнення мікротріщин, а тому рекомендують підтягувати послаблені заклепки, зменшувати висоту закладної головки на 0,20...0,35 мм за допомогою додаткового розклепування. При цьому відновлюється щільність посадки заклепкового стрижня в отворі, чим забезпечується статична витривалість заклепкового з'єднання.

Якщо в разі підтягування заклепок послаблення посадки не усувається, їх треба замінити. Але перед постановкою нових заклепок розсвердлювати отвори під наступний розмір діаметра не варто, бо

під час розсвердлювання отворів видаляється нагартований у період експлуатації шар металу, який забезпечує високу витривалість заклепкового з'єднання. У ці отвори необхідно ставити заклепки, що мають ремонтні розміри. Ці розміри обчислюють за формулою:

$$d_{\text{рем.закл}} = d_1 + \frac{(d_2 - d_1)}{2},$$

де d_1 – діаметр заклепки, що стояла раніше, мм; d_2 – діаметр наступного розміру заклепок за каталогом, мм.

Значна частина заклепкових з'єднань літальних апаратів герметизується.

Усунення вказаних дефектів на обшивці і силовому наборі ЛА пов'язане з виконанням клепа́льних робіт. Основною вимогою при ремонті клепа́нням ушкоджених поверхонь ЛА є збереження їхньої міцності з мінімальним збільшенням маси. Тому вибір способів ремонту ушкодженого елемента конструкції варто робити на підставі відповідних розрахунків і технологічності конструкцій.

Однак у практиці ремонту не завжди можна виконати розрахунки на міцність елемента, що підлягає ремонту, через відсутність необхідних вихідних даних. У зв'язку з цим на практиці використовується більш простий, але разом з тим надійний спосіб – розрахунок елемента, що підлягає ремонту, на рівноміцність, тобто розрахунки на міцність замінюють розрахунками на рівноміцність.

Під рівноміцністю розуміють рівність характеристик міцності розглянутих елементів. Два елементи матимуть цілковиту рівноміцність, якщо вони:

- геометрично подібні;
- мають рівні площі поперечного перерізу;
- виконані з того самого матеріалу;
- навантажуються силами, рівними за значенням, напрямком і місцем прикладення.

Виконуючи розрахунок на рівноміцність, вважають, що елемент, який ремонтується, і підсилювальна накладка працюють на розтягнення при дії зусиль вздовж стрижнів.

Отже, за умовою рівноміцності руйнівне зусилля на розрив ремонтного елемента в найбільш небезпечному (ослабленому отво-

рами під заклепки) перетині має дорівнювати руйнівному зусиллю на розрив накладки і руйнівному зусиллю на зріз заклепок, розміщених з одного боку стику, тобто:

$$P = P_n = P_{33},$$

де P_n – руйнівне зусилля на розрив ремонтваної деталі; P_{33} – руйнівне зусилля на зріз заклепок.

Порядок виконання роботи

Розрахунок заклепкового з'єднання при постановці підсилювальної накладки виконують у такій послідовності:

1. Визначають F_1 – площу поперечного перерізу ремонтваної деталі заміром або за сортаментом.

2. Знаходять орієнтовне значення руйнівного зусилля ремонтваного елемента:

$$P = \sigma_n \times F_1,$$

де σ_n – межа міцності на розрив ремонтваного елемента.

3. Обчислюють орієнтовне значення площі поперечного перерізу накладки:

$$F_n = \frac{P}{\sigma_{вн}},$$

де P – орієнтовне значення руйнівного зусилля ремонтваного елемента; $\sigma_{вн}$ – межа міцності на розрив матеріалу накладки.

4. Визначають руйнівне зусилля матеріалу накладки:

$$P_n = \sigma_{вн} \times F_n.$$

5. Визначають коефіцієнт надлишку міцності накладки. За умовою рівномірності $P_n = P$, однак допускається наявність надлишку міцності накладки не вище 10 %:

$$K = \frac{P_n}{P} = 1,0 \dots 1,1.$$

Якщо коефіцієнт надлишку міцності знаходиться в межах, то накладка підібрана правильно. Недопустимо $K < 1$, тому що це вказує на недостатню міцність накладки, а $K > 1,1$ небажане, оскільки це призводить до зайвої ваги конструкції.

6. Обчислюють діаметр заклепок:

$$d = 2\sqrt{S},$$

де d – діаметр заклепок; S – товщина пакета, що з'єднується заклепкою.

7. Визначають руйнівне зусилля на зріз заклепки:

$$P_{33} = F_{33} \tau_{33},$$

де F_{33} – площа поперечного перерізу заклепки; τ_{33} – межа міцності заклепки на зріз.

8. Знаходять кількість заклепок з одного боку стику:

$$P_{33} n = P_n;$$

$$F_{33} \tau_{33} n = \sigma_{вн} F_n;$$

$$n = \frac{\sigma_{вн} F_n}{F_{33} \tau_{33}},$$

де $\sigma_{вн}$ – межа міцності при розтягуванні матеріалу накладки; F_n – площа поперечного перерізу накладки; F_{33} – площа поперечного перерізу заклепки; τ_{33} – розрахункова межа міцності заклепки на зріз.

До розрахункової кількості заклепок потрібно додати 20 % через нерівномірності роботи заклепкового шва.

9. Обчислюють загальну кількість заклепок у шві:

$$N_{заг} = 2n + 0,4n.$$

10. Визначають кількість рядів у заклепковому шві:

$$n_2 = \frac{N_{заг}}{n_i},$$

де n_i – кількість заклепок у ряду.

Примітка. Кількість заклепок у ряду береться з урахуванням того, що в однорядному заклепковому шві з одного боку дотику знаходиться не більше шести заклепок.

11. Визначають крок заклепок у ряду:

$t = 3d$ – за шахматного розташування заклепок;

$t = 4d$ – за паралельного розташування заклепок.

12. Знаходять відстань від краю заклепок до краю деталі:

$$z = (1,5 \dots 2)d.$$

13. Визначають довжину посилювальної накладки з одного боку дотику:

- за шахматного розташування заклепок:

$$l = 2z + (n_2 - 1)t + \frac{t}{z};$$

- за паралельного розташування заклепок:

$$l = 2z + (n_2 - 1)t.$$

14. Обчислюють довжину накладки:

$$L = 2l + a,$$

де a – довжина вирізаної ділянки.

Завдання

1. Визначити технічний стан пошкодженого елемента конструкції.
2. Виконати розрахунок на рівномірність.
3. Визначити розміри та матеріал ремонтних деталей, потрібну кількість заклепок, їх діаметр, матеріал.
4. Заповнити поопераційну технологічну карту.

Рекомендації до виконання роботи

Виконуючи практичну роботу, слід користуватися зразками технологічних карт, на основі яких скласти технологічну карту стосовно запропонованого об'єкта ремонту.

Обладнання, інструмент, матеріали

Відповідно до змісту виконуваної роботи обладнання, інструмент, матеріали обираються з використанням технологічних карт та технологій.

Зміст звіту

Звіт практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи та завдання.
2. Ескіз (креслення) дефектної ділянки.
3. Розрахунок на рівномірність дефектної ділянки.
4. Заповнену технологічну, поопераційну, маршрутну карти.
5. Висновки (відповідність геометричних параметрів відновленої ділянки розрахункам на рівномірність).

Контрольні запитання та завдання

1. Які характерні дефекти обшивки та силового набору ПС та спосіб їх усунення?
2. Поясніть технологію і назвіть інструмент, що використовується при ремонті клепаних з'єднань.
3. Поясніть, як виконується розрахунок на рівномірність?
4. Проаналізуйте технологічну та поопераційну карти.
5. Назвіть способи герметизації заклепкових з'єднань.

Практична робота 6

ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ СКЛАДАННЯ ЗУБЧАСТИХ З'ЄДНАНЬ ВУЗЛІВ ГТД

Мета – вивчити та практично засвоїти основні положення технологічних процесів дефектації деталей центрального приводу та складання кіничного зачеплення редуктора центрального приводу двигуна Д-36.

Стислі теоретичні відомості

Коробка приводів сучасного ГТД конструктивно складається з кількох десятків окремих деталей. Особливістю конструкції цього вузла є наявність зубчастих з'єднань, надійна робота яких забезпечується специфічними вимогами.

Технологічний процес складання зубчастих з'єднань – це з'єднання взаємно зорієнтованих деталей та вузлів різними способами в певній послідовності з виконанням вимог технології.

Складання як процес поділяється на вузлове та загальне. Складання є завершальною стадією виробничого процесу, його якість значною мірою визначає надійність роботи авіадвигуна і термін його служби.

У процесі складання забезпечуються та контролюються задані технічними умовами та кресленнями певні значення геометричних (засори, взаємне розташування), кінематичних та інших параметрів редуктора.

Призначення та конструкція центрального приводу.

У центральному приводі (рис.6.1) розміщений шестеренчастий механізм, що забезпечує передачу обертання від роторів високого тиску до колонки приводів за допомогою вертикальної ресори і підведення мастила до підшипника та радіально-торцевого контактного ущільнення опори компресора високого тиску (КВТ).

