

УДК 629.735.083(045)

ТИПОВІ МОДЕЛІ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОМПЛЕКТУЮЧИХ АВІАЦІЙНОЇ НАЗЕМНОЇ ТЕХНІКИ

Е. В. Богайська

Національний авіаційний університет
avia_icao@mail.ru

Проведено аналіз взаємозв'язку характеристик системи технічного обслуговування з іншими експлуатаційно-технічними характеристиками авіаційної наземної техніки, що дало можливість виділити ряд об'єктивно діючих факторів, які викликають необхідність зміни підходів до керування процесом технічного обслуговування авіаційної наземної техніки.

Ключові слова: технічний стан, технічне обслуговування, авіаційна наземна техніка.

The analysis of the relationship characteristics of the maintenance system with other operational and technical characteristics of aircraft ground equipment, which allowed an objective to identify a number of operating factors causing the need to change approaches to the management process of the maintenance of aviation ground equipment.

Keyword: technical state, maintenance, ground aircraft equipment.

Постановка проблеми

Одним з головних стратегічних напрямів прискореного розвитку цивільної авіації України є науково-технічний прогрес. Обсяг і характер завдань, поставлених зараз перед нею, потребують не часткових поліпшень, а великих комплексних заходів, які б забезпечили подальший якісний стрибок у її розвитку.

Перебудова цивільної авіації України можлива лише на основі впровадження сучасної авіаційної техніки як літальних апаратів, так і техніки та обладнання аеропортів. Крім того, цивільна авіація потребує впровадження і прогресивних аеропортових технологій, технічної експлуатації і зокрема технічного обслуговування (ТО) авіаційної наземної техніки (АНТ).

В аеропортах світу використовується надзвичайно велика кількість різноманітної спецтехніки, яка використовується як при обслуговуванні повітряних суден, так і пасажирів, багажу і вантажів. Тому саме для цієї групи авіаційної техніки найбільш актуальним є оптимізація як окремих видів виробничих процесів, пов'язаних з ТО, так і всієї системи ТО.

Система ТО АНТ складається із систем ТО його складових частин — базового шасі, функціональних систем, спеціального обладнання окремих агрегатів, вузлів, елементів.

Під системою ТО розуміють сукупність взаємозалежних елементів: об'єкта ТО — екземпляр АНТ; інженерно-технічного складу (ІТС) — виконавців ТО; засобів ТО; плану ТО, викладеного в експлуатаційній і ремонтній документації (ЕіРД) — які взаємодіють з метою забезпечення необхідних рівнів надійності і готовності об'єкта ТО до використання за призначенням [1].

Для того щоб визначити основні напрями вдосконалення систем ТО АНТ, розглянемо стисло основні моделі, які на сьогодні застосовуються до окремих елементів АНТ.

Вирішення проблеми

Проаналізуємо типові моделі систем ТО комплектуючих АНТ. З аналізу конструкції та регламентів ТО сучасної АНТ було встановлено, що до 27...32 % комплектуючих [агрегатів, блоків, вузлів, деталей, елементів конструкції — об'єктів контролю (ОК)] можна застосувати прості (типові) моделі систем ТО (необслуговані нерезервовані, нерезервовані з безперервним контролем ТС, нерезервовані з періодичним контролем ТС, резервовані з періодичним контролем ТС).

Розглянемо найпростішу систему ТО необслугованих нерезервованих ОК, для яких характерними станами є: 1 — готовність до роботи; 2 — відмова. У зв'язку з неможливістю виявлення і усунення відмов, які виникають у процесі експлуатації, буде мати місце лише один напрям переходу: зі стану 1 у стан 2 (1—2). Стан 2 є поглинаючим, через це поведінка таких ОК описується такою системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -a_{12}P_1(t);$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = a_{12}P_1(t).$$

Інтенсивність переходу a_{12} за своєю фізичною сутністю є інтенсивністю відмов λ необслугованого ОК $a_{12} = \lambda$.

