

УДК 656.7:061.5(045)

## ПРОГРАМА НАДІЙНОСТІ АВІАКОМПАНІЇ

*О. А. Тамаргазін*, д-р техн. наук, проф.; *П. О. Власенко*

Національний авіаційний університет

int2080@ukr.net

*Розглянуто організаційну структуру авіакомпанії щодо виконання Програми надійності — інженерний відділ, відділи з надійності авіаційної техніки, управління надійністю, технічного обслуговування, контролю якості. Наведено структуру Програми надійності авіакомпанії. Запропоновано використання Програми надійності для зменшення витрат на технічне обслуговування.*

**Ключові слова:** надійність, Програма надійності, технічне обслуговування.

*Airline's operational structure for Reliability program implementation — engineering division, reliability division, reliability control division, aircraft maintenance division, quality assurance division — was considered. Airline's Reliability program structure is shown. Using of Reliability program for reducing costs on aircraft maintenance is proposed.*

**Keywords:** reliability, Reliability program, maintenance.

### Вступ

Державіаадміністрація прийняла постанову, якою зобов'язала авіакомпанії, що мають у своєму парку авіаційну техніку (АТ), яка заснована на SMG-логіці, експлуатується «за станом з контролем рівня надійності» або яка безпосередньо впливає на безпеку польотів, розробити Програму надійності. Вона повинна використовуватися для контролю стану надійності і своєчасного технічного обслуговування агрегатів, підсистем, функціональних систем повітряних суден (ПС) та літаків у цілому, враховуючи контрольні рівні надійності та економічної доцільності.

Програма надійності гарантує, що необхідні роботи проводяться у доцільний час. Це попереджає відмови та несправності, відновлює та покращує рівень надійності та зменшує витрати на експлуатацію ПС. Доцільність розробки та використання Програми надійності в авіакомпанії підтверджена директивами льотної придатності, консультативними документами FAA та EASA.

### Організаційна структура авіакомпанії з виконання Програми надійності

Дані про відмови, несправності та напруження збираються з цехів оперативного та періодичного технічного обслуговування, бортових журналів, журналів пілотів та звітів планово-диспетчерського відділу для ПС, функціональних систем, двигунів, ДСУ та окремих компонентів для проведення постійного інспектування та моніторингу. Дані надходять до відділу з надійності АТ, де проводиться аналіз достовірності зібраних даних, розрахунок показників надійності, контроль, моніторинг та аналіз стану надійності ПС. Для функціональної системи, підсистеми або агрегату, для яких стан надій-

ності погіршився і не задовольняє встановлені норми, готується відповідний звіт, що надається в Інженерний відділ. В Інженерному відділі проводиться більш детальний аналіз стану надійності компонента ПС та готується список коригувальних дій. У Відділі управління надійністю приймається остаточне рішення, які саме коригувальні дії будуть проводитися для підвищення стану надійності і яких компонентів. На основі затверджених рішень відділ з надійності надає список робіт, які необхідно провести на ПС до Відділу з технічного обслуговування.

Відділ з контролю якості визначає ефективність Програми надійності та Програми ТО, а також якість проведених коригувальних дій.

Відділ Управління надійністю є відповідальним за ефективне та повсякденне виконання Програми надійності. Він має повне право проводити необхідні заходи для виконання процедур і завдань, зазначених у Програмі надійності, контролювати проведення коригувальних дій.

Відділ Управління надійністю складається з представників таких відділів авіакомпанії:

- інженерний відділ (розроблює документацію з ТО, яка забезпечує надійну роботу, на основі експлуатаційних даних визначає зміни до Програми ТО та модифікації; проводить оновлення ПС, систем, агрегатів та СУ згідно з бюлетенями та стандартами для досягнення бажаного рівня надійності; розслідує технічні причини виникнення небезпечних трендів та відмов, пропонує Відділу управління надійністю шляхи вирішення проблем);

- відділ з надійності (контролює щоденне виконання Програми надійності; визначає достовірність зібраних під час експлуатації даних та їх інформаційних джерел і записів; проводить статистичний аналіз та попереднє визначення

небезпечних трендів та відмов; координує розслідування значних технічних проблем систем чи агрегатів ПС та розробляє для них необхідні коригувальні дії; проводить запис коригувальних дій; готує звіти з надійності);

– плановий відділ (планує проведення перевірок та інспекцій ПС, заміни компонентів, проведення коригувальних дій та модифікацій АТ);