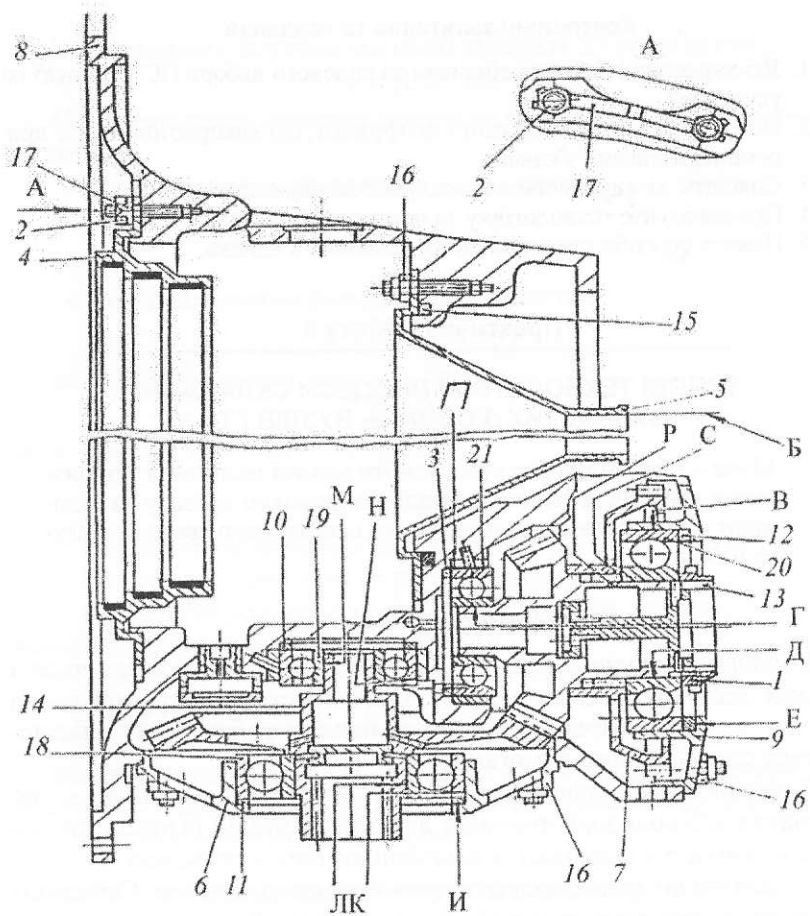


Рис. 6.1. Центральний привод

Центральний привод конструктивно складається з литого, виготовленого з магнієвого сплаву, корпусу лабіринтової втулки з нанесеним на неї ущільнюючим теплостійким та зносостійким покриттям, втулки радіально-торцевого контактної ущільнення і порожнини опори КВТ, вузла конічної передачі центрального приводу, що складається з двох конічних шестерень і циліндричної веденої шестерні. Ведуча циліндрична шестерня встановлена на вал КВТ.

Корпус центрального приводу закріплений до проміжного корпусу тридцятьма шпильками. Змащування шестерень і кулькопідшипників здійснюється способом барботажу, а також мастилом, що подається через спеціальний отвір форсунки, виконаний у корпусі центрального приводу.

Складання зубчастих передач

Для нормальної роботи зубчастої передачі обов'язкове дотримання таких умов:

- вихід із зачеплення пари зубів на початок зачеплення другої пари зубів має бути плавним;
- зубчасті колеса повинні мати правильний профіль і точну товщину зуба; осі отворів або шийок мають проходити через центр початкового кола, не мати перекосів;
- опорні деталі (підшипники, стакани і т. ін.) не повинні мати зміщень і перекосів осей (це характеризується биттям поверхонь деталей та відповідністю їх розмірів);
- осі гнізд у корпусі мають лежати в одній площині й перетинатися в одній точці під потрібним кутом.

Вважаючи, що зубчасті колеса виготовлені правильно (у межах допусків), до зачеплення з погляду на складання можна висунути такі вимоги:

- наявність встановлених кресленням радіального та бокового зазору;
- відповідність площі зачеплення, яка встановлена технічними умовами площі відбитку фарби на контактних поверхнях зубів;
- відсутність у зубчастих передачах недопустимих (за технічними умовами) радіальних і осьових (торцевих) биттів.

Для конічних зубчастих передач велике значення має забезпечення для обох коліс збігу вершин діляльних конусів. Вершини конусів унаслідок похибок обробки коліс і корпусу часто можуть не збігатися як у площині осей їхніх валів (рис. 6.2, а), так і в площині, перпендикулярній до неї (рис. 6.2, б і в).

Боковим зазором називають найменшу відстань між профільними поверхнями суміжних зубів спряжених коліс, що забезпечує вільний поворот одного колеса при нерухомому другому колесі.

Зазор у зачепленні необхідний для компенсації можливих похибок у розмірах зубів, неточності відстані між осями зубчастих коліс, зміни розмірів і форми зубів при нагріванні та в процесі роботи передачі.

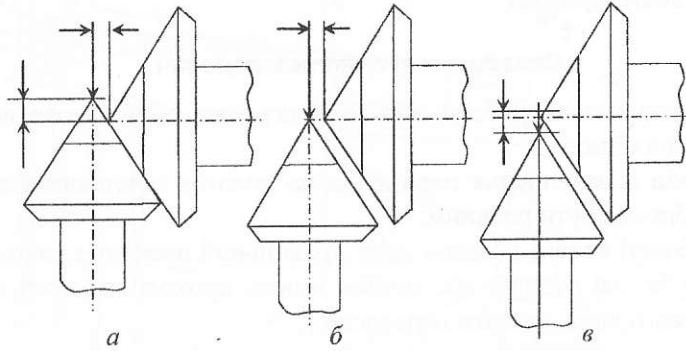


Рис. 6.2. Збіжність вершин діляльних конусів конічних зубчастих коліс при складанні передач

Водночас зазор є причиною виникнення ударів і додаткового зношення зубчастих коліс, а також причиною виникнення в передачі так званого «мертвого» ходу. Отже, зазор у зачепленні має бути таким, щоб під час роботи передачі не виникало заклинювання зубів, не порушувалась плавність обертання, а «мертвий» хід був би якомога меншим.

Неправильно підібрані зазори призводять до збільшення зношення зубів, шуму, вібрацій, похибок у регулюванні механізму, також до поломки зубів.

Боковий зазор може вимірюватися двома способами:

- за допомогою шупів;
- за допомогою індикатора.

Дефектація

Дефектація проводиться згідно з картами технічних умов на дефектацію і ремонт (табл. 6.1 – 6.5; рис. 6.3 – 6.7).

Таблиця 6.1

Дефектація деталей центрального приводу

Дефектація деталей центрального приводу			Обладнання, інструмент, витратні матеріали
1. Виміряти діаметри посадочних поверхонь підшипників та спряжених деталей і визначити посадку:	Найменування деталі та позначення	Розмір за ГУ, мм	Допустима посадка, мм
Л	Кулькопідшипник 26-207P Колесо зубчасте ведене	$\varnothing 35_{-0,010}^{+0,008}$ $\varnothing 35_{\pm 0,008}$	Від натягу 0,018 до зазору 0,008
К	Кулькопідшипник 26-207P Кришка підшипника	$\varnothing 72_{-0,008}^{+0,001}$ $\varnothing 72_{\pm 0,008}$	Зазор від 0,00 до 0,041
М	Кулькопідшипник 26-303P Колесо зубчасте ведене	$\varnothing 17_{-0,007}^{+0,006}$ $\varnothing 17_{\pm 0,006}$	Від натягу 0,013 до зазору 0,006
Н	Кулькопідшипник 26-303P Корпус центрального приводу	$\varnothing 47_{-0,009}^{+0,007}$ $\varnothing 47_{\pm 0,007}$	Зазор від 0,00 до 0,036
П	Кулькопідшипник 6-6305P1 Корпус центрального приводу	$\varnothing 52_{-0,008}^{+0,001}$ $\varnothing 52_{\pm 0,008}$	Зазор від 0,00 до 0,041
Г	Кулькопідшипник 6-46304P Колесо зубчасте подвійне	$\varnothing 20_{-0,008}^{+0,007}$ $\varnothing 20_{\pm 0,007}$	Від натягу 0,015 до зазору 0,007
Д	Колесо зубчасте подвійне Кулькопідшипник 6-46208P	$\varnothing 40_{-0,010}^{+0,008}$ $\varnothing 40_{\pm 0,010}$	Від натягу 0,018 до зазору 0,008
В	Кришка підшипника Кулькопідшипник 6-46208P	$\varnothing 80_{-0,010}^{+0,008}$ $\varnothing 80_{\pm 0,011}$	Зазор від 0,00 до 0,041

Нутроміри
10-18, 18-50,
50-100

Скоби важільні СР25,
СР50,
СР75, СР100,
кільця розмірні

Таблиця 6.2

Дефектація ведучої та веденої конічних шестерень
центрального приводу

№ з/п	Характер дефекту	Метод визначення дефекта	Висновок
1	Тріщини	Огляд. Контроль магнітопорошковий	Замінити шестірню
2	Риски, вм'ятини, забоїни глибиною не більше 0,1 мм, сліди корозії на всіх поверхнях, крім поверхонь зубів	Огляд	Зачистити роздачу металу та сліди корозії
3	Сліди припрацювання і точкове викришування на робочих поверхнях зубів	Огляд Порівняння з контрольним зразком	Допускаються відповідно до контрольного зразка
4	Невідповідність $\varnothing A$ та $\varnothing B$ шестерень	Мікрометр МРП 25 Мікрометр МРП 50	
5	Наявність гострих крайок у місцях R_1	Огляд. Шаблон К 0,5 У50690055. Шаблон К 1,5 У50690062	Притупити гострі крайки на радіус $R_1 = (1 \pm 0,5)$ мм