Використовуючи перетворення Лапласа, від системи диференціальних рівнянь перейдемо до системи алгебричних рівнянь:

$$\begin{aligned} SP_1(S) - P_1(0) &= -\lambda P_1(S); \\ SP_2(S) - P_2(0) &= \lambda P_1(S), \end{aligned}$$

з якої знайдемо

$$P_1(S) = \frac{P_1(0)}{S + \lambda}.$$

Перейшовши до оригіналу, одержимо:

$$P_1(t) = P_1(0)e^{-\lambda t}.$$

У моделі необслугованих ОК змінною є інтенсивність відмов λ . Значення ймовірності $P_1(0)$ береться рівним оцінці, отриманій теоретичним шляхом, за даними заводських випробувань або попередньої експлуатації. З аналізу характеру зміни ймовірності P_1 застати ОК у стані готовності до роботи видно, що навіть при малих, важко досяжних значеннях $\lambda = 10^{-6} \text{ г}^{-1}$ ймовірність P_1 готовності до роботи необслугованого ОК до роботи вже після одного року експлуатації знижується до неприпустимо малих значень ($P_1(t) = 1 \text{ рік} = 0,9913$). Це вказує на необхідність ретельної обробки статистичних даних для оцінювання за результатами експлуатації необслугованих ОК з метою підтвердження правильності прийнятого рішення про його необслугованість у процесі експлуатації.

Розглянемо тепер модель системи ТО безперервно контролюваного в процесі експлуатації нерезервованого ОК. У будь-який момент часу такі ОК можуть знаходитися в одному з двох станів: 1 — готовності до роботи; 2 — відмова. Наявність безперервного контролю ТС ОК дозволяє у випадку виникнення відмови (перехід 1—2) негайно приступити до відновлення його готовності (перехід 2—1). Система диференціальних рівнянь буде мати такий вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -a_{12}P_1(t) + a_{21}P_2(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= -a_{21}P_2(t) + a_{12}P_1(t), \end{aligned}$$

де $a_{12} = \omega_{\text{бп}}$; $a_{21} = 1/T_{\text{yc}}^{\text{бп}} = \lambda$; $\omega_{\text{бп}}$ — параметр потоку відмов безперервно контролюваних нерезервованих ОК; $T_{\text{yc}}^{\text{бп}}$ — середній час усунення відмов; λ — інтенсивність усунення відмов (пошкоджень).

Використовуючи перетворення Лапласа, перейдемо від системи диференціальних рівнянь до системи алгебричних рівнянь, яка дозволяє одержати вираз для ймовірності $P_1(t)$ перебування ОК у стані 1 (за початкової умови $P_1(0) = 1$):

$$\begin{aligned} P_1(t) &= \frac{a_{21}}{a_{12} + a_{21}} + \frac{a_{12}}{a_{12} + a_{21}} e^{-(a_{12} + a_{21})t} = \\ &= \frac{\lambda}{\omega_{\text{бп}} + \lambda} + \frac{\omega_{\text{бп}}}{\omega_{\text{бп}} + \lambda} e^{-(\omega_{\text{бп}} + \lambda)t}. \end{aligned}$$

У стаціонарному режимі експлуатації ($t \rightarrow \infty$) система рівнянь вироджується в систему алгебричних рівнянь:

$$\begin{aligned} -a_{12}P_1 + a_{21}P_2 &= 0; \\ a_{12}P_1 - a_{21}P_2 &= 0, \end{aligned}$$

з якої з урахуванням нормувальної умови $P_1 + P_2 = 1$ одержуємо:

$$P_1 = \frac{\lambda}{\omega_{\text{бп}} + \lambda}.$$

Отримані формули широко відомі з літератури з теорії надійності і технічної експлуатації. Але при цьому марковські моделі дозволяють одержати ще цілий ряд показників ефективності системи ТО (F_i, P_{ij}, λ_j та ін.).

