

7.1. Загальні поняття про надійність

До найважливіших характеристик ефективності процесів технічної експлуатації авіаційного обладнання належать характеристики його експлуатаційної надійності [6, 16, 18].

Висока надійність авіаційного обладнання є основною умовою його готовності, ефективності використання та безпеки польотів.

Надійність авіаційного обладнання – це його властивість виконувати задані функції, зберігаючи протягом певного часу значення встановлених льотно-технічних і експлуатаційних показників в заданих межах, які відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонту, зберігання та транспортування.

Як впливає з визначення, надійність – це комплексна властивість, яка в залежності від призначення, часу та умов експлуатації обладнання може містити різні експлуатаційні показники: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, зберігаємість тощо.

До того, як розглянути кількісні показники надійності виробів авіаційного обладнання, наведемо якісні визначення окремих показників, які характеризують його надійність.

Наробіток – тривалість або обсяг робіт виробу авіаційного обладнання (в годинах, люд· год, км, циклах, кількості посадок і т.п.).

Безвідмовність – властивість виробу авіаційного обладнання зберігати працездатність протягом певного інтервалу часу в певних умовах експлуатації.

Для виробів, які не ремонтуються або замінюються після першої відмови, а також виробів, для яких відмови неприпустимі, кількісними показниками безвідмовності можуть бути ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов.

Для ремонтпридатних виробів кількісними показниками безвідмовності можуть бути: наробіток на відмову, параметр потоку відмов, ймовірність безвідмовної роботи.

Ремонтпридатність авіаційного обладнання, як зазначалося в попередній главі, є його властивість, яка полягає в пристосованості до попередження, виявлення та усунення відмов і дефектів шляхом проведення технічного обслуговування та ремонтів. Вона оцінюється витратами праці, часу та коштів на ремонтні роботи. Не всі елементи авіаційного обладнання ремонтують. Наприклад, конденсатори, різні мікросхеми не ремонтують, оскільки вартість їх відновлення перевищує вартість виготовлення. Багатоелементні блоки й системи авіаційного обладнання підлягають відновлювальному ремонту, оскільки вартість заміни декількох елементів набагато нижча вартості всього блока чи системи.

Кількісними показниками ремонтпридатності можуть бути: середній час відновлення, ймовірність виконання ремонту за заданий час, середня вартість технічного обслуговування.

Слід зазначити, що авіаційне обладнання може втратити працездатність не тільки під час експлуатації, але і в процесі тривалого зберігання або транспортування. Властивість виробу авіаційного обладнання зберігати встановлені експлуатаційні показники протягом (і після) терміну зберігаємості і транспортування називається *зберігаємістю*.

Кількісним показником зберігаємості може бути середній час зберігання.

На практиці зустрічаються ситуації, які вимагають, щоб авіаційне обладнання не тільки працювало безвідмовно протягом певного часу і в певних умовах експлуатації, але й (незважаючи на наявність відмов і перерв в його роботі, пов'язаних, в основному, з їх усуненням і проведенням технічного обслуговування) в цілому зберігало б здатність виконувати задані функції протягом визначеного проміжку часу.

Властивість авіаційного обладнання зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування і ремонтів називається *довговічністю*.

Граничний стан виробу визначається неможливістю його подальшої експлуатації, зниженням ефективності або вимогами безпеки, і зазначається в нормативно-технічній документації.

Кількісними показниками довговічності є ресурс і термін служби виробу.

З точки зору надійності об'єкт авіаційного обладнання може перебувати в кожний даний момент часу тільки в одному з двох станів: працездатному і непрацездатному, тобто у стані відмови.

Працездатність – це стан виробу, при якому він здатний виконувати задані функції з параметрами, які встановлені вимогами нормативно-технічної документації.

Відмовою вважається будь-яка втрата працездатності виробу (повна, часткова, тимчасова) або відхилення його параметрів від встановлених норм.

Слід зазначити, що ознаки відмови визначають в кожному конкретному випадку – в залежності від вимог, які ставляться до виробу.

Крім поняття “відмова”, на практиці використовують поняття “дефект” і “несправність”.

Дефектом вважається будь-яке ушкодження або розрегулювання виробу (системи, агрегату, вузла, деталі), що не призвело до втрати його працездатності.

Несправністю вважається якісний стан виробу, який характеризується наявністю відмов і дефектів, виявлених у нього в процесі експлуатації і ремонту.

Для зручності проведення аналізу відмови виробів авіаційного обладнання можна класифікувати за низкою ознак таким чином:

- за місцем виявлення відмови – в повітрі, на землі;
- за характером виявлення відмови – раптова (несподівана), поступова;
- за ознакою виявлення – явна, неявна (захована);
- за взаємозв'язком – взаємозалежні, незалежні;
- за часом існування – стійка, тимчасова і переміжна.

Відмова, яка виявилась з моменту розбігу літака при зльоті до моменту вирулювання його зі ЗПС після посадки, належить до *відмов авіаційного обладнання в повітрі*. Відмови, які виявляються поза цим часом, належать до *відмов на землі*.

Раптові (несподівані) відмови виникають внаслідок стрибкоподібної зміни основних параметрів виробу під впливом таких випадкових чинників, як заховані дефекти, що розвиваються, порушення режимів роботи і правил експлуатації. У таких випадках виріб втрачає властивість виконувати задані функції.

Поступові відмови – це відмови, які виникають внаслідок розвитку захованого дефекту, зношення або старіння. Під впливом перелічених факторів відбуваються поступові відхилення характеристик виробу від заданих номінальних значень, що може призвести до виходу цих характеристик за межі встановлених допусків.

Явні відмови відрізняються від неявних тим, що перші виявляються під час зовнішнього огляду або включення виробу, а для виявлення *неявних відмов* необхідно застосовувати спеціальну контрольну-перевірочну апаратуру.

Якщо відмова якогось виробу не стала наслідком відмови інших виробів, то така відмова називається *незалежною*.

Відмова, яка виникла внаслідок відмови інших виробів, називається *залежною*.

Стійкою називається відмова, яка після її виникнення виявляється постійно і може бути усунена тільки в результаті ремонту виробу.

Тимчасовою називається відмова, яка може мимовільно зникати без втручання обслуговуючого персоналу після зникнення причин, які її викликали.

Тимчасова відмова, яка повторюється, називається *переміжною*. Прикладом такої відмови може бути електричний контакт, який час від часу зникає. Такі відмови найважче виявити і усунути.

Для розробки ефективних заходів з підвищення відмовобезпеки і безвідмовності авіаційного обладнання застосовують класифікацію відмов за такими факторами:

– за наслідками: без наслідків; з наслідками; що викликають повернення зі старту; що призводять до невиконання польотного завдання (рейсу); що викликають особливу ситуацію в польоті або виникнення інциденту; що призводять до авіаційної пригоди;

– за причинами: конструктивно-виробничі недоліки; помилки обслуговуючого персоналу; помилки льотного складу; зовнішні або випадкові причини;

– за способами усунення: під час оперативного технічного обслуговування; під час періодичного технічного обслуговування; під час профілактичного ремонту.

Відмова будь-якого пристрою не завжди призводить до відмови системи, до складу якої цей пристрій входить. Якщо пристрій, що відмовив, зарезервований або в момент його відмови система вже виконала свою функцію в заданому польоті, то для системи фіксується тільки несправність.

Коли повітряне судно повертається і фіксується виконання польотного завдання, то це означає, що всі основні системи працювали безвідмовно. В той же час, під час післяпольотної перевірки часто виявляються відмови окремих пристроїв, які для повітряного судна класифікуються як несправності.

Якщо кількість відмов основних систем повітряного судна впливає на значення показника його безвідмовності, то від кількості несправностей залежить величина коефіцієнта готовності повітряного судна даного типу і сумарна трудомісткість технічного обслуговування. Кількість несправностей, які виявляються на сучасних повітряних судах в процесі експлуатації за певний календарний період, на порядок і більше перевищує кількість відмов.

На завершення зазначимо, що незалежно від прийнятої класифікації, всі відмови авіаційного обладнання, які створюють аварійну ситуацію в польоті, належать до інцидентів.

Об'єкти авіаційного обладнання можуть бути відновлювальними і невідновлювальними.

Відновлювальними (ремонтпридатними) вважають ті об'єкти, працездатність яких у випадку виникнення відмови можна відновити в даних умовах експлуатації за допомогою ремонту. Такі об'єкти можуть багаторазово відмовляти і відновлювати свою працездатність після кожного ремонту.

До *невідновлювальних* об'єктів належить обладнання, відновлення працездатності якого у випадку відмови в даних умовах експлуатації не проводиться, – ці об'єкти не ремонтують. Таке обладнання може мати лише одну відмову.

Існують показники надійності ремонтонепридатних і ремонтпридатних виробів [6].

До показників, які характеризують надійність ремонтонепридатних виробів належать:

– ймовірність безвідмовної роботи;

- інтенсивність відмов;
- середній наробіток до відмови.

Показниками надійності ремонтопридатних виробів є:

- параметр потоку відмов;
- наробіток на відмову;
- ймовірність безвідмовної роботи;
- середній час відновлення;
- коефіцієнт готовності;
- коефіцієнт технічного використання;
- коефіцієнт відмов.

Взагалі, будь-яке обладнання можна вважати невідновлювальним, якщо розглядати його роботу тільки до першої відмови. Тому показники надійності ремонтнепридатних виробів можна використовувати і для оцінки надійності ремонтопридатних виробів в період їх роботи до появи першої відмови.

7.2. Показники надійності ремонтнепридатних виробів авіаційного обладнання

Одним з основних кількісних показників надійності ремонтнепридатних виробів авіаційного обладнання є ймовірність безвідмовної роботи $p(t)$.

Ймовірність безвідмовної роботи – це ймовірність того, що в заданому інтервалі часу в межах заданого наробітку відмова виробу не виникне:

$$p(t) = p(T > t) = \text{ймов}(T > t), \quad (7.1)$$

де T – випадкове значення наробітку до виникнення відмови;

t – заданий час роботи (час виконання операції, певний проміжок часу експлуатації і т.п.).

Таким чином, ймовірність безвідмовної роботи є ймовірністю того, що величина заданого інтервалу часу t буде меншою, ніж час появи відмови T .

Інколи зручно користуватись поняттям ненадійності, яке характеризує втрату авіаційним обладнанням (або його складовою частиною) своєї працездатності. Критерієм ненадійності у цьому випадку є ймовірність того, що час безвідмовної роботи T буде меншим, ніж заданий час t (або дорівнюватиме йому):

$$q(t) = \text{ймов}(T \leq t).$$

Протягом заданого часу t може відбутися одна з двох протилежних подій: або об'єкт авіаційного обладнання безвідмовно відпрацює цей час (перша подія), або виникне відмова (друга подія). Отже,

$$p(t) + q(t) = 1, 0. \quad (7.2)$$

Функції $p(t)$ і $q(t)$, що входять до виразу (7.2), називаються відповідно функціями надійності і ненадійності. Звичайно, символи $p(t)$ і $q(t)$ відповідають функціям надійності і ненадійності елементів, а символи $P(t)$ і $Q(t)$ – тим же функціям системи.

Функція (7.1) має такі властивості:

- 1) $p(0) = 1, p(\infty) = 0$;
- 2) $0 \leq p(t) \leq 1$;
- 3) $p(t)$ є спадаючою функцією часу.

Типові залежності $p(t)$ і $q(t)$ зображені на рис. 7.1.

Ймовірність безвідмовної роботи ремонтоне придатних виробів визначається шляхом спостереження за випробуванням або експлуатацією N виробів в заданих умовах. Внаслідок різних причин вироби можуть відмовляти, причому їх наробітки є випадковими величинами.

Позначимо через $n(t)$ кількість виробів, що відмовили в заданому інтервалі часу, а через $N(t)$ – кількість виробів, які залишилися працездатними до кінця наробітку t . Тоді ймовірність безвідмовної роботи виробів за проміжок часу t визначиться такою статистичною формулою:

$$p^*(t) = \frac{N - n(t)}{N} = \frac{N(t)}{N}. \quad (7.3)$$

Таким чином, статистична ймовірність безвідмовної роботи виражається відношенням кількості виробів, які залишилися працездатними до кінця заданого інтервалу часу, до загальної кількості виробів, які підлягали спостереженню.