Таблиця 6.3

Дефектація регулювальних кілець

№ з/п	Характер дефекту	Спосіб визначення дефекту	Висновок
1	Сліди нагару на поверхнях кільця	Огляд	Видалити нагар
2	Порушення оксидофосфатного покриття	Огляд	Відновити покриття На поверхні Б (рис. 6.5) допускається відсутність покриття

Закінчення табл. 6.3

№ з/п	Характер дефекту	Спосіб визначення дефекту	Висновок
3	Шорсткість поверхонь А та Б за параметром більше 0,8 мкм	Огляд. Порівняння зі зразками чистоти	Замінити регулювальне кільце
4	Риски, забоїни глибиною до 0,1 мм на поверхнях	Огляд	Зачистити роздачу металу. Видалення мілких дефектів
5	Відхилення від паралельності торців А і Б більше 0,01 мм	Головка 2ИГ Стояк С-11	Замінити регулювальне кільце

Таблиця 6.4

Дефектація обоими підшипника 6-4620Б₁Т₂

№ з/п	Характер дефекту	Спосіб визначення дефекту	Висновок
1	Сліди нагару на поверхнях деталі	Огляд	Видалити нагар
2	Забоїни, вм'ятини, риски глибиною до 0,1 мм на робочих поверхнях і глибиною до 0,3 мм, не більше, на неробочих поверхнях деталі	Огляд	Зачистити роздачу металу
3	Невідповідність розмірів: 3.1 $\varnothing B = (80^{+0,03})$ мм (рис. 6.6) 3.2 $\varnothing A = (120_{-0,023})$ мм 3.3 $E = 3,5$ мм, не менше	Нутромір У5014-0005 Кільце У6027-0930 Скоба 50251584С Стінкомір У6021-0321	Замінити обойму підшипника Замінити обойму підшипника
4	Овальність і конусоподібність поверхні $\varnothing B$ не більше 0,015 мм	Нутромір 50-100	

Таблиця 6.5

Дефектація обойми підшипника 26–207Р

№ з/п	Характер дефекту	Спосіб визначення дефекту	Висновок
1	Сліди нагару на поверхнях деталі	Огляд	Видалити нагар
2	Забоїни, вм'ятини, риски глибиною до 0,1 мм на робочих поверхнях і глибиною до 0,3 мм, не більше, на неробочих поверхнях деталі	Огляд	Зачистити роздачу металу
3	Невідповідність розмірів:	Нутромір НИ 50-100	Замінити обойму підшипника
3.1	$\varnothing Б = (72^{+0,030})$ мм (рис. 6.7)	Скоба 50251616С	
3.2	$\varnothing А = (128_{-0,027})$ мм		

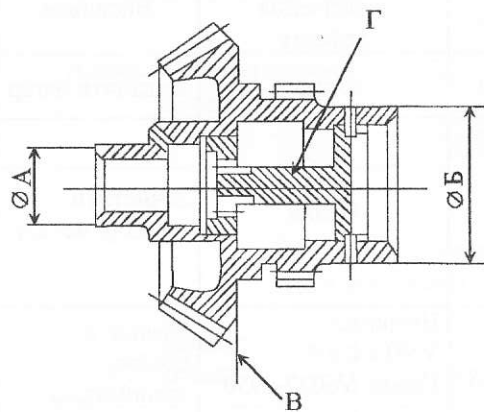


Рис. 6.3. Шестірня ведуча конічна

- а) визначити посадки підшипників у відповідних обоймах;
 - б) виконати перевірку зазору в зубцях конічних шестерень;
 - в) перевірити якість зачеплення по фарбі.
5. Виконати завершальне складання центрального приводу.

Завдання

1. Вивчити конструкцію центрального приводу авіадвигуна Д-36.
2. Розібрати редуктор.
3. Визначити технічний стан елементів конструкції редуктора. Заповнити відомість дефектів та призначити способи їх усунення (ремонт).
4. Вивчити основні етапи процесу складання центрального приводу:

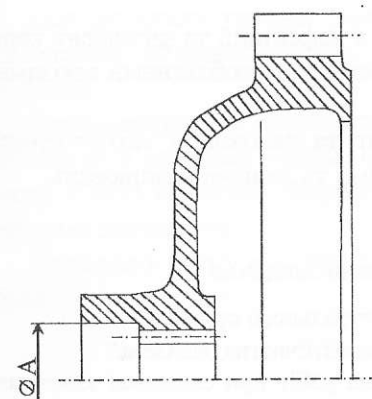


Рис. 6.4. Шестірня ведена циліндрична

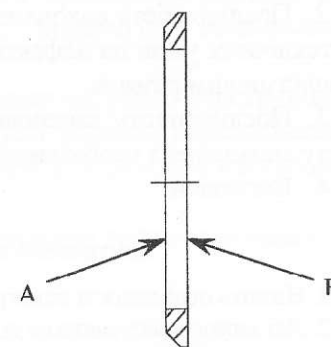


Рис. 6.5. Кільце регулювальне

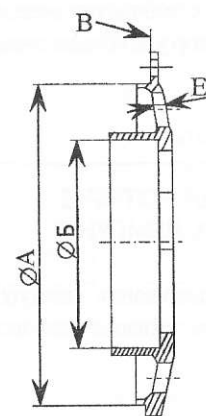


Рис. 6.6. Обойма підшипника

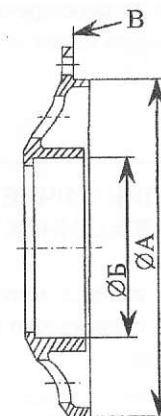


Рис. 6.7. Обойма підшипника

Обладнання, інструмент, матеріал

Відповідно до змісту виконаної роботи, обладнання, інструмент, матеріали вибираються з використанням технологічних карт та технологій дефектації деталей центрального приводу та складання конічних зчеплень.

Зміст звіту

Звіт з практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи і завдання.

2. Послідовність виконання робіт з дефектації та заповнену карту технічних умов на дефектацію і ремонт з необхідними ескізами та даними вимірювань.

3. Послідовність виконання робіт та заповнену технологічну карту складання з необхідними ескізами та даними вимірювань.

4. Висновки.

Контрольні запитання та завдання

1. Назвіть особливості конструкції центрального приводу?
2. Які вимоги висуваються до складання зубчастих зчеплень?
3. Перелічіть особливості контрольних робіт при складанні конічних зчеплень. Охарактеризуйте їх.
4. Як перевіряється пляма контакту зубчастих зчеплень?
5. Поясніть, як перевіряється боковий зазор у зубчастих зчепленнях?
6. Як регулюють пляму контакту і боковий зазор у конічних зчепленнях?

Практична робота 7

ДИНАМІЧНЕ БАЛАНСУВАННЯ РОТОРІВ АВІАЦІЙНИХ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ

Мета – вивчити метод динамічного балансування газотурбінних двигунів та практично ознайомитися з технологією динамічного балансування.

Стислі теоретичні відомості

Метод динамічного балансування застосовується для врівноважування сил і моментів. Динамічне балансування більш точне, ніж статичне. Величина невірноваженості виражається в грамах на сантиметр.

Невірноваженість усувається в певних площинах, заданих конструктором і технологом, які називаються площинами корекції або приведення. Отже, площина дійсного розташування невірноваженої маси залишається невідомою, визначають лише величину й кутове положення маси в площині, яка перпендикулярна до осі обертання.

Для жорстких роторів допускається приведення площин розташування невірноважених мас до заздалегідь встановлених площин.

Врівноважування проводиться на машинах різної конструкції. У вітчизняній практиці найбільш поширені машини нерезонансного типу, у яких величина невірноваженості вимірюється електромагнітними датчиками.

Спрощену схему машини для динамічного врівноважування зображено на рис. 7.1.

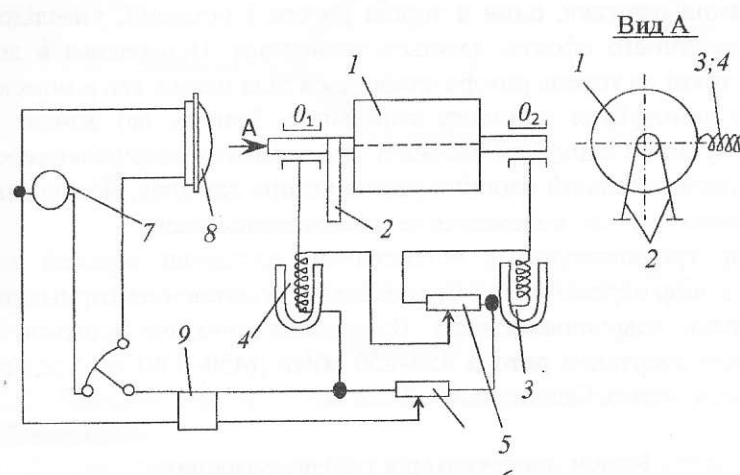


Рис. 7.1. Схема машини для динамічного балансування: 1 – тіло, що балансується; 2 – гнучкий привід; 3, 4 – електромагнітні датчики; 5, 6 – потенціометри; 7 – гальванометр; 8 – стробоскопічна лампа; 9 – підсилювач

Ротор, що балансується, встановлюється на пружних опорах O_1 та O_2 , які коливаються в горизонтальній площині. Опори оснащені датчиками 3 та 4. Це стрижні з котушками, що коливаються разом з опорами, розташованими в полях постійних магнітів. Дроти котушок підведені до підсилювача 9 і до гальванометра 7. У схему включено потенціометричний пристрій 5 та 6 (дільник напруги), призначенням якого є усунення електричним способом взаємного впливу струмів обох датчиків.