У моделі безперервно контролюваних нерезервованих ОК вектор \mathbf{X} експлуатаційних характеристик включає дві характеристики: $\omega_{\text{бп}}$ і $T_{\text{yc}}^{\text{бп}}$ (або λ). З аналізу зміни ймовірності P_1 готовності ОК до роботи видно, що при $\omega_{\text{бп}} \leq 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ ймовірність P_1 практично не залежить від терміну усунення відмов у реальному діапазоні їхніх змін. Так, при зміні $T_{\text{yc}}^{\text{бп}}$ на 90 % (з 10 до 100 год) ймовірність P_1 змінюється лише на 0,09 %. Проте при $\omega_{\text{бп}} > 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ ситуація змінюється: зміна $T_{\text{yc}}^{\text{бп}}$ на 90 % при $\omega_{\text{бп}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ приводить до зміни P_1 на 0,9 %, а при $\omega_{\text{бп}} = 10^{-3} \text{ г}^{-1}$ — на 8 %. Отже, в експлуатації, виходячи з досягнутого рівня $\omega_{\text{бп}}$ вимоги до точності перебування оцінки часу $T_{\text{yc}}^{\text{бп}}$ повинні бути різні для значень $\omega_{\text{бп}} \leq 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ і $\omega_{\text{бп}} > 10^{-5} \text{ г}^{-1}$.

Наступним видом ОК з типовою системою ТО є елементи АНТ, на яких у процесі експлуатації проводиться ТО з визначеною періодичністю і обсягом. Модель цієї системи ТО має такі характерні стани: 1 — готовності до роботи; 2 — регламентне ТО; 3 — приховані відмови.

У процесі експлуатації ОК може перейти зі стану 1 у стан 3 приховані відмови (перехід 1—3). Ці відмови будуть виявлені під час чергового регламентного ТО (РТО) (перехід 3—2). У стан 2 ОК переходить із визначеною періодичністю $\tau_{\text{мто}}$ (перехід 1—2).

Після закінчення РТО тривалістю $\tau_{\text{то}}$, у ході якого усуваються всі виявлені відмови і проводиться ряд профілактичних заходів і перевірок, ОК повертається в стан 1 (перехід 2—1).

Аналіз можливих переходів показує, що якщо інтенсивності переходів a_{12} , a_{21} і a_{13} можуть бути отримані з використанням оцінок параметрів $\tau_{\text{мто}}^*$, $\tau_{\text{то}}^*$ і $\omega_{\text{то}}^*$ за результатами експлуатації, то інтенсивність переходу a_{32} так одержати неможливо.

Дійсно:

$$\begin{aligned} a_{12} &= \tau_{\text{МТО}}^{-1}; \\ a_{21} &= \tau_{\text{ТО}}^{-1}; \\ a_{13} &= \omega_{\text{ТО}}, \end{aligned}$$

де $\omega_{\text{ТО}}$ — параметр потоку відмов нерезервовано-го ОК з РТО.

Для знаходження a_{32} скористаємося формулою:

$$a_{32} = P_{32}/\lambda_3.$$

Оскільки перехід 3—2 єдиний,

$$\begin{aligned} P_{32} &= 1, \\ \lambda_3 &= \tau_{\text{МТО}} - \lambda_{13}, \\ \lambda_{13} &= \lambda_1. \end{aligned}$$

Тоді:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \int_0^{\infty} [1 - F_1(t)] dt; \\ F_1 &= 1 - e^{-a_1 t}; \\ a_1 &= a_{12} + a_{13} = \tau_{\text{МТО}}^{-1} + \omega_{\text{ТО}}; \\ \lambda_1 &= \int_0^{\infty} e^{-(\tau_{\text{МТО}}^{-1} - \omega_{\text{ТО}})t} dt = \frac{1}{\tau_{\text{МТО}}^{-1} - \omega_{\text{ТО}}}; \\ \lambda_3 &= \tau_{\text{МТО}} - \frac{1}{\tau_{\text{МТО}}^{-1} - \omega_{\text{ТО}}}; \\ a_{32} &= \frac{1}{\tau_{\text{МТО}} - \frac{1}{\tau_{\text{МТО}}^{-1} - \omega_{\text{ТО}}}}. \end{aligned}$$

Такий підхід для визначення інтенсивностей переходів зі стану прихованих відмов і пошкоджень можна використовувати і в інших моделях систем ТО АНТ.