Рис. 7.1. Тип кривих $p(t)$ і $q(t)$

Оскільки безвідмовність і відмова є протилежними подіями, то надійність можна оцінити і ймовірністю відмови:

$$q(t) = 1 - p(t).$$

Ймовірність відмови визначається за формулою:

$$q^*(t) = \frac{n(t)}{N}. \quad (7.4)$$

Приклад 7.1. Протягом 500 годин нальоту на 1000 повітряних суден зареєстровано 50 відмов в обладнанні пілотажного комплексу. Визначити статистичну ймовірність безвідмовної роботи і статистичну ймовірність відмов в обладнанні пілотажного комплексу для 500 годин його наробітку.

Згідно з формулами (7.3) і (7.4) знаходимо:

$$p^*(500) = \frac{1000 - 50}{1000} = 0,95;$$

$$q^*(500) = \frac{50}{1000} = 0,05.$$

На практиці часто виникає необхідність визначити ймовірність безвідмовної роботи авіаційного обладнання протягом заданого наробітку, наприклад, протягом польоту, за умови, що це обладнання до початку заданого польоту вже мало деякий наробіток.

Введемо такі позначення:

A – подія безвідмовної роботи виробу протягом часу $0 - t_1$;

B – подія безвідмовної роботи виробу протягом часу $0 - t_2$;

$t_2 > t_1$.

Тоді ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу $t_1 - t_2$ за умови, що він вже безвідмовно працював до того протягом часу t_1 , буде дорівнювати:

$$P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B/A).$$

$P(A \cdot B) = P(B)$, оскільки поява події B рівнозначна появі подій A і B , отже

$$P(B) = P(A) \cdot P(B/A).$$

Враховуючи, що

$$P(A) = P(t_1), P(B) = P(t_2), \text{ а } P(B/A) = P(t_2/t_1),$$

отримуємо:

$$P(t_2) = P(t_1)P(t_2/t_1).$$

З цього виразу знаходимо

$$P(t_2/t_1) = \frac{P(t_2)}{P(t_1)}. \quad (7.5)$$

З виразів (7.3) і (7.5) випливає, що

$$P^*(t_2/t_1) = \frac{N(t_2)}{N(t_1)}. \quad (7.6)$$

Таким чином, ймовірність безвідмовної роботи виробів протягом часу $t_1 - t_2$ за умови, що вони безвідмовно відпрацювали до цього протягом часу t_1 , дорівнює відношенню кількості виробів, які безвідмовно відпрацювали протягом часу t_1 .

Приклад 7.2. Визначити статистичну умовну ймовірність безвідмовної роботи обладнання пілотажного комплексу протягом його наробітку на 1000 повітряних суден в інтервалі часу від 400 до 500 годин, якщо відомо, що протягом перших 400 год нальоту відбулося 40 відмов, а протягом 500 год – 50.

Зі співвідношення (7.6) знаходимо

$$P^*(500/400) = \frac{N(500)}{N(400)} = \frac{N - n(500)}{N - n(400)} = \frac{1000 - 50}{1000 - 40} = 0,989.$$

Інтенсивність відмов. Кількісним показником надійності ремонтоне придатних виробів авіаційного обладнання, який дозволяє оцінювати надійність в кожний даний момент часу й прогнозувати поведінку виробів, які продовжують працювати протягом деякого наступного інтервалу часу Δt , є експлуатаційний показник – інтенсивність відмов $\lambda(t)$.

Для заданого відрізка часу (рис.7.2.) інтенсивність відмов визначається відношенням кількості відмов виробів за одиницю часу до кількості виробів, які залишилися працездатними до початку даного проміжку часу [6]:

$$\lambda^*(t) = \frac{\Delta n(t)}{\Delta t \cdot N(t)} = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot N(t)}, \quad (7.7)$$

де $\Delta n(t)$ – кількість виробів, які відмовили в інтервалі часу Δt ;

$N(t)$ – кількість виробів, які залишилися працездатними до початку інтервалу Δt ;

$N(t + \Delta t)$ – кількість виробів, які залишилися працездатними до кінця інтервалу Δt .

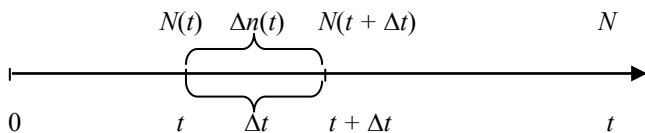


Рис. 7.2. Пояснення до розрахунку інтенсивності відмов

Ймовірність відмови виробів в інтервалі Δt знаходять за формулою:

$$\Delta q(t) = \frac{\Delta n(t)}{N(t)}. \quad (7.8)$$

З формул (7.7) і (7.8) знаходимо інтенсивність відмови ремонтнепридатного виробу за одиницю часу після певного моменту часу за умови, що відмова до цього моменту не виникла:

$$\lambda^*(t) = \frac{q(\Delta t)}{\Delta t}.$$

Для визначення залежності $\lambda(t)$ застосовують методичку, за якою призначають на випробування або експлуатацію N виробів, які повинні працювати в заданих умовах. Весь період спостереження за випробуваннями виробів t поділяють на інтервали Δt_i , де $i = \overline{1, k}$, і для кожного інтервалу часу визначають кількість виробів $\Delta n_i(t)$, що відмовили.

На підставі отриманих даних за формулою (7.7) знаходять статистичні значення інтенсивності відмов $\lambda_i^*(t)$. Кількість виробів, що залишились працездатними для кожного i -го інтервалу часу, знаходять за формулою:

$$N_i(t) = N - \sum_{i=1}^{i-1} \Delta n_i(t).$$

За розрахунковими значеннями $\lambda_i^*(t)$ будують гістограму інтенсивності відмов, для чого на горизонтальній осі пос-

лідовно відкладають інтервали часу Δt_i і на кожному з них будують прямокутник висотою $\lambda_i^*(t)$. З'єднавши середини вершин прямокутників плавною кривою, отримаємо функцію інтенсивності відмов $\lambda(t)$ в залежності від часу роботи виробів.

Середній наробіток до відмови (або до першої відмови – для ремонтпридатних виробів) є середнє значення наробітку виробів в партії до першої відмови.

Середній наробіток до відмови обчислюється за формулою:

$$t_{cep}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (7.9)$$

де t_i – наробіток до моменту відмови i -го виробу;

N – загальна кількість виробів.

Приклад 7.3. З чотирьох курсових систем, за якими спостерігають, перша до моменту відмови напрацювала 3200 год, друга – 4500 год, третя 4600 год і четверта – 5020 год. Визначити середній наробіток курсової системи до відмови.

В даному прикладі $N = 4$, $t_1 = 3200$ год, $t_2 = 4500$ год, $t_3 = 4600$ год, $t_4 = 5020$ год.

За формулою (7.9) знаходимо

$$t_{cep}^* = \frac{1}{4}(3200 + 4500 + 4600 + 5020) = 4330 \text{ год.}$$

Для визначення середнього часу безвідмовної роботи користуватись формулою (7.9) не завжди зручно, оскільки для цього необхідно знати моменти виходу з ладу всіх елементів. Крім того, чим більше N , тим точніше можна визначити значення t_{cep} . Якщо відома кількість елементів, що вийшли з ладу на кожному інтервалі часу, то

$$t_{cep}^* \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m n_i t_{cep_i}.$$

Значення t_{cep_i} і m можна знайти за формулами:

$$t_{cep_i} = \frac{t_{i-1} + t_i}{2};$$

$$m = \frac{t_k}{\Delta t},$$

де t_{i-1} – час початку i -го інтервалу;

t_i – час закінчення i -го інтервалу;

t_k – час, протягом якого вийшли з ладу всі елементи;

Δt – інтервал часу.

Для більш точного визначення ймовірності безвідмовної роботи розглянемо ще одну характеристику – щільність розподілення часу роботи до відмови (її ще називають щільністю ймовірності відмов, частотою, математичною моделлю відмов) і наведемо залежності між основними показниками надійності ремонтнепридатних виробів авіаційного обладнання.

Щільність розподілення часу роботи до відмови є ймовірність відмови за одиницю часу:

$$f^*(t) = \frac{dq(t)}{dt}. \quad (7.10)$$

На рис. 7.3 наведена одна з типових кривих розподілення часу роботи до відмови об'єктів авіаційного обладнання. Нехай відмова виникла в інтервалі часу $t, t + \Delta t$. Тоді ймовірність того, що час роботи до відмови T має значення, яке знаходиться в інтервалі $t, t + \Delta t$ відповідає площі, обмеженій інтервалом $t, t + \Delta t$ на осі абсцис, ординатами цього інтервалу і кривою $f(t)$ над ним. Особливість кривої розподілення полягає в тому, що загальна площа під нею завжди дорівнює одиниці:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt = 1. \quad (7.11)$$



Рис. 7.3. Крива розподілення часу роботи до відмови виробу авіаційного обладнання

За умови, що $0 \leq t < \infty$, рівняння (7.11) набуде вигляду:

$$\int_0^{\infty} f(t) dt = 1. \quad (7.12)$$

Ймовірність появи відмови об'єкта авіаційного обладнання, який працює з моменту часу $t = 0$, за час роботи від t до $t + \Delta t$:

$$q(t, t + \Delta t) = \int_t^{t+\Delta t} f(t) dt. \quad (7.13)$$

Згідно з формулою (7.3) ймовірність безвідмовної роботи за проміжок часу від t до $t + \Delta t$ можна записати у вигляді:

$$p(t, t + \Delta t) = 1 - \int_t^{t+\Delta t} f(t) dt.$$

З формули (7.13) випливає, що ймовірність відмови виробу за час від 0 до t може бути визначена інтегруванням функції $f(t)$ в цьому інтервалі:

$$q(0, t) = q(t) = \int_0^t f(t) dt. \quad (7.14)$$

Ймовірність безвідмовної роботи за час t визначається із співвідношення (7.2)

$$p(t) = 1 - q(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt.$$

Враховуючи рівняння (7.12), одержуємо

$$p(t) = \int_0^{\infty} f(t) dt - \int_0^t f(t) dt = \int_t^{\infty} f(t) dt.$$

Таким чином,

$$p(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt.$$

Формула (7.14) є прийнятною для визначення ймовірності безвідмовної роботи.

На рис. 7.3 площа, обмежена віссю абсцис і кривою $f(t)$, поділена на дві частини ординатою, яка відповідає абсцисі t . Ліва частина цієї площі дорівнює ймовірності $Q(t)$, а права – ймовірності $P(t)$.

Знайдемо статистичне рівняння для визначення $f^*(t)$. Переходячи від безперервних ймовірнісних понять до дискретних статистичних, з формули (7.10) одержимо

$$f^*(t) = \frac{\Delta q(t)}{\Delta t}. \quad (7.15)$$

Виділимо на кривій $f(t)$ (рис. 7.3) довільно розміщений, достатньо малий, проміжок часу Δt . Тоді для моментів часу t і $(t + \Delta t)$ на підставі виразу (7.4) справедливими будуть формули:

$$q^*(t) = \frac{n(t)}{N}; \quad q(t + \Delta t) = \frac{n(t + \Delta t)}{N},$$

де $n(t)$ і $n(t + \Delta t)$ – кількість виробів, які відмовили відповідно до моментів часу t і $(t + \Delta t)$;

N – кількість виробів, за якими спостерігають.

Таким чином,

$$\Delta q(t) = q(t + \Delta t) - q(t) = \frac{n(t + \Delta t)}{N} - \frac{n(t)}{N} = \frac{\Delta n(t)}{N}.$$

Підставляючи отримане значення $\Delta q(t)$ у формулу (7.15), знаходимо

$$f^*(t) = \frac{\Delta n(t)}{N \cdot \Delta t}. \quad (7.16)$$

Згідно з цією формулою статистична щільність розподілення часу роботи до відмови є відношення кількості відмов однотипних виробів за одиницю часу, взяте для даного відрізка часу, до кількості виробів, які з самого початку були вибрані для спостереження.