Отже, за наявності в роторі нерівноважених сил або моментів він буде коливатися, а в датчиках виникатимуть пульсуючі струми, напруга яких буде прямо пропорційно величині нерівноваженості. Вмикаючи поперемінно той або той датчик, отримують покази приладу, що відповідає величині наявної нерівноваженості.

Щоб визначити кутове положення нерівноваженої маси, застосовують стробоскопічну лампу 8, що увімкнена в електричний ланцюг машини і дає спалах тільки в момент проходження нерівноваженої маси через площину розташування датчиків. Під час спалаху лампа освітлює один з торців ротора і останній, унаслідок стробоскопічного ефекту, здається зупиненим. Попередньо в довільній точці на торець ротора наноситься біла пляма, яка в момент спалаху лампи буде здаватися зупиненою. Знаючи, що момент її гаданої зупинки відповідає моменту проходження нерівноваженої маси в горизонтальній площині розташування датчиків, можна легко визначити кутове положення нерівноваженої маси.

Ротор урівноважують у встановлених площинах корекції для кожної з опор окремо табл. 7.1, послідовно домагаючись отримання мінімальної нерівноваженості. Врівноважування проводиться за швидкості обертання ротора 450–650 об/хв $[(450-650) \pi/30 \text{ рад/с}]$. Можлива точність балансування 2–3 г·см.

Таблиця 7.1

Балансування роторів турбореактивного двигуна Д-36

Найменування (модуль)	Допустимий дисбаланс, г·мм	Встановлено вантажів, од.
КВД		
Ліва опора	Не більше 100	Не більше 3
Права опора	Не більше 100	Не більше 3
КНД		
Ліва опора	Не більше 150	Не більше 3
Права опора	Не більше 150	Не більше 3
ТНД		
Ліва опора	Не більше 250	Не більше 3
Права опора	Не більше 250	Не більше 3

Порядок виконання роботи

Балансування проводять на прикладі переднього вала 072.32.30-1 тривалового турбореактивного двигуна Д-36 (рис. 7.2).

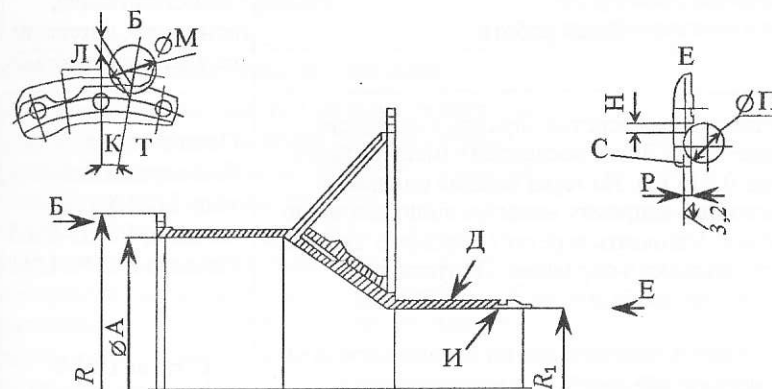


Рис 7.2. Схема переднього вала двигуна Д-36

Завдання

1. Вивчити конструкцію балансувальної машини і принципи балансування.
2. Вивчити технологічний процес балансування деталі (запропонованої викладачем).
3. Скласти технологію балансування деталі.
4. Заповнити технологічну карту балансування.
5. Ознайомитися на робочому місці з обладнанням та технологією балансування.
6. Провести балансування деталі (запропонованої викладачем).
7. Провести аналіз виконаного балансування деталі.

Рекомендації до виконання роботи

Об'єктами для виконання практичної роботи є деталі АТ (запропоновані викладачем), що підлягають динамічному балансуванню.

Виконуючи практичну роботу, слід користуватися зразком технологічної карти (табл. 7.2), на основі якої скласти технологічну карту запропонованого об'єкта балансування.

Таблиця 7.2

Балансування переднього вала	
ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА	
Назва роботи: балансування переднього вала	
Зміст роботи	Устаткування, інструмент, матеріали, що використовуються
<p>1. Встановіть на верстат оправку з наладкою, забезпечуючи биття посадкових місць наладки більше 0,015 мм. На торці фланця оправки в радіальному напрямку нанесіть лінію шириною 5...10 мм. Увімкніть верстат і перевірте збалансованість наладки з оправкою. Допускається залишковий дисбаланс не більше 50 г·мм</p> <p>2. Встановіть передній вал на наладку, сполучаючи маркування індивідуального номера з міткою на наладці та забезпечуючи биття поверхні Д (рис.7.2) не більше 0,015 мм</p> <p>3. Увімкніть верстат. Встановіть кількість обертів вала не менш ніж 1000 об/хв. Балансуйте вал динамічно за рахунок встановлення наліпків пластиліну в «легких місцях» з точністю до 100 г·мм. Залишковий дисбаланс в кожній з двох площин корекцій не більш ніж 100 г. Урівноваженість вала перевіряйте методом обходу контрольним вантажем, що створює подвоєну величину допустимого залишкового дисбалансу. У цьому випадку при встановленні контрольного вантажу в будь-якій точці кола верстат повинен показати важке місце в межах $\pm 30^\circ$ розташування контрольного вантажу. При цьому показники лічильника дисбалансів мають бути не меншими, ніж до встановлення контрольного вантажу. Контрольний вантаж встановлюється на $R = 141$ мм вагою 1,4 г на $R1 = 78,5$ мм, вагою 2,55 г</p> <p>4. Вимкніть верстат</p> <p>5. Відзначте положення наліпка пластиліну. Зніміть і зважте пластилін. Запишіть величину ваги пластиліну в місці його відмітки</p>	<p>Станок балансувальний типу БСД-3 Оправка У5353-0165 Наладка У6359-1241</p> <p>Штатив Ш-І-8 Індикатор ІІПІ Серветка л/п</p> <p>Пластилін</p> <p>Пластилін</p> <p>Олівець кольоровий Терези У6368-1561,</p> <p>Пневмомашина ІП2009 Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1</p>

Закінчення табл. 7.2

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА	
Назва роботи: балансування переднього вала	
Зміст роботи	Устаткування, інструмент, матеріали, що використовуються
<p>6. Зніміть вал з перехідників з верстата</p> <p>7. Врівноважте вал зняттям металу з поверхонь С та К, витримуючи розміри: $\varnothing M = (30-5)$ мм, розмір $L = 9$ мм, не більше, розмір $P = 1$ мм, не більше, розмір $H = 6$ мм, не менш. Кут $T = 9^\circ \pm 20^\circ$. Врівноваженість вала перевіряйте методом обходу контрольним вантажем, що створює подвоєну величину допустимого залишкового дисбалансу. У цьому випадку при встановленні контрольного вантажу в будь-якій точці окружності, верстат повинен показувати «важке місце» у межах $\pm 30^\circ$ розташування контрольного вантажу. При цьому показання лічильника дисбалансів повинне бути не меншим, ніж до встановлення контрольного вантажу. Вага контрольного вантажу для лівої площини на радіусі $R = 141$ мм дорівнює 1,4 г, для правої площини на радіусі $R1 = 78,5$ мм дорівнює 2,55 г</p>	<p>Шкурка шліфувальна тканина 14А F80 Надфіль 2828-0054 Контрольний зразок</p>

Обладнання, інструмент, матеріали

Відповідно до змісту виконуваної роботи обладнання, інструмент, матеріали вибираються з використанням технологічних карт та технологій динамічного балансування аналогічної деталі АТ.

Зміст звіту

Звіт практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи та завдання.
2. Ескізи (креслення) деталей, що підлягають балансуванню.
3. Технологію балансування цих деталей.
4. Заповнену технологічну карту.
5. Висновки.

Контрольні запитання та завдання

1. Поясніть сутність динамічного балансування?
2. Які причини викликають появу дисбалансу?
3. Як впливає неврівноваженість ротора на роботу авіаційних двигунів та ПС?
4. Назвіть методи балансування?
5. Які дії має виконати конструктор, щоб усунути дисбаланс ротора?
6. У яких одиницях вимірюється дисбаланс?
7. У чому полягає принцип роботи балансувальної машини?
8. Яка послідовність виконання робіт при динамічному балансуванні?
9. Які роботи є передумовою технології динамічного балансування?

Практична робота 8

ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВІДНОВЛЕННЯ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ

Мета – практично ознайомитися з технологією відновлення лакофарбових покриттів (ЛФП) під час ремонту авіаційної техніки.

Стислі теоретичні відомості

Висока експлуатаційна стійкість ЛФП, його належний зовнішній вигляд забезпечуються лише при за умови суворого дотримання технології фарбування та використання якісних матеріалів.

Фарбування проводиться в приміщеннях з гарною вентиляцією, температура повітря повинна бути не менша за 15 °С та не більш ніж 30 °С, відносна вологість не перевищувати 80 %, згідно з ГОСТ 9.105-80.