– відділ з ТО (записує дані з планового та незапланованого ТО у відповідні стандартні форми; проводить технічну експертизу технічних причин виникнення небезпечних трендів та відмов, які було виявлено інженерним відділом; проводить затверджені коригувальні дії для ненадійних компонентів та систем);

– робочі цехи (проводять збір даних про зняття компонентів, ремонт, складні форми ТО; забезпечують інженерний відділ та відділ з надійності даними про поточні значення ресурсів АТ, змінами в проведенні ТО, інформацією про небезпечний стан компонентів);

– відділ з навчання (координує та проводить навчання в специфічних областях, якщо це є наказом Відділу управління надійністю);

– відділ з матеріально-технічного забезпечення (проводить своєчасне постачання запасних частин та матеріалів в авіакомпанії та координує їх наявність та комплектування на складах);

– відділ з контролю якості (розглядає та документує результати планових перевірок; збирає дані про агрегати, отримані із зовнішніх організацій, таких як заводи-розробники, комітет з льотної придатності; контролює якість експлуа-

таційних даних; проводить внутрішній аудит ефективності Відділу управління надійністю).

Головою відділу Управління надійністю зазвичай обирається представник з відділу контролю якості, заступником — з відділу надійності. Відділ з управління надійністю збирається раз на місяць. На порядок денний виносяться такі питання:

- розгляд планового ТО повітряних суден, їх двигунів, компонентів (зміни в ТО, затверджені Комітетом з льотної придатності);

- розгляд експлуатаційних процедур та експлуатаційної політики;

- розгляд питань забезпечення запасними частинами;

- розгляд та обговорення роботи парку ПС;

- розгляд та остаточне затвердження коригувальних дій для компонентів або функціональних систем, значення надійності яких погіршилось і перевищило контрольний рівень;

- закриття всіх відкритих питань, для яких було прийнято рішення;

- обговорення всіх вартісних (багатовитратних) сфер експлуатації та ТО, пропозиції щодо зниження витрат;

- розгляд статистичної експлуатаційної інформації для визначення того чи коригувальні дії, які було проведено для ненадійних агрегатів, підвищили стан їх надійності, чи ні.

### Структура Програми надійності

Процес управління надійністю парку ПС авіакомпанії на основі Програми надійності зображено на рис. 1. Він складається зі збору, обробки, аналізу даних та коригувальних дій.