Складемо систему диференціальних рівнянь для орієнтованого графа станів:

$$\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(a_{12} + a_{13})P_1(t) + a_{21}P_2(t); \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= a_{12}P_1(t) - a_{21}P_2(t) + a_{32}P_3(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= a_{13}P_1(t) - a_{32}P_3(t). \end{aligned}$$

Розв'язок цієї системи диференціальних рівнянь можна одержати, використовуючи перетворення Лапласа. Проте остаточні формули для ймовірностей $P_i(t)$ будуть досить громіздкими і проведення їхнього аналізу викликає певні труднощі навіть із застосуванням комп'ютерних програм. Тому пропонується застосувати числовий розв'язок цієї системи, як і всіх подібних систем диференціальних рівнянь.

Вектор \mathbf{X} експлуатаційних характеристик для розглянутої моделі, включає три характеристики: $\omega_{\text{ТО}}$, $\tau_{\text{МТО}}$, $\tau_{\text{ТО}}$, які визначають, з одного боку, тривалість перехідних процесів у моделі, а з іншого

— межі застосування для дослідження стаціонарної моделі. Аналіз показує, що зі збільшенням періодичності $\tau_{\text{МТО}}$ проведення РТО з 0,5 до 4 років і його тривалості з 10 до 480 год момент початку стаціонарного процесу в моделі зсувається при $\omega_{\text{ТО}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ з 0,5...1 року до 4...5 років, при $\omega_{\text{ТО}} = 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ з 0,05...0,1 року до 3 років. Для ОК з параметром потоку відмов $\omega_{\text{ТО}} = 10^{-6} \text{ г}^{-1}$ перехідні процеси практично відсутні.

Дослідження стаціонарних режимів експлуатації нерезервованих елементів АНТ з РТО здійснюється за допомогою системи алгебричних рівнянь:

$$\begin{aligned} -(a_{12} + a_{13})P_1 + a_{12}P_2 &= 0; \\ a_{12}P_1 - a_{21}P_2 + a_{32}P_3 &= 0; \\ a_{13}P_1 - a_{32}P_3 &= 0; \quad \sum_{i=1}^3 P_i = 1. \end{aligned}$$

Вилучивши одне з рівнянь як надлишкове, одержимо такі вирази:

$$\begin{aligned} P_1 &= \left(\frac{\tau_{\text{ТО}}}{\tau_{\text{МТО}}} + \omega_{\text{ТО}}(\tau_{\text{ТО}} + \tau_{\text{МТО}}) + e^{-\omega_{\text{ТО}}\tau_{\text{МТО}}} \right)^{-1}; \\ P_2 &= \frac{(1 + \omega_{\text{ТО}}\tau_{\text{МТО}})\tau_{\text{ТО}}}{\tau_{\text{МТО}}} \times \\ &\times \left(\frac{\tau_{\text{ТО}}}{\tau_{\text{МТО}}} + \omega_{\text{ТО}}(\tau_{\text{ТО}} + \tau_{\text{МТО}}) + e^{-\omega_{\text{ТО}}\tau_{\text{МТО}}} \right)^{-1}; \\ P_3 &= \frac{e^{-\omega_{\text{ТО}}\tau_{\text{МТО}}} + \omega_{\text{ТО}}\tau_{\text{МТО}} - 1}{\frac{\tau_{\text{ТО}}}{\tau_{\text{МТО}}} + \omega_{\text{ТО}}(\tau_{\text{ТО}} + \tau_{\text{МТО}}) + e^{-\omega_{\text{ТО}}\tau_{\text{МТО}}}}. \end{aligned}$$

Отримані аналітичні вирази не дозволяють провести аналіз впливу параметрів системи ТО на її показники ефективності. Для більш складних систем рівнянь отримання аналітичних виразів становить ще більш значні труднощі.