Якщо треба вирівняти поверхню, то спочатку слід прогрунтувати її, а потім прошпаклювати. Наносити більше трьох шарів шпаклівки не рекомендується, сумарна товщина шарів не повинна перевищувати 1 мм.

Лакофарбові матеріали (ЛФМ) потрібно наносити фарборозпилювачем. Фарбувати пензлем тільки тоді, коли це виправдано технологічно.

Фарбу для ручних пневматичних фарборозпилювачів слід профільтрувати через сітку № 028 (ГОСТ 3584-73) чи марлю в 4-6 шарів. Фарборозпилювач під час роботи тримати перпендикулярно до поверхні, що фарбується (для запобігання нерівномірності товщини ЛФП), на відстані 300.....350 мм від неї. ЛФМ потрібно наносити у 2 шари у взаємно перпендикулярних площинах.

Стисле повітря, що подається в пневматичні фарборозпилювачі, повинне відповідати ГОСТ 9.010-80. Параметри його на вході в фарборозпилювач мають бути такими:

- тиск не більш ніж 0,6 МПа;
- температура 15-30 °С для повітря, що подається від поршне-вих компресорів та компресорів не поршневого типу.

У стислому повітрі не допускається наявність вологи та мінеральних мастил у розпиленому вигляді, що можна перевірити, якщо направити повітря на поверхню дзеркала (протягом 3 хв, відстань до дзеркала 50...100 мм). На дзеркальній поверхні не повинно виникнути матового шару або плями вологості чи мастила.

Контроль стислого повітря проводиться на будь-якому відрізку повітряного проводу після фільтра кінцевого очищення, після попереднього продування лінії протягом 5 хв.

Підготовка поверхні

Наявність на поверхні різних забруднень (мастильні плями, сліди рук, пил та ін.) знижує адгезію та захисні якості ЛФМ, тому підготовці поверхні перед фарбуванням потрібно приділяти особливу увагу.

Поверхню перед нанесенням ЛФМ треба промити теплою мильною водою (3 % розчин рідкого калійного або господарчого мила вищого ґатунку) або спеціальними миючими засобами («АЕРОЛ-І», 2-ОКМ та ін.), потім чистою теплою водою, після чого протерти чистими сухими серветками, просушити 2-2,5 год та, якщо залишаться окремі забруднення, витерти їх чистими серветками, змоченими бензином Б-70.

Знежирену поверхню просушити при температурі 12...35 °С протягом 30 хв.

Оцінювання якості знежирення поверхні потрібно проводити так:

- нанести на поверхню 2-3 краплі бензину Б-70 або уайт-спіриту та витримати не менше 15 с;
- до випробуваної ділянки поверхні прикласти фільтрувальний папір (ТУ6-09-1078-77) та притиснути його до повного всмоктування розчинника;
- на інший фільтрувальний папір нанести 2 - 3 краплі бензину Б-70 чи уайт-спіриту та витримати до повного випаровування;
- порівняти зовнішній вигляд обох зразків паперу. У разі якісного знежирення поверхні на першому шматку не повинно бути мастильної плями.

Оцінювати стан поверхні потрібно безпосередньо перед фарбуванням.

Фарбування елементів конструкції та деталей з алюмінієвих сплавів

Алюмінієву пудру додавати в ЛФМ у кількості, що наведена у табл. 8.1. Покриття для деталей, що виходять на зовнішню поверхню літаків, обирають за табл. 8.2.

Фарбування деталей з магнієвих сплавів

Деталі, що виходять на зовнішню поверхню літака, і деталі підпільної частини фюзеляжу після хімоксидування потрібно покривати одним шаром емалі ЕП-076 і двома шарами емалі ЕП-140.

Деталі внутрішнього набору після хімоксидування треба фарбувати за однією з таких схем:

- один шар емалі ЕП-076, два шари емалі ЕП-140, або
- один шар ґрунту АК-070, два шари емалі ЕП-140, або
- один шар ґрунту АК-070 або емалі ЕП-076, два шари емалі ЕП-140, або
- два шари ґрунту АК-070 або два шари ґрунту АК-040, три шари емалі ХВ-16, або
- два шари емалі ВЛ-725, один шар лаку ВЛ-725.

Таблиця 8.1

Норми додавання алюмінієвої пудри ПАП-2 в лакофарбові матеріали (ЛФМ)

№ з/п	Найменування ЛФМ	Кількість алюмінієвої пудри (на 100 вагових частин нерозведеного ЛФМ), у вагових %
1	Ґрунтовка ФЛ-086	2,0
	а) при роботі покриття до температури 150 °С	
2	Ґрунтовка АК-069	5,0
	б) при роботі покриття до температури 225 °С	
3	Ґрунтовка АК-070	1,5
4	Ґрунтовка ГФ-031	5,0
5	Емаль ВЛ-725	2,75
6	Емаль КО-814	8,0
7	Емаль ХВ-16	Не більше 2,0
8	Емаль ЕП-140 алюмінієва (із затверджувачем)	11,0
9	Емаль ГФ-820	17,5 (на 85 вагових частин лаку ГФ-024 – 15 вагових частин алюмінієвої пудри)

Фарбування деталей з нержавіючих сталей

За потреби (для надання декоративного вигляду згідно з вимогами креслення, фарбування проводять за однією зі схем: е АК-070+ХВ-16; АК – 070 + ХВ – 16 (два шари), ВЛ-02+АК-070 чи АК-069+ХВ-16 (два шари); АК-070+ЕП-140; ЕП-076 (два шари), АК-070+ЕП-140 (два шари); ВЛ-02+АК-070+ЕП-140 (два шари), АК-069 (два шари); ФЛ-086 чи ГФ-031+ПФ-223 (два шари) КО-814 (три шари); АК-070+КО-814 (два шари).

Таблиця 8.2

Фарбування деталей з алюмінієвих сплавів, що виходять на зовнішню поверхню літака

Типові деталі та матеріали	Номер шару ЛФМ	Найменування ЛФМ			Примітка
		Зовнішня поверхня літака	Внутрішній простір вище від підлоги (або інші відсіки, де скупчення конденсату відсутнє)	Внутрішній простір нижче від підлоги (або інші відсіки, де скупчення конденсату можливе)	
Обшивки з плікірованих алюмінієвих сплавів Д16Т, Д164Т, АК4-1 та інші після анодного оксидування	1-й	АК-113Ф	ФЛ-086	ФЛ-086	
	2-й	АК-070	АК-069	АК-070	
	3-й	АС-1115		ЕП-140	
	4-й	АС-1115 (до складання АК 113Ф)	(до складання ФЛ-086)	ЕП-140 або АК-070 + + ЕП-140 зелена + +АК-069 + ХВ16 зелена (три шари) (до складання АК-070 + ЕП-140)	

Фарбування деталей з надміцних сталей

Головки та виступаючі різьбові частини болтів, працюючих при температурі до 250 °С, разом з гайками фарбувати за схемами: ЕП-076+ЕП-140 (два шари), чи АК-070 (два шари) + ЕП-140 (два шари), а працюючих при температурі до 90 °С, можна фарбувати

системою: АК-070 (два шари) + ХВ-15 (два шари). Постановку незнімних болтів проводите на сирому ґрунті ФЛ-086 (табл. 8.3).

Постановку незнімних болтів, працюючих при температурі до 400 °С, проводити на емалі КО-814. Головки та виступаючі різьбові частини болтів разом з гайками фарбувати емаллю КО-814 (три шари).

На зварні вузли та механічно оброблені деталі, що працюють при температурі до 250 °С, потрібно наносити системи: ЕП-076+ЕП-140 (два шари) чи АК-070 (два шари), а ті що працюють при температурі до 400 °С – 3 шари КО-814.

На деталі, що мають внутрішні порожнини, що не покриваються при кадміюванні, після додаткового оксидного фосфатування наносити один шар ЕП-076 + один шар ЕП-140.

Таблиця 8.3

Фарбування деталей з надміцних сталей

Типові деталі	Номер шару ЛФП	Найменування ЛФП	Для деталей, що знаходяться		Додаткові вказівки
			вище підлоги (де немає накопичення конденсату)	на поверхні нижче підлоги (де можливе накопичення конденсату)	
Механічно оброблені деталі, зварні деталі	1-й	АК-070			
	2-й	АК-070			
	3-й	ХВ-16	+	+	
	4-й	ХВ-16			

Непосадкові поверхні вузлів та деталей, що підлягають в процесі експлуатації впливу піску, бруду і т.ін., при температурі експлуатації до 90°С зовні фарбувати за схемами: АК-069+АК-070 чи АК-069 + ХВ-16 (два шари), при температурі експлуатації до 250 °С: АК-070 (два шари) +ЕП-140 (два шари), або ЕП-076+ЕП-140 (два шари), або АК-070+ЕП-140 (два шари). Посадкові поверхні промастити; постановку відповідних деталей проводити так: незнімних – на сирому ґрунті ФЛ-086 чи емалі КО-814, знімних – на пасті АЛКМ-І, на замазках ЦІАТИМ-221, АМС-3 (залежно від температури експлуатації).

Фарбування деталей з мідних сплавів

Трубопроводи кисневої системи з міді фарбувати за схемою: ВЛ-02+ЕП-140 (два шари з гарячим сушінням останнього шару).

На електрошини наносити ЕП-076+ЕП-140.