З формули (7.16) можна визначити кількість об'єктів, що вийшли з ладу за інтервал часу Δt :

$$\Delta n(t) = f^*(t) \cdot N \cdot \Delta t.$$

Таким чином, якщо відома $f(t)$, то відома й величина $\Delta n(t)$, що дозволяє обґрунтувати необхідну кількість запасних елементів для забезпечення нормальної експлуатації об'єктів авіаційного обладнання. Наприклад, якщо відомо, що $f(t) = 0,1 \cdot 10^{-4}$, а в блоці знаходиться, наприклад 300 елементів, то за 1000 год роботи з ладу може вийти $\Delta n(t) = 0,1 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 300 = 3$, тобто 3 елементи.

Слід зазначити, що, використовуючи частоту відмов, можна дійти неправильного висновку стосовно надійності того чи іншого елемента. На перший погляд може здатись, що, чим більша частота відмов, тим менш надійні елементи. Припустимо, що частота відмов деяких однакових елементів відома. Нехай частота відмов як в першу, так і в останню тисячу годин дорівнює, наприклад, $0,1 \cdot 10^{-4}$. Може здатись, що надійність елементів на зазначених проміжках часу однакова.

Насправді ж, надійність елементів з часом знижується. Якщо протягом першої тисячі годин вийшло з ладу 10 елементів з 1000, то на останньому інтервалі часу вийшло з ладу 10 елементів з 10. Таким чином, надійних елементів на останній ділянці набагато менше, ніж на першій.

Залежність між ймовірністю безвідмовної роботи $p(t)$ та інтенсивністю відмов $\lambda(t)$. Для знаходження залежності між $p(t)$ та $\lambda(t)$ скористаємося формулою (7.7):

$$\lambda^*(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot N(t)} \cdot t.$$

Із співвідношення (7.3) знаходимо

$$N(t) = p^*(t) \cdot N; N(t + \Delta t) = p^*(t + \Delta t) \cdot N.$$

Підставивши значення $N(t)$ і $N(t + \Delta t)$ у формулу (7.7), отримаємо

$$\lambda^*(t) = \frac{p(t) - p(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot p(t)} = -\frac{p(t + \Delta t) - p(t)}{\Delta t \cdot p(t)}.$$

Переходячи від дискретних статистичних понять до безперервних імовірнісних, отримаємо

$$\lambda(t) = -\lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{p(t + \Delta t) - p(t)}{\Delta t \cdot p(t)} = -\frac{p'(t)}{p(t)}. \quad (7.17)$$

Інтегруючи обидві частини (7.17) в межах від 0 до t , знаходимо

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \int_0^t \frac{p'(t)}{p(t)} dt = \ln p(t).$$

З цього виразу отримаємо формулу, яка встановлює залежність між $p(t)$ і $\lambda(t)$:

$$p(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}. \quad (7.18)$$

Залежність між щільністю розподілення часу роботи до відмови $f(t)$ та інтенсивністю відмов $\lambda(t)$. Для встановлення цієї залежності скористаємося формулами (7.10) і (7.17). Враховуючи, що $P(t) = 1 - Q(t)$ і $P'(t) = -Q'(t) = -f(t)$, знаходимо

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (7.19)$$

Формула (7.19) є прийнятною для визначення інтенсивності відмов. З формул (7.18) і (7.19) отримаємо залежність між $f(t)$ і $\lambda(t)$:

$$f(t) = \lambda(t) e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}. \quad (7.20)$$

Залежність між середнім наробітком до відмови t_{cep} і ймовірністю безвідмовної роботи $p(t)$. Середній наробіток до відмови є математичним сподіванням роботи об'єкту авіаційного обладнання до відмови. Відомо, що для безперервної випадкової величини математичне сподівання визначається розподіленням $f(x)$:

$$M[x] = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) x dx. \quad (7.21)$$

Оскільки така випадкова величина, як час, не може мати негативних значень, то межі інтегрування для часу можна взяти від 0 до ∞ . З урахуванням формули (7.21) середній наробіток до відмови буде дорівнювати:

$$t_{cep} = \int_0^{\infty} f(t) t dt.$$

Перебудуємо цей інтеграл, взявши його по частинах:

$$t_{cep} = \int_0^{\infty} f(t) t dt = \int_0^{\infty} t \left[-\frac{dP(t)}{dt} \right] dt = -[tP(t)]_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(t) dt.$$

Враховуючи, що $tP(t)\Big|_0^\infty = 0$, можна записати

$$t_{\text{сер}} = \int_0^\infty P(t)dt.$$

З формули випливає, що $t_{\text{сер}}$ – площа під кривою ймовірності безвідмовної роботи.

7.3. Показники надійності ремонтпридатних виробів авіаційного обладнання

Параметр потоку відмов визначається як відношення математичного сподівання кількості відмов відновлювального об'єкту за достатньо малий його наробіток до значення цього наробітку.

Параметр потоку відмов $\omega(t)$ обчислюють за формулою [4]:

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t} \frac{M[n(t + \Delta t) - n(t)]}{\Delta t},$$

де $n(t)$ – кількість відмов, які виникли за наробіток t ;

$n(t + \Delta t) - n(t)$ – кількість відмов на відрізок Δt ;

Δt – малий відрізок наробітку.

Крім параметра потоку відмов, в розрахунках і при обробці експериментальних даних часто використовують осереднений параметр потоку відмов $\omega_0(t)$, який являє собою відношення математичного сподівання кількості відмов відновлювального об'єкту за кінцевий наробіток до значення цього наробітку:

$$\omega_0(t) = \frac{M[n(t_2) - n(t_1)]}{t_2 - t_1}.$$

В цій формулі $t_1 \leq t < t_2$.

Статистичну оцінку для параметра потоку відмов знаходять за сукупністю спостережень за роботою N однотипних об'єктів, які експлуатуються в однакових умовах:

$$\omega^*(t) = \frac{\bar{n}(\Delta t)}{N \cdot \Delta t} = \frac{\bar{n}(t_2) - \bar{n}(t_1)}{N \cdot \Delta t}, \quad (7.22)$$

де $\frac{\bar{n}(\Delta t)}{N} = \frac{\bar{n}(t_2) - \bar{n}(t_1)}{N}$ – середня кількість відмов відновлювального об'єкту в інтервалі $\Delta t = t_2 - t_1$.

Середня кількість відмов $\Omega(t)$ є математичним сподіванням кількості відмов об'єкту за час від 0 до t :

$$\Omega(t) = M[n(t)].$$

У вітчизняній та зарубіжній літературі, яка висвітлює питання надійності й технічної експлуатації авіаційної техніки, параметр $\Omega(t)$ часто називають функцією відновлення, а також головною функцією потоку відмов, оскільки він одночасно є середньою кількістю відновлень працездатності об'єкта на інтервалі $(0, t)$.

Статистичну оцінку функції відновлення знаходять за результатами випробувань:

$$\Omega^*(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n_i(\Delta t),$$

де N – кількість об'єктів, за якими ведуть спостереження;

k – кількість часових інтервалів на відрізку $[0, t]$;

$n_i(\Delta t)$ – кількість об'єктів, які відмовили в i -ому інтервалі Δt .

Параметри $\Omega(t)$ і $\omega(t)$ пов'язані між собою співвідношеннями

$$\Omega(t) = \int_0^t \omega(t) dt;$$

$$\omega(t) = \frac{d\Omega(t)}{dt}.$$

Для випадку стаціонарного потоку відмов

$$\omega(t) = \omega = \text{const.}$$

Наробіток на відмову – це середнє значення наробітку ремонтпридатного виробу між відмовами.

Якщо наробіток виражається в одиницях часу, то можна використовувати термін “середній час безвідмовної роботи”.

Статистичне значення наробітку на відмову може бути визначене на підставі даних експерименту за формулою:

$$T^* = \frac{t_2 - t_1}{n_{\text{cep}}(t_2) - n_{\text{cep}}(t_1)}. \quad (7.23)$$

У формулі (7.23):

$$n_{\text{cep}}(t_2) = \frac{\sum_{i=1}^k n_i(t_2)}{N} - \text{середня кількість відмов даного ви-}$$

робу до наробітку t_2 ;

$$n_{\text{cep}}(t_1) = \frac{\sum_{i=1}^k n_i(t_1)}{N} - \text{середня кількість відмов даного ви-}$$

робу до наробітку t_1 .

$n_i(t_2)$ і $n_i(t_1)$ – кількість відмов кожного з N виробів до наробітків t_2 і t_1 відповідно.

Запишемо формулу (7.23) таким чином:

$$T^* = \frac{\Delta t}{n_{\text{cep}}(t)}.$$

З формули (7.22) знаходимо

$$\omega^*(t) = \frac{\Delta n_{\text{cep}}(t)}{\Delta t}.$$

Таким чином,

$$T^* = \frac{1}{\omega^*(t)}.$$

Для випадку стаціонарного потоку відмов

$$T^* = \frac{1}{\omega^*}.$$

Враховуючи, що при $N \rightarrow \infty$

$$\lim_{N \rightarrow \infty} n_{\text{сер}}(t) = \Omega(t),$$

отримуємо прийнятне рівняння для визначення наробітку на відмову у вигляді

$$T = \frac{t_2 - t_1}{\Omega(t_2) - \Omega(t_1)}. \quad (7.24)$$

Ймовірність безвідмовної роботи в період між наробітками t_1 і t_2 ($t_1 \leq t < t_2$) знаходимо з рівняння

$$P(t_2 - t_1) = e^{[\Omega(t_1) - \Omega(t_2)]}.$$

З формули (7.24) знаходимо

$$\Omega(t_1) - \Omega(t_2) = -\frac{\tau}{T},$$

де $\tau = t_2 - t_1$.

Таким чином,

$$P(t_2 - t_1) = e^{-\omega \tau}.$$

Середній час відновлення – середній час вимушеного не-регламентованого простою, викликаного знаходженням і усуненням однієї відмови.

Якщо на знаходження і усунення n відмов був витрачений час відповідно t_1, t_2, \dots, t_n , то середній час відновлення знаходять за виразом:

$$T_e = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}.$$

Коефіцієнт готовності характеризує ймовірність того, що виріб буде працездатний у будь-який момент часу в проміжках між виконанням планових технічних обслуговувань.

В стаціонарному випадку (в сталому режимі експлуатації) коефіцієнт готовності знаходять за формулою:

$$k_g = \frac{T}{T + T_g}, \quad (7.25)$$

де T – наробіток на відмову;

T_g – середній час відновлення.

Коефіцієнт технічного використання – відношення наробітку виробу (в годинах) за певний період експлуатації до суми цього наробітку і часу усіх простоїв, які пов'язані з технічним обслуговуванням і ремонтом за цей же період експлуатації:

$$k_{m.v} = \frac{t_n}{t_n + t_{mo} + t_{рем}}, \quad (7.26)$$

де: t_n – наробіток виробу (в годинах);

t_{mo} – простої, пов'язані з технічним обслуговуванням виробу;

$t_{рем}$ – простої, пов'язані з ремонтом виробу.

Коефіцієнт відмов – відношення кількості відмов системи авіаційного обладнання (внаслідок відмов даного типу елементів) до загальної кількості відмов системи:

$$k_v = \frac{n_i}{n},$$

де $i = \overline{1, k}$ – кількість типів елементів в системі.

7.4. Забезпечення надійності авіаційного обладнання

Експлуатаційні якості систем і комплексів обладнання, які пов'язані з їх надійністю, визначаються кількістю, характе-

ром та розподіленням відмов за часом, а також процесами відновлення та організацією технічного обслуговування й ремонту.

Розробка вимог до надійності авіаційного обладнання є складною інженерно-економічною задачею. Її вирішення є функцією багатьох змінних, які тою чи іншою мірою впливають на надійність авіаційного обладнання на різних етапах його життєвого циклу. Особливої уваги заслуговує критерій мінімуму сумарних витрат на проектування, виробництво та експлуатацію обладнання [4].

