УДК 531

[1]О.І. Варченко,[2]О.В. Кіпров
[2]Б.М. Сорока, [2]Є.О. Тітлянов, [2]Т.В. Черкамарьова

МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ЗАТРАТ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ НАДІЙНОСТІ РЕМОНТУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

[1]Національний авіаційний університет
[2]ДП «Завод 410 Цивільної Авіації», kiprov@yandex.ru

Розглянуто перспективи розвитку системи технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки, при переході до ринкових умов. Розроблена модель для визначення рівня запасів авіаремонтного підприємства.

Ключові слова. *Технічне обслуговування, ремонт авіаційної технік, модель визначення запасу, системний підхід, ефективність вкладень.*

Вступ. Неперервний розвиток авіаційної техніки і ріст вимог до рівня безпеки, а також покращення економічних показників вимагають розробляти і впроваджувати більш ефективні програми технічного обслуговування двигунів. Складовою частиною такої програми є діагностування і забезпечення високої ефективності їх використання. Це обумовлює розробку і впровадження нових систем діагностування авіаційної техніки, які в свою чергу класифікуються по різних їх характеристикам.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проведений аналіз літератури показав, що виробнича програма по ремонту авіаційної техніки може бути успішно виконана тільки при впровадженні прогресивних технологій, організацій праці, інтенсифікації виробництва, які можливі при впровадженні сучасних інформаційних технологій, а також методів економічного аналізу підприємства.

Постановка завдання. У процесі наукового дослідження з питань стану та перспектив розвитку системи технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки, при переході до ринкових принципів економіки і в зв'язку з сучасним станом авіаційної техніки мають місце економічні аспекти на роль, місце і майбутнє капітального ремонту, які вимагають більш глибокого логічного осмислення, оскільки формують стратегію галузі.

З метою практичної реалізації запропонованого підходу, розроблена модель для визначення рівня запасів в загальному випадку, що враховує її системний вплив. Позначимо через x об`єм коштів вкладених у підприємство, а через α долю коштів, вкладених в комплексний потік. Величина α визначає рівень q. Тоді з урахуванням впливу q на всю технологію ріст підприємства буде тим вищий, чим більший об'єм коштів, направлених на виробництво, тобто αx. Думалось би α слідує обрати як можна вищім. Але в силу вищеперерахованих причин, чим менше (1- α) тим більше простоїв авіаційної техніки, збитків і т.п. З економічної точки зору, чим α вище, тим нижче віддача в підприємстві на гривну витрат, тобто ефективність вкладень φ є функція від α.

Тут приведено типовий вид $\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)$, де для зручності в якості аргументу взято не α, а $\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)$, тобто відносна доля коштів вкладених в УМ. Приведений вид φ достатньо логічний: за високої долі α віддача є, але мала, при малій долі α виникає насичення. Зазначимо, що нижче запропонований алгоритм дає рішення для будь-якого виду φ. При таких припущення рівняння розвитку підприємства прийме вигляд:

$$\frac{dx}{dt} = k\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)\alpha x, \qquad (1)$$

де k - коефіцієнт розмірності; α - доля коштів підприємства, що вкладається в комплексний потік; x - загальний об'єм коштів; $\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)$ - ефективність вкладень на 1 грн. витрат.

Критерій оптимізації має вигляд:

$$I = X(T) = X(x,\alpha) \to \min . \qquad (2)$$

При цьому швидкість розвитку підприємства буде максимальною. Для знаходження оптимуму виразимо $\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)$ безпосередньо через α та введемо припущення про лінійність $\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)$ на інтервалі (C_1, C_2). При допущених припущеннях рівняння для $\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) = \frac{1-\alpha}{\alpha}$

прийме вигляд
$$\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)=\frac{1-\alpha}{\alpha}B+\varphi \qquad (3)$$

або, якщо записати прямо від аргументу, $\varphi = A - B/\alpha$, (4)

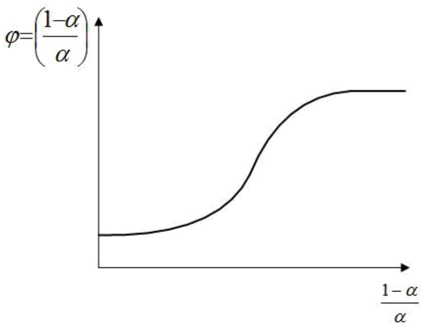

Рис.1. Графік впливу капіталовкладень $\varphi\frac{1-\alpha}{\alpha}$ на ефективність $\frac{1-\alpha}{\alpha}$ робіт підприємств