Фарбування деталей з титанових сплавів

За необхідності (для надання декоративного вигляду) проводити фарбування за однією зі схем, згідно з кресленням:

АК-70+ХВ-16 (один – два шари);

ВЛ-02+АК-069+АК-070+ХВ-16 (два шари);

АК-070+ЕП-140 (два шари);

ВЛ-02+АК-070+ЕП-140 (два шари);

КО-814 (три шари).

Фарбування деталей з неметалевих матеріалів

Фарбування деталей зі склопластиків конструкційного призначення.

На деталі, що виходять на зовнішню поверхню, наносять ЛФМ, згідно з кресленням: АК-113 (два шари)+ХВ-16+ХВ-004 (один – три шари)+ХВ-1692 (два шари); ЕП-0026 (один – три шари)+АК-113+ХВ-16 (два шари); ЕП-140+ХВ-004 (один – три шари)+ЕП-140 (два шари); ЕП-140 (два шари); АК-070+АС-1115 (два – три шари). На ті самі деталі всередині нанести АК-113 (два шари)+ХВ-16 (два шари); чи ЕП-140 (два шари).

На деталі внутрішнього набору зовні наносити ЛФМ, згідно з кресленням: АК-113 (два шари)+ХВ-16 (два шари); АК-113 (два шари) + ХВ-16+ХВ004 (один – три шари)+ХВ-16 (два шари); ЕП-140+ХВ-004 (один – три шари)+ЕП-140 (два шари); ЕП-140 (два шари); ЕП-0026 (один – три шари)+АК-113+ХВ-16 (два шари); ЕП-0026 (один – три шари)+ЕП-140 (два шари)+АС-1115 (два шари); ЕП-0026 (один – три шари) +ЕП-140 (два шари).

Фарбування деталей з дерева

Вимоги:

- вузли та деталі з дерева перед фарбуванням обробляють антисептиком;
- на деталі, що не потребують декоративного оздоблення, нанести три шари ХВ-16 сіро-блакитної чи алюмінієвої;
- на деталі, що потребують декоративного оздоблення, нанести покриття: клей ХВК-2А+шпатлівка ХВ-004 (один – три шари) +

емаль ХВ-16 (три шари) чи емаль АС-1115 (три шари) чи емаль АС-131 (три шари);

– у місцях проклеювання декоративно-облицювальної тканини ЛФМ не наносити;

– у місцях санвузла, що не потребують декоративного оздоблення, наносити емаль ЕП-140 (три шари);

– на деталі санвузла, що потребують декоративного оздоблення, наносити покриття: клей ХВК-2А+шпатлівка ХВ-004 (один – три шари) + емаль ЕП-140 (три шари).

Режими сушіння лакофарбових покриттів

Режими сушіння ЛФМ вказані в табл. 8.4. Для отримання більш якісного покриття застосовувати гаряче сушіння.

Таблиця 8.4

Режим сушіння, товщина ЛФМ та витрати ЛФМ на одиницю поверхні

№ з/п	Найменування ЛФМ (грунтовки)	Режим сушіння				Товщина одного шару ЛФМ, мкм
		повітряний		конвекційний		
		Температура, °С	Час, год	Температура, °С	Час, год	
1	ВЛ-02ГОСТ 12707-77	18.....22	0,25	–	–	4....10
2	АК-069 ГОСТ-25718-83	18.....22	1,0	–	–	8....12
3	АК-070 ГОСТ 25718-83	18.....22	24	–	–	6....12
4	ФЛ-086 ГОСТ 16302-79	18.....22	24	78....82 105...110	2,0 1,0	10...15
5	ГФ-031 ТУ 6-10-698-79	–	–	100...110	4,5	10...15
6	ЕП-076 ТУ 6-10-755-76	18.....22	6,0	90	2,0	15...20

Контроль якості лакофарбових покриттів

Поверхня, що підлягає фарбуванню, перед ґрунтуванням має бути чистою, знежиреною, на ній не повинно бути слідів корозії.

Плівка ґрунтовки повинна бути щільною, однорідною та твердою, без підтків.

Плівка одного шару емалі має повністю покривати шар ґрунтовки, що лежить під нею

Зовнішній вигляд ЛФМ після нанесення кожного шару повинен відповідати еталонному зразку.

Товщину нанесеного шару ЛФМ вимірюйте приладом ВТ-3ОН (табл. 8.5).

Таблиця 8.5

Засоби вимірювання лакофарбового покриття

№ з/п	Параметр, що контролюють	Стандарт, засоби вимірювання	Номер технологічного процесу
1	Час	Години типу ВЧСІ-М2ПВ-220-400-450КГОСТ 22527-77 Секундомір механічний СОПпр-2а-3-221 ГОСТ 5072-79	2.10.І. 2.10.2.4.3, 3.І,4.4.І, 13.І
2	Температура	Термометр ТЛ-21-БІ ГОСТ 215-73Е	2.2, 2.10, 4.3, 13.І
3	Тиск збитковий	Манометр типу ОБМІ-100 клас 2,5, діапазон (056) кг/см ² ГОСТ 2405-80	2,10
4	В'язкість умовна	Віскозиметр типу ВЗ-4, ВЗ-І ГОСТ 9070-75	2.3
5	Товщина покриття	Прилад ВТ-3ОН ТУ25-06-1688-74	2,4; 13,1; 14,7
6	Частка вологи в повітрі	Психрометр аспіраційний ГОСТ 6353-52	2,2
7	Довжина	Лінійка – 300 ГОСТ 427-75	2,9; 2; 10,І
8	Маса	Ваги типу РН-10ЦІЗУ ГОСТ 3882-74	4,2; 5,І

Техніка безпеки

Організовуючи та проводячи роботи з ЛФМ, потрібно керуватися інструкціями з техніки безпеки.

Порядок виконання роботи

1. Визначають витрати ЛФМ.
2. Визначають якість підготовки поверхні.
3. Обирають покриття для конструктивного елементу.
4. Обирають режим сушіння.
5. Контролюють якість покриття, визначають товщину покриття.

Норму витрат ЛФМ на фарбування деталі N_b , визначають за формулою:

$$N_b = N_{вп} \cdot F \cdot n \cdot k,$$

де N_b – питома норма витрат ЛФМ на деталь, $г/м^2$; F – площа поверхні, що її фарбують, $м^2$; n – кількість однакових за товщиною шарів ЛФМ; k – коефіцієнт, що очікує додаткові витрати ЛФМ залежно від характеру поверхні, яка підлягає фарбуванню.

При фарбуванні з розпиленням деталі та вузли класифікують за групами складності поверхні, дофарбовують так:

I група – деталі та вузли нескладної форми з площею фарбування від $0,5 м^2$ та вище, а також деталі та вузли об'ємної форми, зібрані з листових деталей, що мають розмір одної зі сторін не менше ніж 400×400 мм.

II група – деталі та вузли нескладної форми з площею фарбування від $0,5 м^2$, а також вузли та агрегати зварної конструкції, трубчаті конструкції в поєднанні з плоскими поверхнями.

III група – деталі зігнуті та з отворами; з площею фарбування менше ніж $0,1 м^2$, деталі плоскі з площею фарбування менше ніж $0,2 м^2$, вузли та деталі складної конструкції, форми, вузькі, довгі деталі шириною до 50 мм, труби діаметром менше 80 мм, незалежно від площі фарбування.

IV група – деталі та вузли особливо складної конструкції, з малою площею фарбування (менше $0,05 м^2$) та високими декоративними вимогами до якості фарбування, деталі та вузли складної конфігурації з частково фарбованою поверхнею (20 – 25 % від загальної поверхні).

Питоми норми витрат ЛФМ для фарбування пневматичним розпилювачем наведено в табл. 8.6.

Примітка. У разі фарбування безкисневим розпиленням вказані в табл. 8.6 величини норм витрат слід помножити на похибкові коефіцієнти k :

– для ЛФМ I групи – 0,85; для II групи 0,75; для III групи складності деталей 0,5;

– для ЛФМ на полімерних смолах – 0,80 для I, 0,70 для II, 0,40 для III групи складності деталей.

Таблиця 8.6

Питоми норми витрат ЛФМ для фарбування пневматичним розпилювачем

№ з/п	Найменування ЛФМ	Норма витрат ЛФМ $N_{вп}/k$, $г/м^2$, при пневматичному розпилюванні, за групами складності деталей				
		I	II	III	IV	
На поліконденсаційних смолах						
1	ГФ-031	45	55	80	140	
2	ГФ-032	80	90	135	245	
3	ФЛ-086	50	60	90	160	
4	ЕП-076	50	60	90	160	
5	ЕП-091	45	50	80	140	
6	ВЛ-02	60	70	105	190	
7	ПФ-223	Біла,	55	65	100	180
		чорна,	50	60	90	160
		кольорова	65	70	110	190
8	ГФ-820	60	70	105	190	
9	МЛ-12	Чорна,	60	70	105	190
		кольорова	35	95	150	270
10	МЛ-165	90	105	160	290	
11	ЕП-140	Чорна,	35	100	150	270
		біла,	140	100	250	440
		кольорова	120	135	210	370
12	ПФ-19М	Чорна,	70	80	120	210
		кольорова	100	115	180	320

Завдання

1. Вивчити технологічний процес відновлення лакофарбових покриттів.

2. Скласти технологію відновлення деталі з матеріалу, запропонованого викладачем.