На рис. 7.4 показано характер залежності вартості різних етапів життєвого циклу авіаційного обладнання та їх сумарної вартості від його надійності.

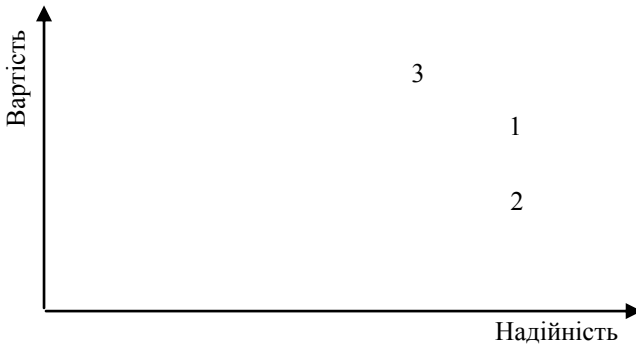


Рис 7.4. Залежність вартості проектування і виробництва (1), експлуатації (2) і сумарної вартості (3) від надійності авіаційного обладнання

Немає сумніву в тому, що низька надійність обладнання знижує безпеку і регулярність польотів (внаслідок більшої кількості відмов і несправностей), збільшує час простоїв авіаційної техніки, збільшує експлуатаційні витрати (також і за рахунок необхідності в більшій кількості запасних деталей і

вузлів), підвищується собівартість і знижується економічна ефективність цивільної авіації в цілому.

В свою чергу, проектування і виготовлення високонадійних систем авіаційного обладнання вимагає додаткових коштів. Це обумовлено тим, що до складу високонадійного обладнання входять дорожчі елементи, воно потребує додаткових витрат часу на проектування, спеціальних технологій виготовлення тощо.

Звичайно, вимоги до надійності складних систем авіаційного обладнання розробляють на основі різних критеріїв, тому для підвищення його надійності вживають спеціальні заходи, а для цього необхідно знати фактори, які впливають на надійність. В залежності від ступеня участі в них людини всі фактори можна поділити на суб'єктивні і об'єктивні [6].

Суб'єктивні фактори пов'язані з діяльністю людини під час проектування, виготовлення та експлуатації виробів.

До об'єктивних належать фактори, які пов'язані з несприятливим впливом на роботу виробів зовнішнього середовища (кліматичні, метеорологічні, механічні, біологічні та інші впливи).

За характером впливу фактори можна поділити на конструктивно-виробничі і експлуатаційні.

Конструктивно-виробничі фактори виявляються на етапах проектування і виготовлення виробів, більшість з них має суб'єктивний характер, що пов'язано з вибором схемних і конструктивних рішень, а також з дотриманням технології виробництва під час виготовлення виробів.

Експлуатаційні фактори характерні для періоду практичного використання виробів, включають до свого складу об'єктивні фактори, обумовлені впливом навколишнього середовища, а також суб'єктивні фактори, пов'язані з організацією технічного обслуговування і ремонту авіаційного обладнання, кваліфікацією авіаційного персоналу і т.п.

Забезпечення надійності авіаційної техніки (також її складової частини – авіаційного обладнання) являє собою процес розробки і реалізації організаційно-технічних заходів і робіт, які спрямовані на підтримку і підвищення надійності. Цей процес здійснюється експлуатантами, підприємствами технічного обслуговування і ремонту, підприємствами-розробниками та підприємствами-виготовлювачами.

Надійність авіаційного обладнання планується на етапі розробки технічного завдання, закладається на ранніх етапах розробки (під час ескізного проектування), забезпечується на наступних етапах розробки (технічному і робочому проектуванні), реалізується в процесі виробництва і підтримується на етапі експлуатації [4].

На етапі розробки технічного завдання проводять збір даних про аналогічні системи, а також про умови їх використання. На основі цих даних розробляють обґрунтовані вимоги до надійності системи, яку проектують.

Забезпечення надійності на етапі ескізного проектування пов'язано з вибором елементної бази і визначенням особливостей взаємодії підсистем і функціональних блоків. За цими даними роблять попередній розрахунок надійності, виявляють найменш надійні підсистеми і, ґрунтуючись на цьому, приймають рішення про методи і організацію технічного обслуговування – профілактичних і ремонтно-відновлювальних робіт. На цьому етапі реалізуються методи забезпечення ремонтпридатності.

На етапах технічного і робочого проектування перевіряють і уточнюють раніше прийняті технічні рішення, використовуючи уточнені дані про надійність, які одержують на підставі розрахунків з урахуванням режимів і особливостей роботи обладнання, а також – результатів випробувань моделей, макетів, дослідних і промислових зразків. На цьому етапі реалізуються методи конструктивного забезпечення надійнос-

ті з урахуванням умов експлуатації, режимів та особливостей роботи.

На етапі виробництва основним є технічний контроль, який охоплює всі стадії виробничого процесу, починаючи від вхідного контролю якості комплектуючих виробів і матеріалів, які надходять (включаючи контроль якості і відповідність технічної документації, друкованих плат, блоків, пристроїв, схемних з'єднань, конструкцій), і закінчуючи випробуваннями готової продукції. На цьому етапі виявляють також окремі недоліки в розробці, які впливають на надійність системи, і вживають заходи для їх усунення. На цьому етапі реалізуються методи технічного забезпечення надійності.

Враховуючи експлуатаційну спрямованість даного навчального посібника, зупинимось детальніше на питаннях забезпечення надійності авіаційного обладнання під час його експлуатації.

Основою функціонування системи забезпечення надійності авіаційної техніки є систематичний обмін інформацією про надійність виробів між організаціями і підприємствами цивільної авіації, результати аналізу і узагальнення якої використовують для прийняття рішень щодо підвищення надійності і вдосконалення процесу технічного обслуговування і ремонту повітряних суден та їх бортового обладнання.

Існує п'ять контурів обміну інформацією з надійності авіаційної техніки:

– Державний департамент авіаційного транспорту України – експлуатанти (підприємства технічного обслуговування і ремонту) – Державний департамент авіаційного транспорту України;

– підприємства-виготовлювачі АТ – експлуатанти (підприємства ТО і Р) – підприємства-виготовлювачі АТ;

– Державний департамент авіаційного транспорту України – міжнародні організації цивільної авіації (включаючи і

авіаційні установи інших держав) – Державний департамент авіаційного транспорту України;

– підприємства-виготовлювачі АТ – Державний департамент авіаційного транспорту України – підприємства-виготовлювачі АТ;

– внутрішній контур інформаційного забезпечення експлуатанта.

Порядок обміну інформацією між експлуатантами (підприємствами ТО і Р) і підприємствами-виготовлювачами регламентується договорами на поставку авіаційної техніки, в інших контурах – Авіаційними правилами України і міжнародними угодами з цивільної авіації. Внутрішній контур обміну інформацією регламентується Програмою ТО і Р експлуатанта і Керівництвом з технічного обслуговування і ремонту підприємства ТО і Р.

У цих документах викладена організаційна структура робіт по збору, обробці, аналізу, зберіганню та передачі інформації про надійність виробів авіаційної техніки, визначені порядок розробки, виконання та контролю програм забезпечення надійності, відповідальність, повноваження та взаємодія виконавців тощо.

Експлуатант і підприємство ТО і Р повинні мати структурний підрозділ і авіаційний персонал, які б забезпечували:

– реєстрацію, збір, обробку і аналіз причин відмов і ушкоджень виробів авіаційної техніки;

– розслідування причин виникнення небезпечних відмов, які загрожують безпеці польотів;

– проведення аналізу інформації ремонтних підприємств про технічний стан авіатехніки, яка надходить на ремонт, і виявлені під час ремонту порушення правил експлуатації, а також розробку ефективних заходів для їх усунення;

– проведення аналізу надійності авіаційної техніки і комплектуючих елементів, а також передачу інформації орга-

нізаціям, відповідальним за конструкцію даного типу повітряного судна.

Слід зазначити, що наявність у експлуатанта і на підприємстві ТО і Р служби збору інформації про відмови і несправності є обов'язковою умовою при їх сертифікації або вирішенні питань про продовження дії сертифікату.

У випадках порушення льотної придатності експлуатанти і підприємства ТО і Р обов'язково інформують Державний департамент авіаційного транспорту України двома способами:

- терміновим інформуванням при виявленні небезпечних порушень льотної придатності по оперативних каналах зв'язку (телеграф, телефон, телефакс тощо);

- звичайним інформуванням поштою у вигляді спеціального повідомлення, форма і терміни передавання якого встановлюються Авіаційними правилами України.

Крім обов'язкового інформування Державного департаменту авіаційного транспорту України, передбачається також інформувати підприємства-розробників і підприємства-виготовлювачів про відмови і несправності, а також про випадки порушення льотної придатності. Порядок обміну інформацією між експлуатантом і цими підприємствами регулюється умовами контракту на поставку авіатехніки.

В свою чергу, підприємства-розробники і підприємства-виготовлювачі на основі результатів обробки інформації про відмови і несправності, а також проведеного аналізу, розробляють заходи щодо виключення таких відмов і несправностей в майбутньому. Ці заходи оформляють у вигляді бюлетенів з технічного обслуговування і бюлетенів з модифікацій. Бюлетені передають авіаційним установам держав, до реєстру яких включені повітряні судна даного типу.

Державний департамент авіаційного транспорту України вводить в дію бюлетені з технічного обслуговування і модифікацій повітряних суден і передає їх експлуатантам. Депар-

тамент може видавати Директиви про льотну придатність за власним розсудом. Ці Директиви на взаємовигідних умовах передаються також авіаційним установам держав, до реєстру яких внесені повітряні судна даного типу, а також держав-виробників авіаційної техніки.

Директиви, що видані департаментом, підлягають виконанню усіма експлуатантами в Україні. Про виконання Директив експлуатант повідомляє Державний департамент авіаційного транспорту України згідно з встановленими Авіаційними правилами України. Їх виконання контролюється Державним департаментом авіаційного транспорту України під час інспектування льотної придатності повітряних суден.

Основними задачами системи забезпечення надійності авіаційного обладнання в експлуатації є такі:

- розробка вимог до надійності виробів авіаційного обладнання, яке проектується;
- аналіз фактичного рівня надійності виробів авіаційного обладнання і використання його результатів для оптимізації системи контролю технічного стану і діагностування авіаційного обладнання;
- обґрунтування і реалізація стратегій технічного обладнання за станом з контролем надійності, проведення рекламційно-претензійної роботи;
- вдосконалення організації виробничих процесів підприємства, керування технологічними процесами за критеріями надійності, вдосконалення експлуатаційної і ремонтної документації;
- контроль відповідності рівня надійності виробів авіаційного обладнання заданим вимогам, виявлення видів і ознак відмов, які впливають на безпеку польотів;
- виконання доробок авіаційного обладнання, їх облік, аналіз ефективності, проведення переобладнання повітряних суден згідно з бюлетенями;

– розробка і реалізація організаційно-технічних заходів для попередження авіаційних пригод та інцидентів через відмови виробів авіаційного обладнання, що виникли як з вини авіаційного персоналу, так і внаслідок недостатньо високих конструктивних і експлуатаційних властивостей авіаційного обладнання;

– виявлення впливу умов і особливостей експлуатації авіаційного обладнання на показники його надійності, розробка і реалізація заходів щодо зменшення їх негативного впливу на надійність обладнання, підготовка обґрунтувань для збільшення ресурсів;

– нормування і визначення потреб підприємств ТО і Р авіаційної техніки в засобах контролю і діагностування, запасних частинах, матеріалах та технологічному обладнанні; керування завантаженням відділів, лабораторій, цехів, ділянок, робочих місць;

– формулювання вимог до підприємств і організацій, які беруть участь в розробці, виготовленні та ремонті виробів авіаційного обладнання щодо усунення конструктивно-виробничих недоліків; оцінка відповідності надійності виробів, що надходять на експлуатацію, технічним вимогам;

– аналіз технічного стану виробів авіаційного обладнання, що надійшли в ремонт, збір даних про виявлені відхилення, їх врахування під час дефектації виробів, оцінка збереження льотної придатності повітряних суден і т.п.