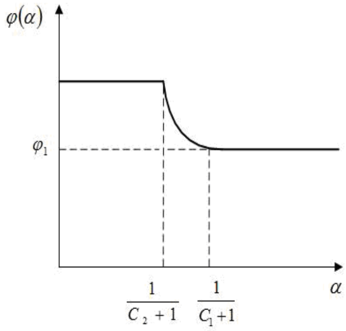

Рис.2. Функція віддачі (економічна ефективність вкладеної гривні), виражена безпосередньо через аргумент

Відокремимо три інтервали: на першому та третьому функція є константою, а на другому – гіперболою. Розглянемо рішення (1) на першому і третьому інтервалах, записуючи його як $\frac{dx}{dt}k x\alpha\varphi_{1,2}$. Загальне рішення цього рівняння має вигляд $x(t) = x_0 e^{k\alpha\varphi_{1,2}t}$. (5)

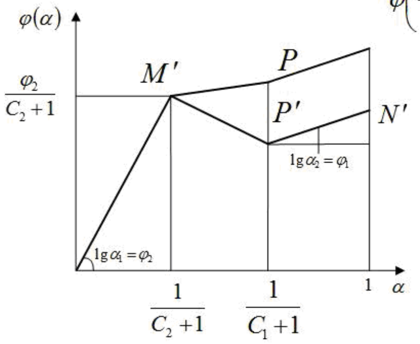

Рис.3.Графік випадків розташування оптимального рішення

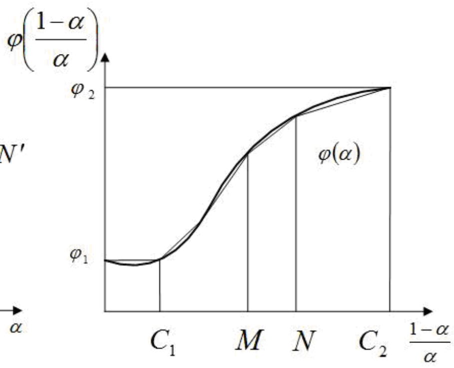

Рис.4. Апроксимація функції віддачі

З рівняння (5) видно, що чим більше α, тим швидше ріст коштів, а це означає, що оптимальне управління α^* може знаходитись тільки в правих кінцях інтервалів. Рівняння (1) можна представити, позначивши $\psi(\alpha)=\alpha\varphi(\alpha)$, у вигляді $\frac{dx}{dt}=kx\psi$. Аналіз його рішення показує, що швидкість росту коштів є лінійною функцією α :

$$\psi(\alpha)=\begin{cases}\alpha\varphi_2; & 0\le\alpha\le\frac{1}{C_2+1}\\ A\alpha+B; & \frac{1}{C_2+1}<\alpha<\frac{1}{C_1+1}\\ \alpha\varphi_1; & \frac{1}{C_1+1}\le\alpha\le 1\end{cases} \qquad (6)$$

Зазначимо, що $\varphi_2 < \varphi_1$ та з точки М можливо провести пряму MP та MP*. Це означає що можливі два варіанти оптимального управління: $\alpha^M = \frac{1}{C_2+1}$ для точки М та $\alpha^N = 1$ для точки N. Рішення в другому інтервалі істотно залежить від вида $\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)$ та конкретних значень параметрів.

Отже, аналіз рівняння (1) показав, що рішення існує єдино. Для його знаходження розглянемо функцію (див. рис. 1). Ясно, що оптимальне управління α^* повинно лежати в інтервалі $C_1 \le \frac{1-\alpha}{\alpha} \le C_2$ або, що еквівалентно, $\begin{matrix} \alpha(C_1+1)-1 \le 0; \\ 1-\alpha(1+C_2) \le 0 \end{matrix}$ (7)

Зазначимо, що (1) є функція x та α або $\frac{dx}{dt} = f(\alpha, x)$.

