

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ РЯДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СРЕДСТВ АЭРОДРОМНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

А.В. Никифоров¹, А.Н. Гончаренко²

(¹Объединенный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил, Харьков,
²Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба,)

В статье рассматриваются научно-технические проблемы повышения эффективности системы обслуживания и ремонта машин.

эффективность системы обслуживания и ремонта машин

Введение. Эффективность использования технологического оборудования определяется его приспособленностью к техническому обслуживанию (ТО) машин, зависит от его соответствия технологии проведения профилактических и ремонтных операций, мощности и структуры аэродромно-технической службы, т.е. от того, насколько учтены требования, предъявляемые к оборудованию со стороны эксплуатации. В условиях ограниченных ресурсов эти требования обуславливают необходимость определения его рациональной номенклатуры, основой для определения которой являются оптимальные типоразмерные ряды.

Анализ литературы. Существующие методы формирования типоразмерных рядов базируются на построении исходного ряда на основе предпочтительных чисел, определения общей потребности в оборудовании [1, 2]. Однако такой подход не учитывает изменяющихся требований к параметрам оборудования со стороны машин и технологии выполнения работ по ТО и ремонту, изменения потребности в оборудовании разных типоразмеров, обусловленное, например, сложившейся структурой самолетов на аэродроме.

Постановка задачи. При поиске оптимальных проектных решений по данной проблеме необходимо в качестве критерия использовать целевую функцию, которая должна устанавливать количественные связи между уровнем достижения поставленной цели и факторами, влияющими на состояние рассматриваемой системы, т.е. необходимо выделить основные параметры, совокупность которых характеризует потребительские свойства оборудования в течение всего периода эксплуатации и выделив из них главный, можно провести оптимизацию параметрического ряда, а значения основных параметров вычислить по функциональным зависимостям.

Выбор критериев для оптимизации параметрических рядов оборудования. В качестве энергетических критериев целесообразно применять процент использования мощности двигателя N_1 и часовой расход топлива Q_4 :

$$N_1 = (0,0277(G_a \cdot \psi \cdot V_a + 0,077kF \cdot V_a)) / (N_{\max} \cdot \eta_{\text{мп}}) \cdot \%, \quad (1)$$

где G_a – вес автомобиля с оборудованием; H, ψ – коэффициент суммарного дорожного сопротивления; V_a – скорость автомобиля, км/ч; kF – фактор обтекаемости оборудования, $\text{Нм}^2/\text{с}^2$; N_{\max} – максимальная мощность двигателя; $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии;

$$Q_4 = g_e \cdot N_e = (0,03 \cdot V_h \cdot P_e \cdot n) / (H_H \cdot \eta_e), \quad (2)$$

где g_e – эффективный расход топлива, кг/(кВт·ч); N_e – коэффициент суммарного дорожного сопротивления; V_n – скорость автомобиля, км/ч; P_e – среднее эффективное давление, МПа; n – частота вращения коленвала, мин^{-1} ; H_H – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; η_e – коэффициент КПД.

Подставляя в формулу (2) выражение [1]

$$\eta_e \cdot n, P_e (\eta_e = P_e \cdot \eta_i / (P_c + P_n)); n = 2,65i_0 \cdot i_k \cdot V_a / r_k;$$

$$P_e = 12,56 \frac{r_k}{V_n \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_{\text{мп}}} \cdot (G_a \cdot \psi + 0,077kF \cdot V_a^2),$$

получаем после преобразований уравнение часового расхода топлива:

$$Q_4 = \frac{G_a \psi V_a + 0,0077 kF V_a^3}{H_H \eta_i \eta_{\text{мп}}} + \frac{0,08 V_h i_0 i_k V_a (a + 0,087 b S_n i_0 i_k V_a)}{H_H \eta_i r_k^2}, \quad (3)$$

где η_i – индикаторный КПД; i_0 – передаточное число главной передачи; i_k – среднее передаточное число коробки передач; a и b – постоянные для данного типа двигателя величины; S_n – ход поршня, м; r_k – радиус колеса, м.

Таким образом, часовой расход топлива позволяет сравнить различные параметрические ряды оборудования с учетом его конструктивных особенностей. Общую оценку типоразмерных рядов необходимо производить в суммарном выражении элементов каждого ряда.

Выбор варианта технологического модуля оборудования можно осуществить по коэффициенту полезного действия машины η_a определяется как

$$\eta_a = (100(G_a \cdot i + 0,077kF \cdot V_a^2 \pm 0,1\beta \cdot G_a \cdot j_a)) / (H_H \cdot \rho_T \cdot Q_a), \quad (4)$$

где i – продольный уклон дороги, %; β – коэффициент учета вращающихся масс; j_a – ускорение автомобиля, $\text{м}/\text{с}^2$; ρ_T – плотность топлива, $\text{г}/\text{см}^3$; Q_a – расход топлива автомобилем, л/100 км.

Сравнивать варианты технологических модулей по КПД автомобилей необходимо через его средневзвешенную величину.

Модели оптимизации типоразмерных рядов. Критерий оптимальности математически задается целевой функцией. Оптимизацию параметрического ряда технологического оборудования, используемого при ТО и ТР авиационной техники, можно представить в следующем виде:

$$Z = \sum_{i=1}^n (C_{O_i} + C_{Э_i} + C_{\text{ТО,ТР}_i}) \cdot P_i, \quad (5)$$

где n – количество типоразмеров в ряду; C_{O_i} – приведенная стоимость i -

го типоразмера оборудования, грн/год; $C_{Эi}$ – эксплуатационные затраты по i -му типоразмеру, грн/год; $C_{ТО,ТРi}$ – затраты на ТО и ремонт с использованием i -го типоразмера оборудования, грн/год; P_i – интервальная оценка вероятности возникновения потребности в i -м типоразмере:

$$P_i = x_i / X,$$

где x_i – годовой объем производства i -го типоразмера оборудования, ед./год; X – объем производства оборудования данного назначения, ед./год.