Для вирішення перелічених задач експлуатанти і підприємства ТО і Р повинні:

– організувати збір первинної інформації, яка містить дані про відмови і пошкодження виробів авіаційного обладнання та їх наробіток;

– систематично проводити аналіз надійності виробів авіаційного обладнання, включаючи оцінку показників надійності та їх статистичну достовірність;

– здійснювати організаційно-технічні заходи і роботи для попередження появи відмов виробів авіаційного обладнання в польоті;

– розробляти вимоги і рекомендації з підвищення надійності виробів і усунення конструктивно-виробничих недоліків;

– впроваджувати сучасні методи та засоби контролю і діагностування авіаційного обладнання і технічного устаткування, оснащувати підприємства засобами механізації і автоматизації, використовувати автоматизовані системи збору і обробки інформації;

– розробляти пропозиції щодо вдосконалення експлуатаційної документації;

– оформляти у вигляді звіту результати аналізу надійності виробів авіаційного обладнання згідно з вимогами Державного департаменту авіаційного транспорту України, оперативно повідомляти про авіаційні пригоди і інциденти, а також про всі випадки, які загрожують безпеці польотів;

– надавати інформацію про результати експлуатації повітряних суден і виконання програми забезпечення надійності і рекомендацій з усунення конструктивно-виробничих недоліків Державному департаменту авіаційного транспорту України, розробникам і виготовлювачам авіатехніки, ремонтним підприємствам, а також, за узгодженням з Державним департаментом авіаційного транспорту України, проектно-дослідним інститутам та іншим організаціям, які займаються проблемами впровадження і вдосконалення технологічних процесів технічного обслуговування та ремонту авіатехніки.

Для вирішення тих самих задач ремонтні підприємства зобов'язані:

– аналізувати технічний стан виробів авіатехніки, які надійшли в ремонт, і надавати розробнику, експлуатанту та Державному департаменту авіаційного транспорту України інфор-

мацію про виявлені при дефектації небезпечні пошкодження та їх причини, а також виявлені під час ремонту порушення правил експлуатації виробів авіаційного обладнання;

- аналізувати причини відмов і пошкоджень відремонтованих виробів, розробляти і впроваджувати заходи з забезпечення надійності і якості ремонту, виконання вимог технологій, вдосконалення ремонтної документації;

- впроваджувати передовий досвід ремонту виробів авіаційного обладнання, прогресивні методи і засоби ремонту і контролю виробів;

- аналізувати льотно-технічні характеристики відремонтованих повітряних суден і відповідність їх значенням, що наводяться в “Керівництві з льотної експлуатації”;

- проводити роботи, спрямовані на скорочення циклу ремонту виробів авіаційного обладнання, підвищення ефективності виробництва, вдосконалення організації праці, економію трудових, матеріальних та паливно-енергетичних ресурсів;

- проводити роботу з підготовки і підвищення кваліфікації авіаційного персоналу, впроваджувати механізацію і автоматизацію виробничих процесів, автоматизовані системи збору і обробки інформації на основі сучасної електронно-обчислювальної техніки;

- оформляти у вигляді звіту результати виконання програми забезпечення надійності і аналізу технічного стану виробів авіатехніки згідно з вимогами Державного департаменту авіаційного транспорту України;

- надавати результати аналізу технічного стану виробів авіатехніки, що надійшли в ремонт, а також результати виконання програми забезпечення надійності в ремонтних підприємствах експлуатантам, розробникам та виготовлювачам авіатехніки, Державному департаменту авіаційного транспорту України та іншим організаціям, які займаються вдосконаленням технологічних процесів ремонту авіатехніки.

І нарешті, Державний департамент авіаційного транспорту України здійснює (або передає свої повноваження іншим організаціям) виконання таких функцій:

- організацію роботи системи збору, обробки, аналізу та передачі інформації про надійність виробів авіаційної техніки відповідно до вимог міжнародних і державних правил, норм, стандартів;

- методичне забезпечення обробки експлуатаційної інформації і аналізу надійності виробів авіатехніки;

- організацію розробки і реалізації організаційно-технічних заходів з попередження авіаційних пригод і інцидентів, відмов і пошкоджень виробів авіаційної техніки, які загрожують безпеці польотів;

- розробку вимог до підприємств-розробників і підприємств-виготовлювачів з усунення конструктивних і виробничих недоліків повітряних суден, які проектують і виготовляють в Україні; організацію отримання і обробки інформації про надійність тих типів повітряних суден, які зареєстровані в інших державах;

- контроль за своєчасним виконанням доробок, за врахуванням бюлетенів та змін в нормативно-технічній документації повітряних суден, які виготовляються в Україні та за її межами;

- контроль за виконанням технічного обслуговування і ремонту авіатехніки згідно з експлуатаційною документацією;

- аналіз безпеки польотів в Україні, проведення аналізу надійності авіатехніки і розробка програм її забезпечення;

- складання довідкових даних про надійність виробів різних типів повітряних суден.

Аналіз надійності виробів авіаційної техніки. Аналіз надійності має за мету визначення причин відмов і несправностей, ступінь їх впливу на працездатність виробів і систем, а також наслідків, до яких вони можуть призвести. На основі такого аналізу розробляють заходи, спрямовані на забезпе-

чення норм льотної придатності повітряних суден і вдосконалення процесів технічної експлуатації авіаційної техніки.

Аналіз надійності проводиться за результатами комплексу заходів і методів зі збору, обробки та аналізу експлуатаційної інформації про надійність авіатехніки, ефективність якого визначається:

- отриманням повних і об'єктивних даних про надійність однотипних виробів авіатехніки;
- ступенем централізації інформації;
- якістю застосованих методів обробки інформації й моделей надійності;
- ступенем узгодження систем звітності про відмови і пошкодження, які виникли під час експлуатації;
- рівнем взаємодії між розробниками, виготовлювачами та експлуатантами.

Збір інформації про надійність передбачає:

- накопичення інформації про результати дослідження причин відмов і пошкодження виробів авіатехніки. Інформація про надійність містить:
 - дані вхідного контролю якості матеріалів, комплектуючих виробів, запасних частин тощо.
 - відомості про наробітки виробів авіатехніки в експлуатації;
 - відомості про кількість відмов, місце їх появи, наслідки;
 - відомості про витрати часу і трудомісткість робіт з усунення відмов виробів авіатехніки;
 - результати контролю технічного стану виробів авіатехніки в процесі ремонту (відсоток відбраковування, контроль інформативних параметрів);
 - відомості про параметри, які характеризують стан технологічного процесу ремонту виробів авіатехніки і точність дотримання технологічної дисципліни.

Первинна інформація про надійність виробів авіатехніки міститься в таких документах:

- картках обліку несправностей авіатехніки;
- повідомленнях про відмови виробів авіатехніки;
- картах-нарядах на технічне обслуговування і нарядах на дефектацію та усунення дефектів;
- результатах розшифрування і аналізу записів польотної інформації засобами об'єктивного контролю;
- бортових журналах повітряних суден;
- відомостях про витрату запасних частин;
- приймально-здавальних актах і протоколах;
- рекламацийних і технічних актах;
- інших матеріалах, в яких міститься інформація про надійність авіатехніки.

При виявленні небезпечних відмов і пошкоджень авіаційної техніки виконавці і безпосередні керівники робіт з технічного обслуговування повинні вживати оперативні заходи з їх усунення та інформувати своїх керівників, які, в свою чергу, повинні забезпечити проведення комплексу робіт: встановити причини дефекту, дати оперативну інформацію про дефект в Державний департамент авіаційного транспорту України і спеціалістам інших підрозділів інженерно-авіаційної служби, провести реєстрацію інформації згідно з чинним порядком на всіх повітряних суднах, які перебувають на експлуатації.

Аналіз надійності повинен бути спрямований на:

- виявлення експлуатаційних недоліків, які можуть бути усунені експлуатантом (підприємством ТО і Р) самостійно;
- виявлення недоліків конструктивно-виробничого характеру, щодо яких необхідно поставити вимоги розробникам, виготовлювачам та постачальникам виробів авіаційної техніки;
- обґрунтування майнових та інших претензій до постачальників виробів авіатехніки, матеріалів, обладнання тощо;

– визначення причин відмов і пошкоджень, ступеню їх впливу на безпеку польотів;

– виявлення недоліків в експлуатаційній документації та в наземних технічних засобах і устаткуванні, які використовуються при технічному обслуговуванні і ремонті;

– визначення ефективності заходів, що проводяться, для забезпечення і підвищення надійності всього комплексу об'єктів авіаційної техніки і допоміжних технічних засобів.

Для проведення аналізу виробів авіаційної техніки використовують показники надійності, перелік яких, методи їх оцінки, а також процедури, пов'язані з узагальненням результатів експлуатації і розробкою керуючих дій, встановлюються нормативно-технічною документацією.

Нормативні значення показників надійності встановлюються технічними вимогами на розробку авіатехніки, їх включають в експлуатаційну документацію. Контрольні значення показників надійності визначаються Державним департаментом авіаційного транспорту України за узгодженням з організаціями промисловості, їх також включають в експлуатаційну документацію. Призначені вони для визначення тенденцій і ступеня зміни надійності виробів авіатехніки в конкретних умовах експлуатації.

Аналізуючи надійність, обчислюють за діючими методиками фактичні значення показників надійності авіатехніки, яка перебуває в експлуатації, і порівнюють їх з нормативними або контрольними. Визначають тенденції зміни і ступінь впливу на них режимів і умов експлуатації, оцінюють вплив на безпеку польотів недоліків в організації технічної експлуатації і ремонту повітряних суден, а також конструктивних і виробничих недоліків в авіаційній техніці.

Відповідальність за проведення аналізу надійності авіаційної техніки несуть головний інженер авіакомпанії і начальник авіаційно-технічної бази (ЦТО і РАТ).

Експлуатант (підприємство ТО і Р) повинен проводити аналіз надійності авіатехніки за типами повітряних суден і розробляти заходи, зокрема, програму забезпечення її надійності. Результати аналізу і рекомендації для підвищення надійності оформляють у вигляді звіту, який містить такі дані:

- наробіток парку повітряних суден за звітний календарний період;

- опис авіаційних пригод та інцидентів, факторів, що їх викликають, а також пропозиції з їх попередження;

- дані про заміни агрегатів, не передбачені експлуатаційною документацією;

- дані про затримки відправлень і відсторонення повітряних суден від польотів, пов'язані з відмовами і пошкодженнями авіатехніки;

- ресурсний стан повітряних суден і найменш надійних їх складових компонентів;

- показники надійності, передбачені відповідною нормативно-технічною документацією і угодами з одержувачами інформації;

- дані про виконання вимог, які ставлять постачальники виробів авіатехніки, ефективність прийнятих заходів з забезпечення надійності конкретних об'єктів експлуатації;

- зауваження щодо якості ремонту авіатехніки і пропозиції;

- пропозиції з вдосконалення експлуатаційної документації;

- перелік і опис особливо небезпечних, повторюваних і вперше виявлених відмов;

- пропозиції щодо підвищення надійності виробів авіаційної техніки, які стосуються конструкції виробів і технології ремонту;

- пропозиції з забезпечення надійності виробів авіатехніки в експлуатації, перелік заходів, які впроваджені, та їх оцінка.

Використовуючи матеріали аналізу надійності, експлуатанти (підприємства ТО і Р) розробляють і здійснюють заходи з забезпечення надійності авіатехніки, підвищення безпеки і регулярності польотів. Ці заходи передбачають:

- забезпечення необхідних умов експлуатації авіатехніки, які задані експлуатаційною документацією;
- вдосконалення організації і якості обслуговування авіатехніки та контролю технічного стану повітряних суден;
- розвиток виробничо-технічної бази;
- вдосконалення обліку і аналізу причин відмов і несправностей;
- проведення рекламційної і претензійної роботи;
- оцінку ефективності заходів з забезпечення надійності авіатехніки.