Введемо функцію $H = \lambda(t) f(\alpha, x) + \mu_1(t)[\alpha(C+1)-1] + \mu_2(t)[1-\alpha(1+C_2)]$, де $\lambda(t); \mu_1(t); \mu_2(t)$ - множники Лагранжа,

$$\mu_1(t) = \begin{cases} 0, \text{якщо } \alpha(C_1+1)-1 < 0 \\ \ge 0, \text{якщо } \alpha(C_1+1)-1 = 0 \end{cases} \qquad (8)$$
$$\mu_2(t) = \begin{cases} 0, \text{якщо } 1-\alpha(1+C_2) < 0 \\ \ge 0, \text{якщо } 1-\alpha(1+C_2) = 0 \end{cases}$$

Запишемо варіацію функціонала якості управління

$$\delta_y = (1-\lambda)\delta x \mid t = T + \lambda \delta_x \mid t = 0 + \int_0^T \left[\left(\lambda + \frac{dH}{dx}\right)\delta x + \frac{dH}{dx}\delta\alpha\right]dt \qquad (9)$$

Множники Лагранжа можна обрати таким чином, щоб перший та половина третього членів дорівнювали нулю: $\frac{d\lambda}{dx} = -\frac{dH}{dx}$ $\lambda(t) = 1$. Тоді вираз (9) перетвориться в $\delta I = \lambda \delta x \mid t = 0 + \int_0^T \frac{dH}{d\alpha}\delta\alpha dt$. Припустимо, що $\lambda(0) = 0$ дійсна гранична умова; тоді $\delta I^\circ = \int_0^T \frac{dH}{d\alpha}\delta\alpha dt$. Звідси (принцип максимуму Понтрягіна) слідує, що $\frac{dH}{d\alpha} = 0$. Тоді для знаходження оптимального управління маємо вираз (9).

З системи (8) можна знайти $\mu_1 = \mu_2(\lambda, x); \mu_2 = \mu_2(\lambda, x) \alpha = \alpha(\lambda, x)$. Використовуючи

$$\frac{d\lambda}{dt} = -\frac{dH}{dx} = \varphi(\lambda, x, \mu_1, \mu_2, \alpha); \frac{dx}{dt} = f(x, \alpha); \ \lambda(T) = 1; \lambda(0) = 0, \qquad (10)$$

Отримуємо $\frac{d\lambda}{dt} = \psi'(\lambda, x)$, звідки $\frac{dx}{dt} = \psi''(\lambda, x); \lambda = \lambda(t); x = x(t).$ (11)

Підставляючи (12) у вираз для α, отримуємо оптимальне управління $\alpha = \alpha(\lambda, x) = \alpha(t)$ (12)

Складність отримання аналітичного рішення задачі залежить від вида $\varphi\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right)$. Для функції цього вида (див. рис 1) було визначено, що при $\beta = \varphi_1$ $\alpha = \frac{1}{C_2+1}$, а при $\beta > \varphi_1$ $\alpha = 1$. Це означає, що при куті нахилу, меншому від $arctg\ \varphi_1$, управління зміщується в ліву крайню точку, а при куті нахилу, більшому від $arctg\ \varphi_1$ - в праву крайню точку.

Щоб отримати рішення для функції (див. рис.1), апроксимуємо її лінійними відрізками, як показано на рис. 4. Застосовуючи до кожного відрізка дане правило, отримуємо дві точки оптимума: M і N. Причому M – точка стійкого оптимума, N – нестійкого. Остаточно маємо: при загальному об'ємі коштів підприємства x в УМ слід вкладивати долю, що визначається з апроксимації реальних значень $\varphi(\alpha)$ та відповідну рівнянню $tg\ \alpha = \varphi_1$. Аналогічно можна вирішувати задачі визначення рівня запасів запасних частин за окремими видами та під організаціями. При цьому реальну точку $q*$ слід трохи зміщувати вліво, враховуючи системний характер впливу.

Висновки. Величина лівого зміщення не може бути визначена суворо з моделі. Для її знаходження необхідний облік ряда погано формалізованих факторів. Тому пошук $q*$ слід вести за допомогою діалогу особи, що приймає рішення, з імітаційною моделлю. Наведений аналітичний дослід дозволяє, по-перше, вивчити вплив q на систему, а по-друге, обрати точку для початкового наближення.