Аналіз обчислень за цією системою рівнянь показує, що модель чутлива до параметрів $\omega_{\text{ТО}}$, $\tau_{\text{ТО}}$ і $\tau_{\text{МТО}}$. Характерна наявність вираженого максимуму імовірності P_1 перебування ОК у готовності до застосування за призначенням, яка відповідає залежно від значень $\omega_{\text{ТО}}$ і $\tau_{\text{ТО}}$ різним значенням періодичності РТО. Зменшення $\omega_{\text{ТО}}$ приводить до зсуву максимуму праворуч, причому при ($\omega_{\text{ТО}} < 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ і $\tau_{\text{ТО}} = 2...10 \text{ г}$) він стає вкрай положистим, а величина максимуму суттєво залежить від $\tau_{\text{ТО}}$. Це означає, що при досягненні в ході експлуатації цього рівня $\omega_{\text{ТО}}$, потрібно більш точна оцінка параметра $\tau_{\text{ТО}}$. Треба мати на увазі, що при частому проведенні ТО ($\tau_{\text{МТО}} \leq 4$ діб) збільшення його тривалості з 2 до 10 г приводить до зменшення P_1 на 8 % і практично не залежить від рівня надійності. Отже, під час відпрацювання таких типів ТО необхідно насамперед оцінювати їх

обсяг. Максимальне значення P_1 при $\omega_{\text{ТО}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ відповідає 0,7...1,5 міс. При $\omega_{\text{ТО}} = 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ воно сильно залежить від $\tau_{\text{ТО}}$: для $\tau_{\text{ТО}} = 2 \text{ г}$ досягається при 0,7 міс., для $\tau_{\text{ТО}} = 10 \text{ г}$ — при $\tau_{\text{МТО}} > 6 \text{ міс.}$ Характерно, що зі зменшенням тривалості ТО максимум P_1 зсувається ліворуч.

Характер кривих не міняється і для тривалого РТО. У наявності чітко виражений максимум P_1 . При $\omega_{\text{ТО}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ значення максимуму (0,53...0,68) неприпустимо мале і досягається при періодичності $\tau_{\text{МТО}} = 0,7...0,8$ року, що практично не залежить від тривалості ТО. З цього випливає, що у разі такого низького рівня надійності ОК точність оцінки тривалості ТО не суттєва. При $\omega_{\text{ТО}} = 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ максимум P_1 уже залежить від тривалості ТО: при $\tau_{\text{ТО}} = 20$ діб він відповідає 1,5 рокам, при $\tau_{\text{ТО}} = 100$ діб — 3,0 рокам. При цьому зменшення тривалості ТО з 100 до 20 діб приводить до збільшення максимального значення P_1 на 11 %. Отже, при цьому рівні надійності ОК відпрацювання їхньої системи ТО повинно бути спрямовано на пошук шляхів зменшення тривалості ТО і точності її оцінки.

При $\omega_{\text{ТО}} \leq 10^{-6} \text{ г}^{-1}$ максимум P_1 зсувається далеко праворуч, що вказує на доцільність розгляду пропозицій з експлуатації ОК з таким рівнем надійності із системою ТО за фактичним технічним станом або взагалі без ТО.

Модель системи ТО нерезервованих елементів АНТ з проведенням періодичного контролю ТС має деякі відмінності від розглянутої моделі системи ТО з РТО. Насамперед процес контролю ТС містить у собі дві складові: безпосередньо перевірки і усунення у випадку виявлення відмов і пошкоджень, які потребують для цього зниження готовності АНТ з наступним проведенням підтверджувальної перевірки. При проведенні ж РТО терміни усунення відмов і пошкоджень з підтверджувальною перевіркою заздалегідь враховуються (як середньостатистичні) в планових зниженнях готовності на проведення РТО.