7.5. Розрахунок періодичності регламентних (періодичних) робіт

В комплексі проблем, пов'язаних з забезпеченням надійності авіаційного обладнання, особливо важливо визначити періодичність профілактичного технічного обслуговування. Нині цей вид обслуговування є одним з основних методів підвищення надійності складних систем.

При вирішенні проблеми оптимальної періодичності технічного обслуговування використовують різні принципи і критерії.

Найчастіше для визначення періодичності технічного обслуговування використовують імовірнісні методи. Розглянемо один з таких методів [8].

Аналіз несправностей і відмов авіаційної техніки в період її експлуатації показує, що вони мають випадковий і несподіваний характер, а їх появу можна розглядати як потік подій, в якому відмови розподілені за законом Пуассона.

Враховуючи це, можна записати, що ймовірність того, що за даний міжрегламентний період t_p виникне k несправностей

$$P_k(t_p) = \frac{(\omega t_p)^k}{k!} \cdot e^{-\omega t_p},$$

де ω – параметр потоку виникнення несправностей.

Припустимо, що ми маємо статистичні залежності: ймовірність безвідмовної роботи (відсутність несправностей) $P_0(t)$; ймовірність виникнення однієї несправності $P_1(t)$; ймовірність виникнення двох несправностей $P_2(t)$; ймовірність виникнення трьох несправностей $P_3(t)$ – в залежності від наробітку будь-якого об'єкта авіаційного обладнання (рис.7.5).

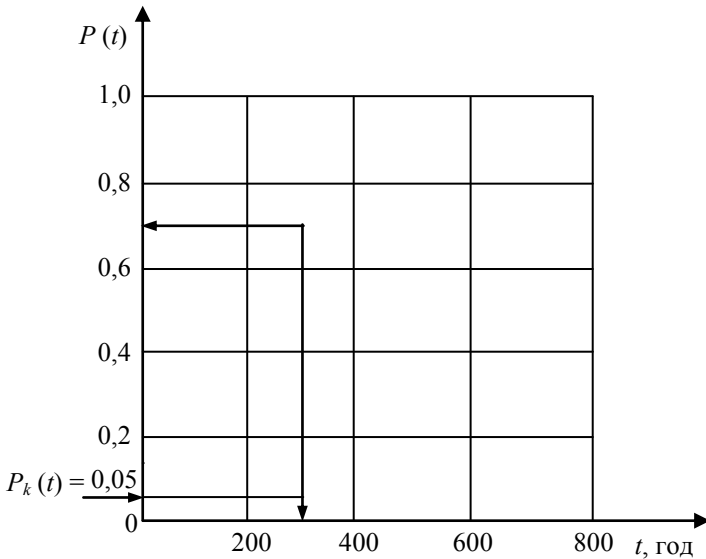


Рис. 7.5. Розподілення ймовірностей виникнення несправностей на об'єкті авіаційного обладнання одного із двигунів від наробітку

Якщо прийняти, що виникнення на об'єкті авіаційного обладнання двох і більше несправностей є небезпечним, то при допустимому рівні ймовірності виникнення таких ситуацій $P_k(t) = 0,05$ періодичність технічного обслуговування об'єкта, як випливає з рис. 7.5, не повинна перевищувати 300 годин, причому, ймовірність того, що при призначеній періодичності обслуговування на об'єкті не виникнуть несправності, дорівнюватиме 0,7.

Інший метод полягає в тому, що для кожного виробу авіаційного обладнання знаходять значення допустимого параметра потоку відмов (або інтенсивності відмов). Тоді оптимальна періодичність регламентних робіт визначиться з умови досягнення допустимої “ненадійності”, тобто допустимого значення параметра потоку відмов (рис.7.6).

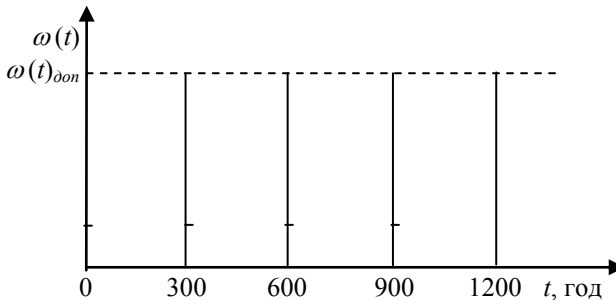


Рис. 7.6. Зміна параметра потоку відмов груп виробів авіаційного обладнання

В моменти часу $t = 300, 600, 900 \dots$ годин необхідно робити профілактичні обслуговування. Тут $t_p = 300$ год.

Основна мета регламентних робіт й інших профілактичних робіт – зменшення параметра потоку відмов до його мінімального значення. Зрозуміло, що якщо регламентні роботи не зменшують значення параметра потоку відмов, то в їх проведенні немає сенсу [16].

Взагалі, все авіаційне обладнання можна поділити на декілька груп – в залежності від швидкості зміни параметра потоку відмов (рис.7.7).

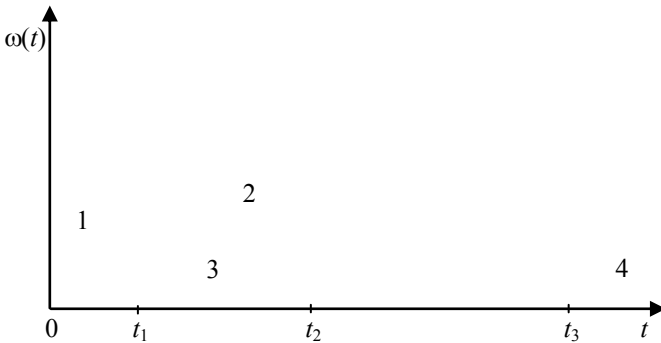


Рис. 7.7. Зміна параметра потоку відмов груп виробів авіаційного обладнання

До першої групи належать ті об'єкти, параметр потоку відмов яких зростає до гранично допустимого значення за час наробітку t_1 (наприклад, дорівнює 300 год).

Після виконання регламентних робіт на цих об'єктах їх параметри потоку відмов відновлюються (крива 1).

До другої групи належать об'єкти, параметр потоку відмов яких зростає до гранично допустимого значення за час t_2 (наприклад, $t_2 = 3t_1$, крива 2).

До третьої групи належать об'єкти, граничні значення параметра потоку відмов яких досягають за час t_3 , який дорівнює, наприклад, $2t_2$ (крива 3).

Виділяють ще одну групу – нульову, до неї відносять об'єкти, параметр потоку відмов яких за весь термін експлуатації залишається незмінним (пряма 4).

Аналогічним є метод оптимізації термінів проведення технічних обслуговувань, виходячи з умов розвитку відмов

виробів [8]. Сутність його полягає в тому, що при оптимальних термінах виконання ТО максимізується ймовірність спільної події – виникнення несправності і появи відмови $P_{\text{н.відм}}(t)$. Передбачається, що з усуненням несправностей у встановлені терміни виникнення відмови не відбудеться.

Процес розвитку несправностей виробу можна уявити таким чином. З початку експлуатації ($t = 0$) починає розвиватися несправність, яка виникає у випадковий момент часу t_1 . З цього моменту починається друга стадія розвитку, яка продовжується до випадкового моменту часу t_2 , коли виникає відмова.

Коли несправність передує відмові, то між значеннями часу виникнення несправності t_1 і відмови t_2 існують імовірнісна і функціональна залежності.

Ймовірність виникнення несправності за малий відрізок часу $(\tau, \tau + \Delta\tau)$, який передує початку проведення технічного обслуговування, дорівнює

$$f_1(\tau)d\tau,$$

де $f_1(\tau)$ – щільність розподілення наробітку до виникнення несправності.

Ймовірність того, що від моменту часу τ до початку проведення технічного обслуговування t_p в технічному пристрої не виникне відмова, дорівнює

$$1 - F_2(t_p - \tau),$$

де $F_2(t_p - \tau) = P_{\text{відм}}(t_p - \tau)$ – ймовірність виникнення відмови за час $(t_p - \tau)$.

Ймовірність події F , яка полягає в тому, що виріб буде працювати безвідмовно протягом часу t_p , якщо в момент τ виникла несправність, дорівнює

$$F = f_1(\tau)d\tau[1 - F_2(t_p - \tau)]$$

Але несправність може виникнути в будь-який момент в проміжку часу $(0, t_p)$. Тому ймовірність того, що за час t_p виникне несправність, але відмови не буде $P_{\text{н.відм}}(t)$, можна знайти, проінтегрувавши останній вираз з усіх елементарних проміжків, тобто

$$P_{\text{н.відм}}(t_p) = \int_0^{t_p} [1 - F_2(t_p - \tau)] f_1(\tau) d\tau. \quad (7.27)$$

Як приклад наведемо формули для визначення періодичності технічного обслуговування за умови, що час виникнення несправностей t_1 і відмов t_2 незалежний і має експоненціальне розподілення з інтенсивностями відмов λ_1 і λ_2 відповідно:

$$f_1(\tau) = \lambda_1 e^{-\lambda_1(\tau)}; \quad (7.28)$$

$$F_2(t_p - \tau) = 1 - e^{-\lambda_2(t_p - \tau)}. \quad (7.29)$$

Використання інших законів розподілення практично не впливає на кінцевий результат (відмінність в термінах обслуговування становить 10...15 відсотків).

Вираз (7.27) за умови експоненціального розподілення часу виникнення несправностей і відмов, тобто з урахуванням (7.28) і (7.29), буде мати вигляд:

$$P_{\text{н.відм}}(t_p) = \int_0^{t_p} e^{-\lambda_2(t_p - \tau)} \lambda_1 e^{-\lambda_1(\tau)} d\tau.$$

Обчисливши інтеграл, отримаємо

$$P_{\text{н.відм}}(t_p) = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} (e^{-\lambda_2 t_p} - e^{-\lambda_1 t_p}). \quad (7.30)$$

Оптимальний термін проведення технічного обслуговування може бути знайдений як найменший корінь рівняння

$$\frac{dP_{\text{н.відм}}(t_p)}{dt_p} = 0. \quad (7.31)$$

При експоненціальному розподіленні часу t_1 і t_2 , використовуючи рівняння (7.30) і (7.31), отримуємо аналітичний вираз для оптимальної періодичності:

$$t_{\text{онм}} = (\ln \lambda_1 - \ln \lambda_2) / (\lambda_1 - \lambda_2). \quad (7.32)$$

Приклад: За даними стендових випробувань агрегатів авіаційного обладнання інтенсивність виникнення несправностей $\lambda_1 = 1,59 \cdot 10^{-2}$ 1/год, а інтенсивність відмов $\lambda_2 = 0,4 \cdot 10^{-2}$ 1/год. Визначити оптимальну періодичність проведення регламентних робіт.

За допомогою формули (7.32) знаходимо

$$t_{\text{онм}} = \frac{\ln 1,59 \cdot 10^{-2} - \ln 0,4 \cdot 10^{-2}}{1,59 \cdot 10^{-2} - 0,4 \cdot 10^{-2}} = 109 \text{ год}$$

Практично періодичність технічного обслуговування можна прийняти такою, що дорівнює 100 годин.

Для визначення періодичності технічного обслуговування окремих агрегатів доцільно використовувати такий критерій, який забезпечує максимальну надійність роботи агрегату в міжрегламентний період $P(t_p)$ при мінімальному значенні трудових витрат на його технічне обслуговування $T_{\text{мо}}$ (на виконання регламентних робіт і усунення відмов).

Оптимальну періодичність технічного обслуговування для окремих агрегатів $t_{\text{онм}}$ в цьому випадку визначають за умови досягнення максимального значення відношення $P(t_p)/T_{\text{мо}}$:

$$t_{\text{онм}} = \max \{ P(t_p) / T_{\text{мо}} \}.$$

В окремих випадках максимальне значення цього відношення можна визначити за умови деяких обмежень, наприклад, максимальної надійності $P(t_p)$ при заданому рівні трудомісткості:

$$T_{\text{мо}} = T_{\text{мозад}},$$

або мінімальної трудомісткості T_{mo} при заданому рівні надійності

$$P(t_p) = P(t)_{зад}$$

Найбільш загальними критеріями ефективності регламентів (періодичності регламентних робіт) є економічні критерії. Для їх застосування необхідно вміти оцінювати економічні наслідки відмови, яка може бути попереджена частішим проведенням технічних обслуговувань (рис.7.8).