3. Ознайомитись на робочому місці з технологією фарбування деталей АТ.

Зміст звіту

Звіт практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи та завдання.
2. Технологію фарбування деталей із запропонованого викладачем матеріалу.
3. Розрахунки витрат ЛФМ.
4. Результати контролю якості покриттів.
5. Результати визначення товщини покриття.
6. Висновки.

Контрольні запитання та завдання

1. Від чого залежить якість лакофарбового покриття?
2. Як оцінити якість знежирення поверхні, яку потрібно пофарбувати?
3. Поясніть вплив технологічного процесу сушіння на експлуатаційні та декоративні властивості ЛФП.
4. Які є вимоги до якості ЛФП та як контролюють якість ЛФП?
5. Назвіть основні вимоги техніки безпеки при виконанні фарбувальних робіт.
6. Як розрахувати норми витрат ЛФМ?

Практична робота 9

ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ СКЛАДАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ПІСЛЯ РЕМОНТУ

Мета – ознайомлення з теоретичними та практичними навичками технологічного процесу складання та випробування АТ після ремонту.

Стислі теоретичні відомості

Загальне складання є завершальною фазою, у процесі якої виконують монтаж агрегатів планера, завершують монтаж обладнання, регулюють і випробовують системи і механізми ПС.

Технологічний процес загального складання ПС має такі фази:

- попереднє стикування агрегатів;
- монтажні роботи;
- стикування агрегатів і кінцеве складання;
- регулювання і випробування систем.

Загальне складання виконують у такій послідовності:

- складання планера з агрегатів і секцій;
- монтаж шасі, агрегатів керування їхнім випусканням і прибиранням;
- монтаж силових установок і керування ними;
- монтаж агрегатів і трубопроводів систем ПС і АД;
- монтаж систем керування ПС;
- монтаж радіоелектронного і приладового обладнання.

Всі операції виконують у спеціальних доках. Транспортування, навішування, стикування важких виробів виконують за допомогою кран-балок.

Складаючи стикувальні болтові з'єднання використовують реверсивні електрогайковерти, пневмогайковерти та інше обладнання. Для тарувального затягання рознімних з'єднань використовують динамометричні або тарувальні ключі. Випробовують і регулюють системи за допомогою спеціальних пересувних універсальних стендів.

Гідрогазову, паливну і мастильну системи випробовують на герметичність і працездатність.

Випробування на герметичність гідросистем виконують у два етапи: попередні випробування при тиску до 0,2 МПа і кінцеві випробування при тисках 3,15...30 МПа. Систему керування перевіряють на працездатність: вимірюють зусилля тертя в зчленуваннях, визначають жорсткість керування за відхиленням штурвала і педалі в обидва боки.

Регулюють кінематику синхронності роботи шасі, системи керування, визначають зазори і люфти у з'єднаннях. При регулюванні кінематики шасі літак встановлюють на гідропідйомники і страхують спеціальними домкратами.

Після закінчення загального складання ПС направляють у малярний цех для нанесення ЛФП. Після пофарбування ПС випробовують на герметичність.

Випробування ПС

Наземні випробування ПС виконують на льотно-випробувальних станціях (ЛВС). Однак на великих АРЗ такі випробування можна здійснювати на контрольно-випробувальній

станції (КВС). Наземні випробування поділяються на дві частини: попередню й основну. Попередня – до запуску двигуна, основна – при працюючому двигуні. Якщо випробування ПС наземні, то перевіряють:

- технічний стан;
- працездатність і взаємодію систем і механізмів прибирання і випуск шасі, дію системи керування, механізації крила, гальм шасі, всіх підсистем і агрегатів;
- працездатність силової установки з одночасною перевіркою ефективності роботи гальмівної системи, системи керування двигунами;
- працездатність і взаємодію трансмісії і несучої системи (для вертольотів);
- відхилення показників окремих приладів і списання девіації (тарування);
- стан записів у формулярах, паспортах і атестатах про виконанні під час ремонту роботи.

Обладнання і апаратура, які застосовують на ЛВС, мають велику універсальність.

На ЛВС ПС заправляють ПММ, газами, здійснюють розконсервацію і випробування роботи його двигунів, перевіряють положення лопатей несучого гвинта (для вертольота).

Особливу увагу на ЛВС слід приділити випробувальним стендам, які моделюють нормальні й аварійні умови роботи бортових систем ПС. Ці стенди дозволяють виконувати такі роботи:

- проводити контрольні випробування систем для визначення відхилень їхніх параметрів від заданих значень;
- моделювати конструкційно-виробничі й експлуатаційно-ремонтні несправності, щоб виявити їхній вплив на працездатність і експлуатаційну надійність систем;
- відтворювати аварійні режими, які можуть з'явитися в процесі експлуатації систем;
- проводити ресурсні випробування або випробування на надійність до появи першої відмови і т. ін.

Після випробувань систем на наземних стендах проводять випробування їх при працюючих двигунах ПС, коли треба перевірити регулювання тиску в системах, напругу струму, витрати палива, час спрацьовування тощо.

Якість виконання наземних випробувань має вирішальне значення для забезпечення безпеки польотів. Наземні випробування – останній, завершальний етап виконання ремонтних робіт на конструкції.

Після закінчення наземних випробувань заповнюють увесь комплект проектно-конструкторської документації (ПДК) з наземних випробувань, оформлюють «Протокол наземних випробувань», який підписують фахівці за напрямками перевірки.

Льотні випробування

Льотні випробування – остаточний етап ремонту, на якому оцінюють якість ремонту і роблять висновок про можливість подальшої експлуатації ПС.

Льотні випробування проводить екіпаж ЛВС АРЗ.

Перед льотними випробуваннями ПС заправляють ПММ, робочими рідинами і газами, після чого виконують потрібний обсяг передпольотного ТО. На виконання всіх робіт і підготовку ПС до льотних випробувань оформляють необхідні документи.

Члени комісії з льотних випробувань перевіряють технічний стан ПС і оформлення технічної документації. Екіпаж готує й оформляє завдання на політ та проходить медичне обстеження. На час польотів членів комісії забезпечують парашутами. Льотні випробування здійснюють суворо за затвердженими програмами, відхилення від тривалості випробувань заборонені.

Перед льотними випробуваннями ПС завантажують баластом до необхідної маси. При цьому має бути дотримане центрування.

Льотні випробування ПС складаються з контрольного і випробувального польотів. Контрольний політ виконують по колу в районі аеропорту, щоб перевірити надійність роботи двигунів, агрегатів систем, радіоелектронного обладнання та приладів.

Якщо контрольний політ виконаний без зауважень, то допускається без посадки переходити до виконання випробувального польоту за програмою.

У разі виявлення відмов, несправностей або інших зауважень щодо роботи ПС і його систем випробування негайно зупиняють і здійснюють посадку.

Після з'ясування причин зупинення випробувань та усунення недоліків продовжують подальше випробування в обсязі незавер-

шеної частини програми і з перевірки параметрів, на які могли впливати виявлені несправності. На деяких типах ПС випробувальний політ виконують за два етапи – при різній польотній вазі та на різних висотах. Під час льотних випробувань дотримуються установлених для певних типів і модифікацій ПС обмежень на всіх режимах польоту за зльотною масою, висотою і швидкістю. Вся льотно-випробувальна робота регламентується «Повітряним кодексом України», «Основними правилами польотів над територією України» та іншими документами.

Специфіка виконання випробувальних польотів відображена в інструкції з організації випробувань ПС у ремонтному підприємстві. Наземні та льотні випробування виконують на основі відповідних програм, узгоджених і затверджених науковими і керуючими організаціями.

Екіпажі під час випробувань керуються такими документами:

- настановою з виконання польотів (НВП);
- інструкцією з пілотування і експлуатації певного типу ПС;
- програмою льотних випробувань;
- завданням на політ та іншими документами, які регламентують роботу членів екіпажу.

Під час льотних випробувань перевіряють:

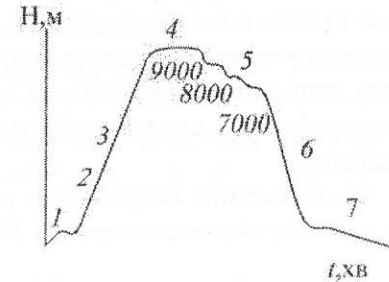
- швидкості при розгоні, набиранні висоти, зниженні та пробігу;
- швидкості горизонтального польоту за висотами;
- стійкість і керованість;
- ефективність систем керування;
- витрату палива;
- роботу систем і обладнання;
- роботу радіоелектронного і приладового обладнання;
- прибирання і випускання шасі;
- роботу механізації крила;
- ефективність роботи гальм.

Типовий профіль льотного випробування літака після ремонту зображено на рис. 9.1. Льотні випробування продовжуються протягом 1 – 15 год залежно від типу ПС тільки в денний час за хорошої погоди. На рулінні до виконавчого старту перевіряють роботу основного і аварійного гальмування. На зльоті перевіряють стійкість і керованість літака при випущених шасі й закрилках та сигналізацію роботи шасі.

Потім контролюють працездатність енергетичних систем постійного і змінного струму, перевіряють стійкість і керованість з прибраною і випущеною механізацією крила, роботу радіовисотомірів, бортової записувальної апаратури, радіокомплексів, зв'язувальної і командної апаратури, усіх пілотажно-навігаційних приладів.