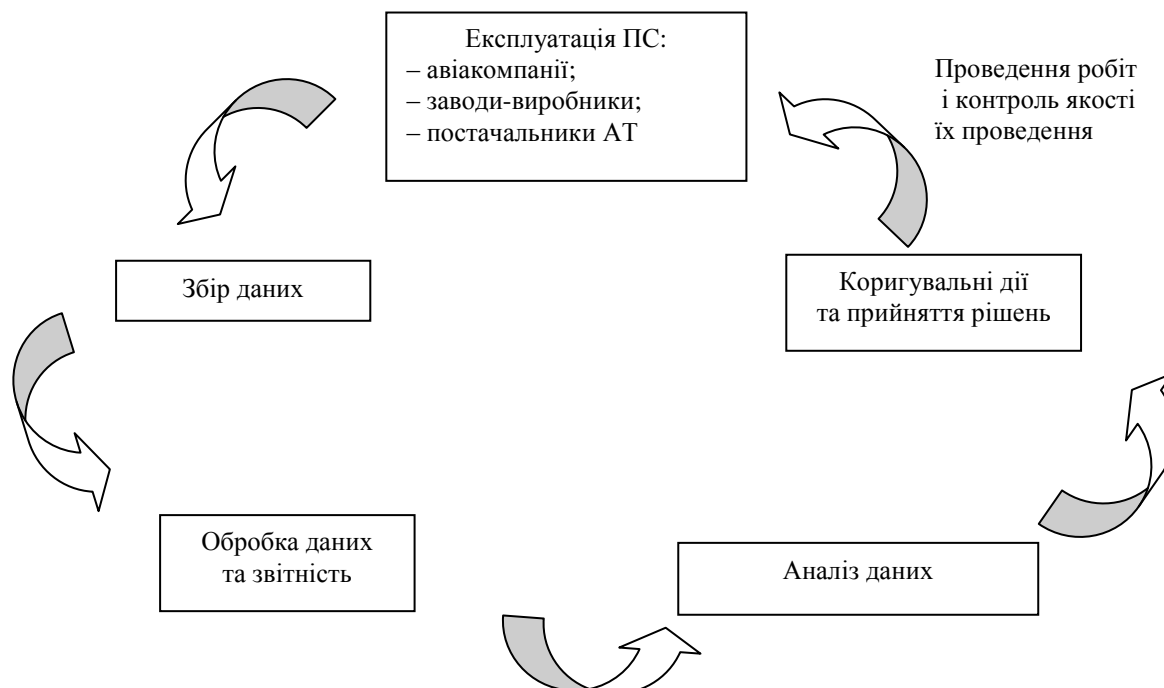


Рис. 1. Процес управління надійністю в авіакомпанії

Дані, які використовуються для визначення стану надійності повітряних суден, збираються зі звітів пілотів PIREPS, PDIS (несправності в роботі або незадовільний стан АТ, який потребує проведення ТО, виявлений льотним екіпажем і занесений у журнал літака), звіти з ТО MAREPS, MDIS (звіти про несправності, які було виявлено персоналом з ТО і які потребують проведення додаткових ремонтних робіт), бортові звіти (подібні до звітів пілотів, але несправності знайдені екіпажем ПС і занесені до бортового журналу або журналу літака), список відкладеного ТО (список несправностей, які не повинні бути негайно усунені і які не впливають на безпеку польотів), звіти про переривання експлуатації (відміни рейсів, затримки рейсів, повернення ПС, відхилення ПС від маршруту, заміна ПС у разі виникнення несправності), звіти про вимкнення двигунів у польоті, звіти про заміни або відмови агрегатів (для яких виявлено ненормальну поведінку і які відправлені на детальний аналіз до інженерного відділу), звіти про технічні інциденти (контролюються Комітетом з льотної придатності і містять інформацію, яка безпосередньо впливає на стан льотної придатності ПС — несправності, що призвели до відміни зльоту або переривання польоту ПС; несправності, що призвели до проведення ремонтних робіт у польоті або які призвели до обмежених можливостей експлуатації ПС; відмови шасі; спускання коліс; відміна більш ніж одної електричної генераторної системи або гідравлічної системи; дія вібрації, ударів, ерозія; відмова більш ніж одного датчика швидкості, висоти та положення; відмова аварійної системи; вимкнення або загоряння двигуна в польоті; значне пошкодження планера або корозія; значне пошкодження, спричинене відмовою двигуна або ДСУ в польоті чи на землі; оповіщення про пожар, дим або токсичні гази). Інформація про відмови та несправності повинна обов'язково аналізуватися разом з інформацією про переривання експлуатації, оскільки відмови та несправності — це підґрунття для погіршення нормальної експлуатації ПС.

При визначенні стану надійності ПС до уваги не беруться звіти MAREPS під час проведення планового ТО. Вони заповнюються, щоб на їх основі можна було оцінити якість виконання ремонтних робіт, запланувати закупку запчастин. Несправності, виявлені під час планового ТО, повинні бути усунені в рамках цього ТО.

Зібрані дані з надійності заносяться авіакомпанією або ремонтними цехами до централізованої бази даних. Для кожної події в базі даних повинна зазначатись льотна інформація

(номер польоту, дата польоту, пункт відправлення, пункт прибуття, вид польоту, чи політ ЕТОПС, номер борту, тип ПС, час відправлення, час прибуття, час польоту), інформація технічного інциденту (код АТА, вид інформаційного джерела, вплив на експлуатацію, тривалість затримки, код затримки, статус технічної події, чи є подія технічним інцидентом, опис події, коригувальні дії) та дані про зняття компонента (причина зняття, партійний та серійний номер знятого та встановленого агрегату, напрацювання в годинах та циклах після встановлення/ремонту, станція ТО, дата відправлення та повернення агрегату, код підтвердження відмови, рішення та коригувальні дії).

На основі введених даних проводиться їх оброблення. Для визначення стану надійності використовуються показники — кількість відмов К100 (кількість відмов на 100 посадок) або К1000 (кількість відмов на 1000 год напрацювання). Кількість відмов використовується для дуже рідких подій і для значущих подій з точки зору надійності та безпеки польотів (наприклад, відмови агрегатів чи систем, що призвели до технічних інцидентів). За допомогою показників К100 та К1000 проводиться визначення стану надійності ПС за періодами експлуатації, парком, конкретним бортом, системами АТА, підсистемами, агрегатами.