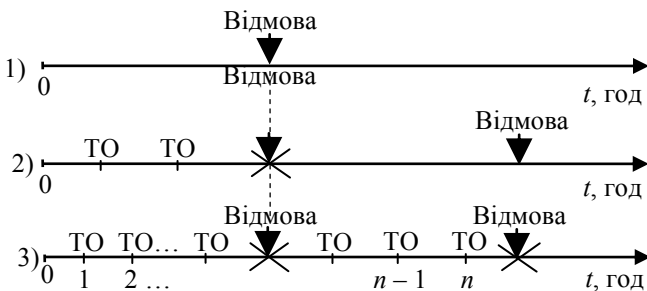


Рис. 7.8. До застосування економічного критерію для визначення періодичності регламентних робіт

Для певного відрізка часу, якщо $C(TO_{i=n}) < C(H_{відм})$, то $i = n$, де: $C(TO_{i=n})$ – вартість n технічних обслуговувань;

$C(H_{відм})$ – вартість наслідків відмов.

На авіаційному транспорті цей принцип використовується тільки для об'єктів, які не впливають на безпеку польотів.

І нарешті (його, можливо, слід було б назвати в першу чергу), – це метод за аналогією, коли періодичність робіт з технічного обслуговування задається в технічних вимогах до даного повітряного судна і його комплектуючих виробів. Виходячи з прототипу, в цьому випадку кожну роботу, яка впливає на безпеку польотів, слід відносити до форми регламенту,

періодичність якої менша за бажану періодичність виконання даної роботи і ближча до неї, ніж всі інші періодичності. Періодичність решти робіт визначають з урахуванням економічних критеріїв.

7.6. Рекламацийно-претензійна робота

Одним з важливих засобів забезпечення високої надійності авіаційної техніки є рекламацийно-претензійна робота, яка спрямована на підвищення відповідальності заводів за якість авіатехніки, яку вони поставляють, за якість ремонту, своєчасне відновлення (за рахунок заводів) виробів, які вийшли з ладу, відшкодування ними заподіяних авіа підприємствам збитків, пов'язаних з відновленням повітряних суден, затримками вильотів або припиненням польотів.

Рекламації пред'являють заводам у випадках, коли (при відсутності провини експлуатуючої організації) виявлено:

- невідповідність поставленої продукції, тари, упакування, консервації і маркірування вимогам стандартів, технічних умов та договорів;

- відмови і несправності, які викликали вихід з ладу авіатехніки, допоміжні витрати на її відновлення до закінчення гарантійних (міжремонтних) ресурсів або термінів служби, встановлених договорами, технічними умовами та державними стандартами;

- невиконання у встановлений термін доробок на авіаційній техніці.

Рекламація не пред'являється, якщо відмова або дефект авіатехніки викликані порушенням інструкції або правил експлуатації льотним екіпажем або інженерно-технічним складом підприємства.

Пред'явлення рекламаций оформляють двостороннім (одностороннім) рекламацийним актом, який складає комісія,

що призначається начальником авіаційно-технічної бази. Односторонній рекламаційний акт складають у випадках не своєчасного прибуття заводського представника або при згоді заводу на оформлення акту без участі його представника.

Одночасно з оформленням рекламаційного акту представники авіатехнічної бази, спільно з іншими підрозділами підприємства, готують документи (калькуляції, довідки тощо), які підтверджують збитки, які зазнало авіапідприємство. До рекламаційного акту додають розрахунки і обґрунтування матеріальних претензій з копіями фінансових документів про заподіяну шкоду.

Рекламаційний акт складають за таких умов (ці умови ілюструє рис. 1.3):

- якщо провина заводу виявилася в період $0 - t_1$ (тобто тоді, коли ще не вироблений гарантійний ресурс T_2), то складають рекламаційний акт, який відправляють заводу-виготовлювачу;

- якщо провина заводу виявилася на етапі $t_1 - t_2$, то складають технічний акт за тією ж формою, що й рекламаційний акт, який використовується тільки як джерело інформації в процесі вдосконалення авіатехніки конструкторськими бюро і заводами-виготовлювачами;

- якщо відмови авіатехніки виникли без провини експлуатанта в міжремонтні періоди $t_2 - t_3$, $t_3 - t_4$ і т.д., то складають рекламаційний акт, який пред'являють ремонтному заводу.

Для складання рекламаційного акту не пізніше, як за дві доби з моменту виявлення відмови надсилається телеграма – виклик директору заводу, а копія – своєму представнику на цьому заводі. В ній зазначається, куди повинен прибути представник заводу, заводський номер виробу, який відмовив, його наробіток; характер відмови або дефекту. Якщо в експлуатаційній організації представник заводу знаходиться постій-

но, то рекламацію пред'являють йому, а на завод надсилають телеграму без виклику з повідомленням, що претензія передана представнику. Представник повинен організувати відновлення виробу, який відмовив, не пізніше, як за п'ять діб з моменту одержання претензій.

В окремих випадках, коли відмова не викликала пошкодження повітряного судна і воно може експлуатуватися без заміни виробу, начальник авіаційно-технічної бази може дати вказівку це зробити до приїзду представника заводу (виріб демонтують, запаковують, пломбують і зберігають до прибуття представника заводу).

Якщо неможливо визначити справжню причину відмови (несправності) на місці складання рекламаційного акту, авіапідприємство надсилає вироби, деталі, вузли, робочі тіла системи, що відмовила, на дослідження в науково-дослідну організацію, на завод цивільної авіації або в іншу організацію. Про це зазначають в рекламаційному акті.

Рекламаційний і технічний акти складають у трьох примірниках, які протягом трьох днів повинні затвердити головний інженер авіакомпанії (виробничого об'єднання), і розсилають: два примірники – заводу, один – експлуатаційній організації.

У всіх випадках загальний термін складання рекламаційного акту з моменту виявлення дефекту не повинен перевищувати 30 діб.

Відповідальність за організацію і проведення рекламаційно-претензійної роботи покладається на головного інженера авіакомпанії і начальника авіаційно-технічної бази (ЦТО і РАТ).

Роботи з: організації пред'явлення рекламцій і виклику представників заводів; оформлення рекламаційних актів та додатків до них, їх розсилки і зберігання, ведення документації (облік і звітність); організації відправлення рекламаційних

виробів на дослідження, контролю за одержанням виробів замість тих, що відмовили; підготовки документів, пов'язаних з рекламациями, покладають на групу надійності або на посадову особу, яку призначає начальник авіаційно-технічної бази.

Правильно виконана рекламацияна робота сприяє подальшому вдосконаленню авіаційної техніки і підвищенню її надійності.

7.7. Доробки авіаційної техніки

Доробки авіаційної техніки виконують з метою вдосконалення, модернізації і усунення конструктивних і виробничих недоліків. Їх виконують згідно з бюлетенями, які випускаються заводами-виготовлювачами і вводяться в дію керівництвом Укравіації. Бюлетені розробляються на основі аналізу роботи авіатехніки експлуатаційними і ремонтними підприємствами цивільної авіації, які і представляють свої пропозиції щодо зміни конструкції, спрямовані на підвищення надійності і техніко-економічних характеристик авіатехніки. Ці пропозиції систематизують в технолого-конструкторському бюро провідної авіаційно-технічної бази, у відділі головного технолога провідного ремонтного підприємства цивільної авіації і надсилаються заводам-виготовлювачам, а також в Державний департамент авіаційного транспорту України.

Бюлетені з доробок авіатехніки за результатами досліджень авіаційних пригод і пов'язані з забезпеченням безпеки польотів вводять в дію за умов наявності висновків науково-дослідних організацій про ефективність доробок, які пропонуються.

В бюлетенях з доробок стисло викладаються такі дані: з якого питання випущений бюлетень; на яких номерах і серіях виробів виконується доробка; перелік робіт; технологія вико-

нання робіт; креслення, ескізи, рисунки, схеми; перелік необхідних матеріалів, деталей, пристосувань, інструментів.

Виконувати роботи на авіатехніці за бюлетенями, які не введені в дію керівництвом Укрaviaції, забороняється.

Допускається (за узгодженням з керівництвом Укрaviaції) виконувати роботи, пов'язані з усуненням недоліків аварійного характеру, за документацією підприємства-розробника і (або) заводу-виготовлювача виробу, узгодженою з представником замовника і затвердженою керівництвом Укрaviaції, з обов'язковим випуском бюлетеня.

Матеріальне забезпечення (вироби, матеріали тощо), необхідне для виконання робіт за бюлетенями, спрямованими на усунення конструктивних і виробничих недоліків, покладається на завод-виготовлювач.

Доробки авіатехніки за бюлетенями виконують на заводах, а також в експлуатаційних підприємствах силами представників заводів-виготовлювачів, заводів цивільної авіації або авіаційно-технічних баз, що обумовлюється в бюлетенях.

Доробки, які виконує завод на авіапідприємстві, здійснюють згідно з планом-графіком, затвердженим головним інженером авіаційно-технічної бази (ремонтного заводу) і узгодженим з представником заводу не пізніше ніж за місяць до початку робіт.

За якість і повноту доробок, виконаних заводською бригадою, відповідальність несе завод.

На доробки, які не виконані заводом за час, встановлений бюлетенем, або виконані з низькою якістю або з порушенням технології, авіаційно-технічна база пред'являє рекламації заводу незалежно від гарантійного (міжремонтного) ресурсу повітряного судна (виробу).

Виконання доробок авіатехніки на авіапідприємствах доручають спеціалістам (бригадам) заводу, які мають: завдання на виконання робіт за даним бюлетенем; бюлетень,

який введений керівництвом Укрaviaції; повний комплект виробів і матеріалів, необхідних для виконання робіт.

Організація роботи бригади заводу покладається на її керівника.

Контроль якості робіт, які виконані на авіапідприємствах бригадами (спеціалістами) заводів, здійснює керівник бригади або представник відділу технічного контролю заводу. Роботи приймає начальник (інженер) відділу технічного контролю авіаційно-технічної бази.

При виконанні доробок силами АТБ роботу доручають підготовленій бригаді, спеціалісти якої мають достатній практичний досвід експлуатації даного типу повітряного судна (системи, виробу), а операційний контроль – інженерам ВТК. Перед початком доробок проводять:

- перевірку наявності (разом зі спеціалістами бригади) бюлетенів (вказівок) на доробку і технологічних карт, практичний показ порядку виконання робіт на повітряному судні (системі, виробі);

- перевірку комплектності виробів, деталей та матеріалів; підбір інструментів і пристосувань, необхідних для виконання робіт.

Після виконання доробок силами АТБ їх якість і повноту перевіряє старший інженер відділу технічного контролю авіаційно-технічної бази.

Про виконання доробок складається технічний акт в трьох примірниках за підписами відповідальних за доробку від промисловості і начальника ВТК АТБ. Про виконання доробки записують у формуляр повітряного судна, двигуна або в паспорт виробу.

Виконання доробок авіаційної техніки в АТБ спеціалістами (бригадою) заводу стверджується підписами у формулярі (паспорті) керівника бригади і начальника (інженера) відділу технічного контролю АТБ, а при виконанні доробок бри-

гадою АТБ – керівника бригади, яка виконала роботи та інженера відділу технічного контролю, який прийняв роботи.

Планування, облік та контроль виконання доробок і звітність по них керівництво авіаційно-технічної бази здійснює у такій послідовності:

- розробка плану-графіка робіт за бюлетенями;
- контроль надходження необхідних засобів для виконання доробок;
- ведення обліку виконання доробок авіатехніки у спеціальному журналі.

У встановлені терміни керівництво АТБ представляє звіт про виконання плану-графіка доробок головному інженеру авіакомпанії (виробничого об'єднання).