Рис. 9.1. Типовий профіль льотного випробування літака після ремонту:

1 – руління, злітання, перевірка гальм і злітних властивостей; 2 – прибирання шасі, перевірка двигунів, систем і обладнання; 3 – перевірка швидкопідйомності, роботи двигунів, систем і обладнання; 4 – перевірка стійкості, керованості, маневреності, швидкості, роботи двигунів, систем і обладнання; 5 – зниження і визначення горизонтальних швидкостей, стійкості й керованості; 6 – зниження; 7 – посадка, руління, перевірка посадкових властивостей, гальм



Після цього здійснюють зниження до рівня кола (400 – 600 м), імітацію посадки з випуском механізації. Якщо при цьому ніяких відхилень від технічних умов немає, виконують набирання висоти до 7000 м. У набиранні висоти до 7000 м перевіряють швидкопідйомність, стійкість і керованість, контролюють роботу двигунів у нормальному режимі. У горизонтальному польоті перевіряють за всіма параметрами роботу автопілота, систему кондиціонування та інші системи. Після цього здійснюють набір висоти до 10000 м, де літак розганяється до максимальної швидкості (у границях максимально допустимого числа М). При цьому контролюють стійкість і керованість літака, систему керування, системи ЛіРЕО, оцінюють роботу двигунів. Потім виконують зниження, на цьому режимі перевіряють роботу двигунів: по чергово кожен з двигунів вимикають і контролюють висотний запуск. Перевіряють поведінку літака з одним вимкненим двигуном. Після зниження на ділянці горизонтального польоту оцінюють систему регулювання тиску в кабінах, виконують прибирання і випускання шасі від основної системи, а потім від аварійної, перевіряють систему вентиляції на малих висотах. Система забезпечення тиску в кабіні має забезпечити до висо-

ти 6000 м нульове відхилення від тиску на рівні землі. Температура в кабіні підтримується на рівні 20–25 °С.

Широке застосування у випробувальних польотах знаходять засоби автоматичного контролю із записуванням вимірюваних параметрів.

Основні результати льотних випробувань заносять у протокол випробувань і формуляр ПС із зазначенням якісної і кількісної оцінки: стійкості й керованості ПС, особливостей пілотування, роботи силових установок, органів керування, шасі і гальм із зазначенням часу випускання і прибирання шасі, механізації крила, роботи вантажопідйомних систем, роботи радіотехнічного і приладового обладнання.

Після льотних випробувань роблять огляд ПС, усувають недоліки і виконують післяпольотне ТО.

Проведення випробувань монтажу шасі

Щоб випробувати роботу шасі використовують стенд для відпрацювання гідросистеми літака, який складається з:

- трьох гідравлічних фільтрів 8.Д2.966.018-2;
- турбохолодильника 12ТТД;
- ППР 1639А;
- двох гідронасосів 683АН;
- СДУ (системи дистанційного управління);
- вольтметра В-1;
- датчика МЭ-1866;
- підсилювача до СПУ-7;
- манометрів МГ-250М та МВ-250М;
- вказівника УКЗ-1;
- приймачів П-1Б та П-15Б;
- ручного насосу НР-01;
- клапана ГА42-00-3.

Підготовчі роботи

Примітка: перед випробуваннями шасі встановити огороження.

1. Перевернути замки шасі – замки повинні бути відкриті.

2. Встановити стенд у загальнозаводську електромережу.
3. Зняти пристрої для попередження самовільного складання замка-розпору і переднього амортизаційного стояка шасі.

Після закінчення випробувань шасі встановити пристрій у замок-розпир на амортизаційний стояк переднього шасі.

Короткі технічні дані

1. Робоче середовище – рідина АМГ-10.
 2. Робочий тиск – 15 МПа.
 3. Сумарна виробнича спроможність насосів 623 АН – 39 л/хв.
 4. Електродвигун А62-4: потужність – 14 кВт; оберти – 1450 об/хв (9000π/30 рад/с);
 5. Передаточне число редуктора – $i = 1,12$.
 6. Пневмопривід заправочного насосу НР-01 і турбохолодильник працюють від мережі стисненого повітря під тиском – $p = 0,4 - 0,6$ МПа.
 7. Місткість баків: заправного – 70 л; витратного – 35 л;
 8. Тиск наддуву баків – 0,1 МПа (наддув від балона з технічним азотом).
 9. Тиск зарядки балона – 15 МПа.
- Регламентні роботи проводять один раз на тиждень у такій послідовності:
- а) злити відстій з баків і фільтрів;
 - б) провести 5-хвилинне промивання закільцьованої системи стенда, промити фільтроелементи фільтрів згідно із вказівками в паспортах.

Проведення вимірювання тиску системи гальмування

Для цього використовують стенд для вимірювання тиску в системі гальмування, схему якого зображено на рис. 9.2. Цей універсальний пристрій призначений для:

- фактичного вимірювання тиску безпосередньо біля коліс;
- стравлювання повітряних пробок з системи гальмування;
- вимірювання падіння тиску в гальмівній системі.

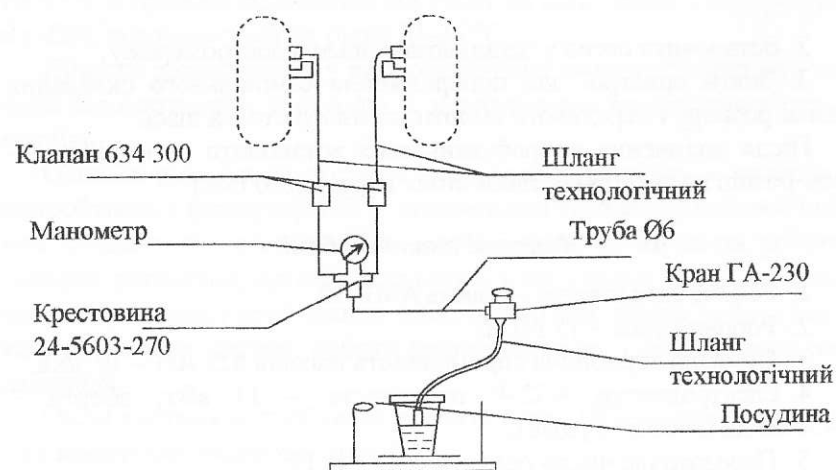


Рис. 9.2. Схема універсального стенда для вимірювання тиску

Завдання

1. Вивчити технологію загального складання ПС після ремонту.
2. Ознайомитися з загальними положеннями після ремонтних випробувань ПС.
3. Практично ознайомитися з проведенням випробувань монтажу шасі.
4. Провести вимірювання тиску системи гальмування шасі.

Зміст звіту

Звіт практичної роботи повинен містити:

1. Мету роботи та завдання.
2. Стислі теоретичні відомості.
3. Схему універсального пристрою для вимірювання тиску в системі гальмування.
4. Результати випробувань роботи шасі.

Контрольні запитання та завдання

1. Перелічіть фази, на які поділяється технологічний процес загального складання ПС.
2. Що перевіряють під час наземних випробувань ПС?
3. Що перевіряють під час льотних випробуваннях ПС?
4. Поясніть, як проводять перевірку випробувань шасі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алябьев А. Я. Основы ремонта авиационной техники. Восстановление работоспособности деталей: учеб. пособ. / А. Я. Алябьев, Г. М. Зайченко, Г. А. Волосович. – К. : КИИГА, 1992. – 96 с.
2. Алябьев А. Я. Основы ремонта авиационной техники. Сборка и испытание летательных аппаратов и авиационных двигателей при ремонте: учеб. пособ. / А. Я. Алябьев, Г. М. Зайченко, Г. А. Волосович. – К. : КИИГА, 1993. – 98 с.
3. Алябьев А. Я. Основы ремонта авиационной техники. Организация ремонта, подготовка производства и определение технического состояния авиационной техники при ремонте: учеб. пособ. / А. Я. Алябьев, Г. М. Зайченко. – К. : КИИГА, 1992. – 142 с.
4. Кудрін А. П. Типові технологічні процеси відновлення авіаційної техніки: навч. посіб. / А. П. Кудрін, Г. А. Волосович, В. В. Лубяний [та ін.]. – К. : НАУ, 2008. – 243 с.
5. Кудрін А. П. Ремонт повітряних суден та авіаційних двигунів: підручник / А. П. Кудрін, Г. М. Зайченко, Г. А. Волосович, В. Д. Хишко. – К. : Вид-во. НАУ, 2002. – 491 с.

Навчальне видання

**ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ
ВІДНОВЛЕННЯ ЛЬОТНОЇ
ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН
І АВІАДВИГУНІВ**

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
для студентів напрямку 1001
«Авіація і космонавтика»

Укладачі:

КУДРІН Анатолій Павлович
ВОЛОСОВИЧ Георгій Андрійович
ЗАЙВЕНКО Григорій Максимович
ХИЖКО Віталій Дмитрович
ДУХОТА Олександр Іванович

Редактор *В. П. Заскалета*
Технічний редактор *А. І. Лаєринович*
Коректор *Л. М. Романова*
Комп'ютерна верстка *Л. А. Шевченко*

Підп. до друку 06.03.12. Формат 60x84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк арк. 3,49. Обл.-вид. арк. 3,75.
Тираж 100 пр. Замовлення № 35-1.

Видавець і виготовлювач
Національний авіаційний університет
03680, Київ-58, просп. Космонавта Комарова 1.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07. 2002