Важливе місце в проведенні дослідження систем ТО з періодичним контролем ТС займає вірогідність його результатів. У процесі контролю має місце як імовірність прийняття несправного ОК за справний (імовірність помилкового пропуску відмови β — імовірність помилки 2-го роду), так і ймовірність прийняття справного ОК за несправний (імовірність помилкового виявлення відмови α — імовірність помилки 1-го роду).

У процесі експлуатації виникають не тільки відмови, але й пошкодження, які не призводять до втрат готовності, проте вимагають її зниження для їхнього усунення. Частку відмов у сумарному потоці відмов і пошкоджень $\omega_{\text{ПК}}$ будемо зада-

вати як γ , частку пошкоджень — відповідно $1 - \gamma$.

Система диференціальних рівнянь для такої системи ТО має вигляд:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -(a_{12} + a_{13} + a_{14})P_1(t) + a_{21}P_2(t);$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = a_{12}P_1(t) - (a_{21} + a_{26})P_2(t) + a_{52}P_5(t) + a_{62}P_6(t);$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = a_{13}P_1(t) - a_{35}P_3(t) + a_{53}P_5(t);$$

$$\frac{dP_4(t)}{dt} = a_{14}P_1(t) - a_{45}P_4(t);$$

$$\frac{dP_5(t)}{dt} = a_{35}P_3(t) + a_{45}P_4(t) - (a_{52} + a_{53})P_5(t);$$

$$\frac{dP_6(t)}{dt} = a_{25}P_2(t) - a_{62}P_6(t).$$

Розроблена модель нерезервованих ОК з періодичним контролем ТС дозволяє врахувати сім їхніх експлуатаційних характеристик, які утворюють вектор \mathbf{X} параметрів системи ТО.

Аналіз результатів розв'язку показує, що перехідні процеси в моделі практично відсутні при $\omega_{\text{ПК}} \leq 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ і при $\omega_{\text{ПК}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ момент початку стаціонарного процесу в моделі становить 0,5 року.

На ймовірність $P_{E_{1,4}} = P_1 + P_4$ застати ОК у готовності до застосування за призначенням суттєвий вплив має як сумарний параметр потоку відмов і пошкоджень $\omega_{\text{ПК}}$, так і періодичність $\tau_{\text{МПК}}$ проведення контролю. Максимум готовності (імовірності $P_{E_{1,4}}$) ОК з $\omega_{\text{ПК}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ досягається при $\tau_{\text{МПК}} = 1,3$ міс., а при $\omega_{\text{ПК}} = 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ — при $\tau_{\text{МПК}} = 3$ міс. Для ОК з $\omega_{\text{ПК}} \geq 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ відхилення від оптимальних періодичностей контролю приводять до значних втрат готовності та становлять при $\tau_{\text{МПК}} = 3$ міс. приблизно $\Delta_1 = 4$ %.

При $\omega_{\text{ПК}} < 5 \cdot 10^{-5} \text{ г}^{-1}$ максимум $P_{E_{1,4}}$ зсувається вправо, а характер кривої після $\tau_{\text{МПК}} \geq 2$ міс. стає вкрай положистим.

Отже, в процесі експлуатації насамперед необхідно забезпечити збір, обробку статистичних даних і знаходження на їхній основі оцінок параметра потоку відмов $\hat{\omega}_{\text{ПК}}^0$ і пошкоджень $\hat{\omega}_{\text{ПК}}^H$, звертаючи особливу увагу на вірогідність цих оцінок при низькому рівні надійності ОК ($\omega_{\text{ПК}} \geq 10^{-4} \text{ г}^{-1}$).

Параметр γ , який характеризує частку відмов у сумарному потоці $\omega_{\text{ПК}}$, впливає на $P_{E_{1,4}}$ при $\omega_{\text{ПК}} \geq 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ і практично не впливає при менших значеннях.