В АТБ відповідальність за виконання доробок авіатехніки покладається:

- за організацію робіт з доробок – на заступника начальника АТБ з виробництва (начальника виробництва, інженера) АТБ;

- за облік надходження бюлетенів в авіапідприємство, контроль термінів виконання доробок, збереження всієї документації з доробок – на технічний відділ (технологіко-конструкторське бюро);

- за планування і виділення повітряних суден на доробки, контроль виконання планів, записи у формулярах повітряних суден (двигунів) і паспортах на вироби про проведені доробки – на виробничо-диспетчерський відділ;

- за контроль якості виконання доробок і підготовку звітних документів – на відділ технічного контролю.

Звичайно, кількість доробок з кожного типу повітряних суден, особливо – з нового типу, буває значною. В окремих випадках певну кількість їх об'єднують в комплекс доробок. За час експлуатації повітряного судна на ньому може бути виконано декілька комплексів доробок.

7.8. Бюлетені заводів-виготовлювачів

Заводи-виготовлювачі випускають чотири види бюлетенів: з доробок, з питань експлуатації, з питань ремонту та інформаційні [16].

Бюлетені з доробок:

– БА – бюлетені, за якими доробки виконуються негайно. У цьому випадку польоти відповідних повітряних суден припиняються, доки ця доробка не буде виконана;

– БД – бюлетені, пов'язані з усуненням конструктивно-виробничих недоліків виробів, які не потребують припинення польотів;

– БУ – бюлетені, пов'язані з вдосконаленням і покращанням конструкції та підвищенням надійності, коли також не потребується припинення польотів.

Доробки за бюлетенями БД і БУ виконуються на експлуатаційних підприємствах за графіком під час періодичних форм технічного обслуговування або під час ремонту на ремонтних авіаційних заводах.

Доповнення, зміни в інструкціях з експлуатації, в регламентах технічного обслуговування, технологічних вказівках відображають в бюлетенях з питань експлуатації, які мають індекс БЕ.

В бюлетенях з питань ремонту, які позначаються індексом БР, даються вказівки і пояснення до ремонту виробів авіаційної техніки.

Інформацію про конструктивні і схемні відмінності, зміни у виробках дають в інформаційних бюлетенях, які мають індекс Бі.

З метою машинної обробки всі бюлетені мають єдину структуру кодівих номерів, яка складається з десяти цифр.

Бюлетені випускаються як для певного типу повітряного судна, так і для окремих виробів бортового обладнання.

Якщо бюлетень стосується конкретного типу повітряного судна, то розряди кодового номеру мають різні смислові значення (табл.7.1). В перших трьох розрядах записується цифровий код типу повітряного судна.

Таблиця 7.1

Структура кодових номерів бюлетеня

Розряди коду бюлетеня				
1÷3 (тип повітряного судна)	4 (рік випуску)	5 (вид авіа-техніки)	6÷9 (номер)	10 (призначення)
030 – Ан–12 065 – Як – 40 085 – Ту – 154 086 – Іл – 62 і т.п.	0...9	0 – літак 1 – РО 2 – ЕО 3 – ПО і т.п.		1 – доробка 2 – експлуатація 3 – ремонт 4 – інформація про конструктивні і схемні відмінності

На місці четвертого розряду записують останню цифру року випуску бюлетеня (звичайно, бюлетень дійсний менше 10 років). У п'ятому розряді однією цифрою кодується вид авіаційної техніки, до якого належить виріб (РО – радіообладнання, ЕО – електрообладнання, ПО – приладне обладнання). Наступні чотири розряди (6 – 9) означають номер бюлетеня, а десятий розряд – групу за призначенням.

В кінці цифрового коду можуть проставлятися також літерний код призначення бюлетеня (БА, БД, БУ, БЕ, БР, БІ). Наприклад, код 0861301281БД означає, що бюлетень стосується літака Іл-62 (086), рік випуску бюлетеня – 2001(1), розглядається виріб приладного обладнання (3), номер бюлетеня

0128, бюлетень стосується доробок, пов'язаних з усуненням конструктивно-виробничих недоліків виробу (1 і БД).

Якщо бюлетень стосується бортового обладнання (або пристрою для технічного обслуговування) безвідносно до якого конкретного типу повітряного судна воно належить, то розряди кодового номеру мають такі значення. Перші три розряди означають код виду авіаційної техніки, по якому випускається бюлетень. Так, для авіаційного і радіоелектронного обладнання встановлені коди: 068 – електрообладнання; 069 – радіоелектронне обладнання; 070 – приладне обладнання; 072 – фотообладнання і т.д. В четвертому коді вказують рік випуску бюлетеня.

У п'ятому розряді коду записують цифру 0. Якщо ж розглядається виріб, який встановлюється тільки на вертольотах, то в цьому розряді записують цифру 1. Нумерація наступних розрядів (6...10) аналогічна нумерації розрядів бюлетеня, який стосується конкретного типу повітряного судна. Наприклад, код 0680100982БЕ означає, що бюлетень стосується електрообладнання (068), рік випуску – 2000 (0), розглядається виріб, який встановлюється тільки на вертольотах (1), номер бюлетеня 0098, зміст – вказівки з експлуатації (2 і БЕ).

На жаль, заводи не завжди дотримуються вимог стандарту про єдину структуру кодів номерів. Тому можна зустріти різні номери, однотипність яких встановити неможливо, наприклад, 138 п, 84/7 – 10Р та ін.

7.9. Облік виробів. Порядок продовження ресурсів авіаційної техніки

Облік виробів з обмеженим ресурсом є обов'язковим елементом технічної експлуатації. Він здійснюється інженерно-авіаційною службою експлуатанта в порядку, який визначається Програмою ТО і Р експлуатанта на під-

ставі даних первинної реєстрації витрати ресурсу під час експлуатації повітряного судна.

Первинні дані про наробіток авіатехніки і параметри її функціонування в польоті реєструються в “Довідках про роботу матеріальної частини в польоті” (або в документації, яка їх замінює), форму яких узгоджують з організаціями – виготовлювачами повітряних суден і двигунів. Використання цих даних регламентується Програмою ТО і Р експлуатанта і затверджується Державним департаментом авіаційного транспорту України.

Дані про наробіток вертольотів і двигунів в польоті і на землі реєструються екіпажем в “Довідках про роботу матеріальної частини в польоті”, а також інженерно-авіаційною службою експлуатанта в картах-нарядах відповідного технічного обслуговування.

Облік наробітку і витрати ресурсу ведуть в картках обліку ресурсу і формулярах виробів, а при використанні комп’ютерних технологій обліку – на машинних носіях інформації. Організація робіт з обліку витрати ресурсу авіатехніки, включаючи розподілення функцій обліку між підрозділами і авіаційним персоналом, а також ведення відповідних розділів формулярів виробів для різних варіантів обліку в умовах базового і тимчасового аеродрому визначаються експлуатантом у Програмі ТО і Р.

Продовження міжремонтного і призначеного ресурсів (термінів служби) конкретних екземплярів повітряних суден і двигунів здійснюється спільним рішенням експлуатанта і розробника (за необхідності – також ремонтного підприємства), яке вводить в дію Державний департамент авіаційного транспорту України.

При перестановці виробу для продовження експлуатації на повітряне судно (авіадвигун) іншого типу залишок ресурсу виробу обчислюють у відсотках і переводять в наробіток (тер-

мін служби) відповідно до ресурсу цього виробу на іншому типі повітряного судна (авіадвигуна), в комплектацію якого воно включено.

Методичні вказівки

Надійність авіаційної техніки є однією з найважливіших властивостей, яка визначає рівень безпеки польотів і економічні показники роботи авіаційних підприємств.

На сучасних повітряних суднах інтенсивно впроваджуються автоматика, обчислювальна техніка, складне авіаційне і радіоелектронне обладнання. Але, не дивлячись на підвищення надійності окремих елементів, надійність системи, а, отже, й повітряного судна в цілому, може не тільки підвищуватися, а інколи і знижуватися, оскільки ймовірність відмов при збільшенні кількості елементів зростає. Недостатня надійність авіаційної техніки спричиняє відмови, авіаційні пригоди, завдає великих матеріальних витрат і моральних збитків.

В зв'язку з цим проблема забезпечення високої надійності авіаційної техніки є основною в цивільній авіації.

Необхідно мати чітке уявлення про основні поняття, які характеризують надійність авіаційної техніки. Слід також розглянути відповідні кількісні показники, які отримують за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики, які призначені для вивчення випадкових величин і подій.

Саме випадковість є характерною особливістю показників надійності авіаційної техніки. Ці показники різні для ремонтоне придатних і ремонтпридатних виробів.

Ремонтоне придатними будемо називати вироби, процес функціонування яких розглядається тільки до моменту виникнення відмови. Ремонтпридатними називаються вироби,

процес функціонування яких включає ремонти і наступні за ними інтервали працездатності.

Слід звернути увагу на те, що авіаційна техніка буде надійною тільки тоді, коли проблемі надійності буде приділена належна увага на всіх етапах життєвого циклу повітряного судна: проектуванні, виробництві, випробуванні і експлуатації.

Обов'язковою умовою досягнення високої надійності авіаційної техніки в експлуатації є забезпечення систематичного обміну інформацією про надійність виробів авіаційної техніки (результати реєстрації, збору, обробки і аналізу даних про відмови) для її оцінки.

Висока працездатність повітряного судна, його авіаційних двигунів, систем та обладнання, забезпечення їх безвідмовної роботи в польоті і на землі значною мірою залежать від доцільності призначення обов'язкових профілактичних робіт, від доцільності інтервалів між формами технічного обслуговування. Тому обов'язково слід звернути увагу на методи і критерії, які застосовуються для розрахунку періодичності регламентних робіт. Для визначення періодичності технічного обслуговування авіаційної техніки найчастіше використовуються ймовірнісні і економічні методи, а також метод за аналогією, коли періодичність задається, виходячи з прототипу.

Важливо також знати, що до заходів забезпечення високого рівня надійності авіаційної техніки в цивільній авіації належать також рекламаційно-претензійна робота і виконання доробок авіаційної техніки. Доробки авіаційної техніки виконують згідно з бюлетенями, які випускаються промисловістю і вводяться в дію керівництвом Державного департаменту авіаційного транспорту України. Такі бюлетені розробляються на основі аналізу роботи авіатехніки експлуатаційними і ремонтними організаціями цивільної авіації. Про-

тягом всього періоду експлуатації повітряного судна на ньому може бути виконано десятки доробок.

В цивільній авіації здійснюють облік наробітку повітряних суден, авіаційних двигунів і комплектуючих виробів. Ця важлива робота регламентується Програмою ТО і Р експлуатанта. Облік наробітку і витрати ресурсу авіатехніки ведуть в спеціальних картках обліку і формулярах (паспортах) виробів, а також на машинних носіях інформації при впровадженні комп'ютерних технологій обліку.

Для забезпечення ефективності використання авіаційної техніки здійснюють продовження її ресурсів, але роблять це тільки за умови, що надійність її не буде зменшуватися.

Запитання для самоперевірки

1. Визначте основні поняття надійності авіаційного обладнання.
2. За якими ознаками класифікують відмови виробів авіатехніки? Які ви знаєте типи відмов?
3. Які ви знаєте показники надійності ремонтоне придатних виробів?
4. Охарактеризуйте показники надійності ремонтон придатних виробів.
5. Назвіть фактори, які впливають на надійність авіаційної техніки.
6. Розкажіть про інформаційний обмін з надійності авіаційної техніки.
7. Назвіть основні задачі системи забезпечення надійності авіаційної техніки в експлуатації і необхідні заходи, які повинні вживати для їх реалізації експлуатаційні і ремонтні організації.
8. В чому полягає аналіз надійності виробів авіаційної техніки?

9. Які показники характеризують надійність авіаційного обладнання? Розкрийте їхній зміст.

10. Розкрийте зміст рекламацийно-претензійної роботи на експлуатаційному підприємстві цивільної авіації.

11. Розкажіть про виконання доробок авіаційної техніки.

12. Які ви знаєте бюлетені заводів-виготовлювачів? Розкажіть про структуру їх кодів номерів.

13. Яким чином здійснюється облік наробітку? Хто приймає рішення про продовження ресурсів виробів авіаційної техніки?