Для визначення стану надійності ПС використовуються такі показники:

– показник переривання експлуатації:

$$K_{100 \text{ r.a.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \cdot 100$$

За переривання експлуатації беруться затримки, відміни рейсів, повернення ПС після зльоту, перервані зльоти, заміни ПС тривалістю понад 15 хв;

– загальний час затримки:

$$\sum_{i=1}^n \Delta t_i$$

Показник може бути використаний для визначення сумарного часу, витраченого на усунення несправностей на землі за системами АТА або за станціями ТО;

– показник технічних інцидентів:

$$K_{1000 \text{ TI}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \cdot 1000$$

— показник відмов у польоті (PIREP)/ на землі (MAREP):

$$K_{100 \text{ PIREP}} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \cdot 100$$

$$K_{1000 \text{ PIREP}} = \frac{\text{É}^{\text{z}}\text{ë}^{\text{z}}\text{ñ}\text{ò}\text{ü PIREP 1000}}{\text{Ç}^{\text{z}}\text{ä}^{\text{z}}\text{ë}^{\text{z}}\text{ü}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{p}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ü}^{\text{z}} \text{ç}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}}};$$

– показники надійності двигунів:

$$K_{100 \text{ ä.ä}} = \frac{\text{É}^{\text{z}}\text{ë}^{\text{z}}\text{ñ}\text{ò}\text{ü}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{é}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{é}^{\text{z}} \text{ü}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} 1000}{\text{Ç}^{\text{z}}\text{ä}^{\text{z}}\text{ë}^{\text{z}}\text{ü}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{p}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ü}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ç}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}}},$$

$$\text{É}^{\text{z}}\text{ë}^{\text{z}}\text{ñ}\text{ò}\text{ü}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ç}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{é}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}}$$

$$K_{1000 \text{ ç.ä}} = \frac{\text{ç}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ü}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} 1000}{\text{Ç}^{\text{z}}\text{ä}^{\text{z}}\text{ë}^{\text{z}}\text{ü}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{p}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ü}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ç}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}}};$$

– показники надійності компонентів:

$$\text{MTBUR} = \frac{\text{FH} \cdot \text{QPA}}{\text{NUR}},$$

де MTBUR — напрацювання до відмови; FH — напрацювання в год; QPA — кількість агрегатів на ПС; NUR — кількість незапланованих знімачів агрегату

$$\text{MTBF} = \frac{\text{FH} \cdot \text{QPA}}{\text{NCF}},$$

де MTBF — напрацювання до підтвердженої відмови; NCF — кількість підтверджених відмов агрегату

$$\frac{\text{NFF}}{\text{É}^{\text{z}}\text{ë}^{\text{z}}\text{ñ}\text{ò}\text{ü}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ç}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{é}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{ç}^{\text{z}} \text{í}^{\text{z}} \text{ü}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}} \text{ö}^{\text{z}} \text{ä}^{\text{z}}} = 1 - (\text{MTBUR}/\text{MTBF}).$$

де NFF — кількість зняттів агрегатів з не підтвердженими відмовами.

Контроль стану надійності АТ повинен проводитись для відносно великих періодів експлуатації (від шести місяців), що дає змогу визначити правильні значення MTBUR та показника зняття агрегатів.

Звіти використовуються для того, щоб проаналізувати роботу авіакомпанії, впевнитись у тому, що управління авіакомпанією проводиться на основі стану надійності АТ за попередній період експлуатації.

В авіакомпанії готуються звіти зі стану надійності АТ, що подаються до Комітету з льотної придатності та для проведення внутрішнього аналізу. Комітет з льотної придатності на основі отриманої інформації проводить сертифікацію ПС, експлуатанта, персоналу з ТО, приймає рішення щодо проведення модифікацій АТ. Внутрішні звіти використовуються для аналізу стану надійності АТ, оцінки якості виконання ТО, матеріально-технічного забезпечення авіакомпанії. Звітна інформація готується для періоду в місяць, шість місяців та рік експлуатації. Надаються такі види звітів:

– звіт із загальної статистики парку ПС (обсяг парку, кількість днів експлуатації, загальне

напрацювання в годинах та циклах, використання ПС, середня тривалість польоту, відміни/затримки рейсів, імовірність безвідмовної роботи, інциденти);

– звіт по затримках/відмінах рейсів (відображає системи ПС, через відмову яких виникла затримка/відміна рейсів);

– звіт по двигунах (містить опис причин планових та незапланованих зняттів двигунів, вимкнень двигунів у польоті та показники подій на 1000 год напрацювання);

– звіт PIREP (включає показник надійності — кількість відмов, виявлених пілотами на 100 посадок);