Так, для ОК з $\omega_{\text{пк}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ при зміні γ з 0,8 до 0,2 приріст готовності $P_{E_{1,4}}$ при $\tau_{\text{мпк}} = 2$ міс. становить $\Delta_2 = 1 \%$, при $\tau_{\text{мпк}} = 4$ міс. $\Delta_3 = 4 \%$, а при $\tau_{\text{мпк}} = 6$ міс. — вже 7,5 %.

Це також вказує на те, що відхід від оптимальних значень $\tau_{\text{мпк}}$ найбільш небезпечний при великих значеннях $\gamma(\omega_{\text{пк}}^0)$, а в ході експлуатації необхідно здійснювати контроль за правильною класифікацією випадків відхилень параметрів ОК від заданих на відмови і пошкодження.

Вплив параметрів α і β на готовність ОК носить аналогічний характер: воно зменшується зі зменшенням $\tau_{\text{мпк}}$, а з відхиленням від оптимального значення $\tau_{\text{мпк}}$ в бік збільшення при фіксованому $\omega_{\text{пк}}$ — збільшується.

Так, для ОК з $\omega_{\text{пк}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ при зміні значень $\alpha = \beta$ з 0,05 до 0,1 втрати готовності при $\tau_{\text{мпк}} = 2$ міс. дорівнюють $\Delta_4 = 0,4 \%$, при $\tau_{\text{мпк}} = 4$ міс. $\Delta_5 = 1,5 \%$, при $\tau_{\text{мпк}} = 6$ міс. $\Delta_6 = 3,0 \%$.

Висновки

Під час відпрацьовування експлуатаційної документації на кожний зразок АНТ необхідно перевірити наявність і оцінити ефективність пропонованих повторних оглядів ОК з появою інформації про відмови і пошкодження, забезпечуючи тим самим зменшення числа помилок 1-го роду. Оцінки ймовірностей α і β можуть бути отримані як за результатами попередньої експлуатації, так і теоретичним шляхом.

Збільшення тривалостей контролю $\tau_{\text{пк}}$ і усунення відмов і пошкоджень $\tau_{\text{ус}}$ має більший вплив зі зменшенням періодичності контролю $\tau_{\text{мпк}}$ і зсуває оптимальне значення вправо.

Для $\omega_{\text{пк}} = 10^{-4} \text{ г}^{-1}$ при $\tau_{\text{мпк}} = 1$ міс. ($\alpha = \beta = 0,05$) різниця між значеннями $P_{E_{1,4}}$ для $\tau_{\text{пк}} = 3$ г, $\tau_{\text{ус}} = 10$ г і $\tau_{\text{пк}} = 30$ г, $\tau_{\text{ус}} = 60$ г становить $\Delta_1 = 5 \%$, при $\tau_{\text{мпк}} = 3$ міс. $\Delta_2 = 2 \%$, при $\tau_{\text{мпк}} = 6$ місяць $\Delta_2 = 1 \%$, а оптимальне значення $\tau_{\text{мпк}}$ збільшується з 1 до 2 місяців. Це означає, що якщо при проведенні експлуатації отримані оцінки параметрів системи ТО (для розглянутої моделі $\tau_{\text{пк}}$ і $\tau_{\text{ус}}$) відрізняються від заданих, то для зменшення втрат готовності необхідно зробити коригування періодичності контролю ТС елементів АНТ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей / Т. С. Кузнецов. — М. : Наука, 2001. — 535 с.
2. Бакуревич Ю. Л. Эксплуатация автомобилей на Севере / Ю. Л. Бакуревич, С. С. Толкачев, Ф. Н. Шевелев. — М. : Транспорт, 1973. — 516 с.
3. Лазебников М. Г. Эксплуатация автомобилей в условиях жаркого климата и пустынно-песчаной местности / М. Г. Лазебников, Ю. Л. Бакуревич. — М. : Транспорт, 1969. — 482 с.
4. Коваленко Н. А. Техническая эксплуатация автомобилей / Н. А. Коваленко, В. П. Лобах, Н. В. Вепринцев. — М. : Новое знание, 2008. — 352 с.

Стаття надійшла до редакції 05.07.2012.