С учетом функциональных зависимостей составляющих уравнения (5) от параметров оборудования и серийности его изготовления с учетом [2] можно записать:

$$Z = \sum_{i=1}^n (C_0(U_i^t) \cdot f(N_{и} \cdot P_i) \cdot E_H + C_{ТО,ТР}(U_i^t)) \cdot P_i, \quad (6)$$

где $C_0(U_i^t)$, $C_Э(U_i^t)$, $C_{ТО,ТР}(U_i^t)$ – функциональные зависимости затрат, соответственно, на приобретение, эксплуатации и выполнение операций ТО и ТР авиационной техники от параметров оборудования; $f(N_{и} \cdot P_i)$ – функция, учитывающая серийность изготовления оборудования; E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Для определения P_i достаточно иметь данные по количеству самолетов, обслуживаемых j -м типоразмером оборудования. Ограничения по целевой функции (x_i – целое число):

$$X = \sum_{i=1}^n x_i; \quad x_i = \sum_{j \in I} K_n(U_j^t) \cdot \Pi_{ij}; \quad K_{nj} = K_n(U_j^t) \geq 0, \Pi \geq 0, \quad (7)$$

где $K_n(U_j^t)$ – функция корректирования элементов множества потребностей, в зависимости от значений главного параметра; Π_{ij} – потребность в j -м типоразмере оборудования, используемом вместо i -го, ед.

С учетом эффекта от использования технологического оборудования и затрат на производство и эксплуатацию параметрического ряда целевую функцию можно записать следующим образом:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{(t_c \cdot m_{pc} - t_n \cdot m_{pn}) \cdot (N_{Гi} - t_{0,ср} \cdot n_{Гi} \cdot K_{иi})}{t_c} \times r_p + (t_c - t_n) \cdot N_{Гi} \cdot \alpha \cdot R - \left[\frac{C_{ni} \cdot t_{ni}}{T \cdot N_{и}} + \right. \right. \\ \left. \left. + (C'(\Lambda, \lambda_i) \cdot \Pi(\Lambda, \lambda_i)) \times (d+1) - \frac{t_{M_i} \cdot m \cdot M^r M}{t_c} - \sum_{j=1}^k t_{pj} \cdot r_0 - N_{Эi} \cdot \Phi_{oi} \cdot k_{ui} \cdot C_{эл} \right] \right\},$$

где Π – прибыль от использования оборудования, грн; t_c, t_n, m_{pc}, m_{pn} – соответственно нормы времени в ч на выполнение данной операции ТО или ТР и число ремонтных рабочих при существующем оборудовании (или ручном способе) и с использованием предлагаемого i -го типоразмера оборудования,

чел; $N_{Гi}$ – годовой объем работ, выполняемый i -м типоразмером оборудования, количество воздействий; $t_{o,cp}$ – среднее время устранения отказа, ч; $n_{Гi}$ – количество отказов за год для i -го типоразмера, ед; K_{ni} – коэффициент использования оборудования; r_p, r_M, r_o – тарифные ставки соответственно ремонтного рабочего, вспомогательного рабочего по монтажу оборудования и рабочего по обслуживанию и ремонту оборудования. грн/чел.-ч; A – коэффициент, учитывающий возможное использование отремонтированных самолетов; R – прибыль на один самолето-час работы, грн/ч; C_{ni} – стоимость одного часа проектирования, грн/ч; t_{ni} – время проектирования i -го типоразмера, ч; T – продолжительность периода производства данного типоразмера, лет; N_u – серийность выпуска изделий одного типоразмера, ед./год; $C'(\Lambda, \lambda_i)$ – приведенная стоимость оборудования с параметром λ_i при выбранном ряде Λ , грн.; $P'(\Lambda, \lambda_i)$ – скорректированная потребность в ежегодном производстве оборудования с параметром λ_i при выбранном ряде Λ ; d – норма амортизационных отчислений; t_{Mi} – норма времени на монтаж i -го типоразмера оборудования, ч; m_M – количество вспомогательных рабочих, занятых на монтаже оборудования, чел.; τ_c – срок службы оборудования, лет; t_{pi} – трудоемкость работ по обслуживанию и ремонту i -го типоразмера оборудования, чел.-ч; N_{3i} – потребляемая мощность электродвигателя, кВт; Φ_{oi} – годовой фонд времени оборудования, ч; $C_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, грн/кВт-ч.

Вывод. На основе выполненных теоретических исследований и машинного эксперимента может быть разработана методика оптимизации типоразмерных рядов технологического оборудования с учетом разномарочности авиационной техники аэродромов и ресурсных ограничений. Реализация полученной модели на ЭВМ позволит сформировать оптимизированные ряды соответствующих видов оборудования. При рассмотрении нескольких вариантов оптимизации можно выбрать значения параметров типоразмеров, рекомендуемых к выпуску, и объемы их производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Говорушенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). – Х.: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
2. Асеев С.А. Разработка методических принципов формирования типоразмерных рядов технологического оборудования для постовых работ: Автореф. дис... канд. тех. наук: 05.22.10 / МАДИ. – М., 1987. – 19 с.

Поступила 28.02.2006

Рецензент: доктор технических наук, ст. научный сотрудник О.Б. Леонтьев,
Объединенный научно-исследовательский институт ВС Украины, Харьков.