– звіт MAREP (кількість відмов, виявлених на землі на 100 посадок);

– звіт з проведення автопосадок (загальна кількість посадок, загальна кількість задовільних посадок, загальна кількість незадовільних посадок, причини незадовільних посадок, незаплановане зняття агрегатів електронного обладнання, пов'язаного з проведенням автопосадок);

– звіт з висотного запуску ДСУ (загальна кількість запусків, загальна кількість задовільних запусків, загальна кількість незадовільних запусків, причини незадовільних запусків);

– загальний звіт для 21–80 систем (містить інформацію зі зняття агрегатів, повторних дефектів, перевищення допустимого рівня, рекомендацій з внесення змін до Програми ТО);

– звіт з незапланованого зняття агрегатів (містить дані зі стану надійності агрегатів, які були незаплановано зняті, для яких підтвердились відмови та було перевищено допустимий рівень надійності);

– звіт з проведення важких форм ТО (забезпечує інформацією про проведення важких форм ТО).

Аналіз даних проводиться для виявлення причин тих чи інших подій (відмов, затримок рейсів, відмін рейсів, інцидентів і т. д.) та формування пропозицій щодо їх усунення. Зазвичай аналіз проводиться для функціональних систем, підсистем чи агрегатів, стан надійності яких перевищив допустимі межі, вийшов за рамки визначених стандартів або для них спостерігається наявність небезпечного тренду. Для таких елементів детально розглядаються звіти з надійності. Якщо погіршення стану надійності не підтвердилось, то елементи продовжують експлуатувати, але за ними проводиться особливий нагляд. Якщо підтвердилось погіршення стану надійності, то для проблемного агрегату, підсистеми чи системи формується звіт про виявлення небезпечної ситуації. Визначаються причини погіршення стану надійності —

недоліки проведення періодичного та оперативного ТО, помилки технічного персоналу, недосконалість Програми ТО, конструкторські чи виробничі вади компонентів, особливості окремого типу ПС, організація роботи авіакомпанії.

Залежно від визначеної причини проводяться відповідні коригувальні дії:

- при недоліках проведення періодичного та оперативного ТО необхідно провести навчання персоналу, оснащення цеху необхідним обладнанням та вдосколати процедури ТО;

- при недосконалості Програми ТО необхідно замінити завдання та періодичність їх проведення;

- у разі помилок технічного персоналу провести інтенсивне навчання, взяти під особливий нагляд роботу техніків, через яких виникли відмови;

- при конструкторських чи виробничих вадах компонентів необхідно провести їх модифікацію.

Особливу увагу необхідно приділяти аналізу повторних відмов. Повторними вважаються відмови, які виникли на ПС одного типу за короткий період часу (наприклад, п'ять відмов за три дні). Повторні відмови повинні бути виявлені якомога швидше, тому проводиться щоденний контроль за відмовами.

У разі виявлення повторних дефектів визначаються причини їх виникнення. А саме, що могло призвести до відмови — експлуатація агрегату чи недоліки його конструкції. Залежно від виявленої причини проводять заходи щодо їх усунення і попередження — навчальні програми для персоналу, модернізація обладнання з проведення ТО, вдосконалення моделі експлуатації ПС і процедур ТО, підвищення контролепридатності АТ, модифікація АТ, внесення змін до Програми ТО. Зазвичай коригувальні дії, які необхідно провести для підвищення стану надійності АТ, відносяться одночасно як до технічних, так і організаційних питань.

### Використання Програми надійності для зменшення витрат на ТО

Кошти, які витрачає авіакомпанія на утримання та експлуатацію парку ПС, поділяються на експлуатаційні витрати (зарплата льотному екіпажу, навігаційні витрати, витрати на перебування в аеропортах, витрати на періодичне ТО, паливо та матеріали, страхування) та витрати на ТО (рис. 2).

Використовуючи Програму надійності можна зменшити витрати авіакомпанії шляхом відстеження повторних дефектів та зняття агрегатів, проведення модифікації конструкцій, оптимізації процесу ТО.

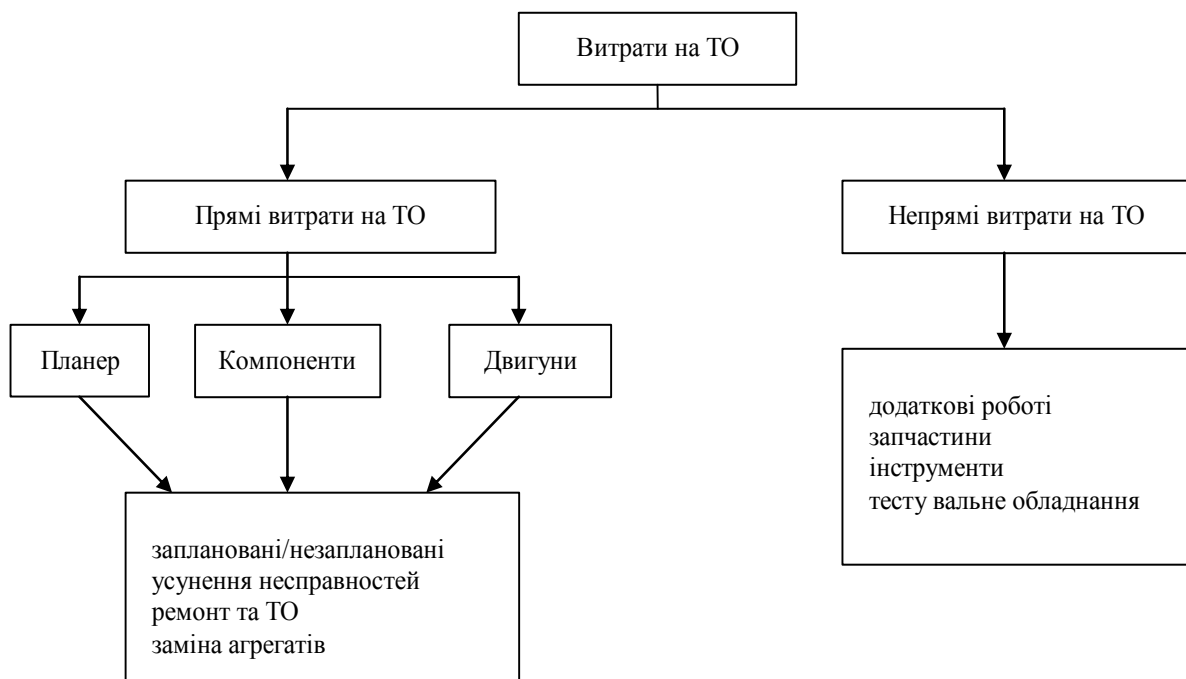


Рис. 2. Витрати авіакомпанії на технічне обслуговування

Визначення кількості необхідних запасних частин проводиться за двома етапами:

1) розраховується показник попиту (необхідності) компонентів:

$$E = \frac{FH \cdot n \cdot N}{MTBUR} \cdot \frac{TAT}{365},$$

де  $FH$  — напрацювання ПС за рік, год;  $n$  — кількість компонентів, установлених на ПС,  $N$  — кількість ПС в парку;  $MTBUR$  — напрацювання парку за рік;  $TAT$  — час відновлення агрегату;

2) обчислюється необхідна кількість запасних частин:

$$m = f(\alpha, PL, E) = E + \alpha \sqrt{E},$$

де  $PL$  — імовірність безвідмовної роботи.

Значення  $\alpha$  обираються за таблицею Гаусса, залежно від заданої імовірності безвідмовної роботи.

Використання Програми надійності значно полегшує управління запасами авіакомпанії, оскільки відстежує та контролює такі дані, як зміна кількості ПС парку авіакомпанії, напрацювання ПС, час відновлення агрегатів та дані з утилізації АТ.

Отже, Програма надійності дає змогу оптимізувати витрати на технічне оснащення.

### Висновок

Використання Програми надійності в авіакомпанії дає можливість підтримувати стан надійності та льотної придатності авіаційної техніки на належному рівні, проводити своєчасне та ефективно технічне обслуговування, оптимізувати витрати на технічне оснащення та ТО.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Technical procedures manual. Reliability control program. 23-Jul-97 // Timely Reaction on Unscheduled System Troubles. XXX Reliability Control Program Document. Apr — 05.*

2. *Руководство по производству. Книга 10. Управление техническим обслуживанием ВС (МОЕ). Утверждено приказом авиакомпания от 05.09.2007. — № 572. [Введ. в дейст. с 19.09.2007].*

3. *Кучер О. Г. Управление надёжностью парка повітряних суден авіакомпанії / О. Г. Кучер, П. О. Власенко // Авиационно-космическая техника и технология. — 2009. — № 4(61). — С. 88–94.*

Стаття надійшла до редакції 13.12.12.