

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

А.В. Никифоров<sup>1</sup>, А.Н. Гончаренко<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Объединенный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил, Харьков,

<sup>2</sup>Харьковский 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  $Q_4$ :

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

где  $G_a$  – вес автомобиля с оборудованием;  $H, \psi$  – 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;  $\eta_{\text{тп}}$  – 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,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $H_H$  – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг;  $\eta_e$  – коэффициент КПД.

Подставляя в формулу (2) выражение [1]

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

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

получаем после преобразований уравнение часового расхода топлива:

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

где  $\eta_i$  – 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  $\eta_a$  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, %;  $\beta$  – коэффициент учета вращающихся масс;  $j_a$  – ускорение автомобиля,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $\rho_T$  – 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;  $\Pi_{ij}$  – 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:

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

где  $\Pi$  – 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  $\lambda_i$  при выбранном ряде  $\Lambda$ , грн.;  $P'(\Lambda, \lambda_i)$  – скорректированная потребность в ежегодном производстве оборудования с параметром  $\lambda_i$  при выбранном ряде  $\Lambda$ ;  $d$  – норма амортизационных отчислений;  $t_{Mi}$  – норма времени на монтаж  $i$ -го типоразмера оборудования, ч;  $m_M$  – количество вспомогательных рабочих, занятых на монтаже оборудования, чел.;  $\tau_c$  – срок службы оборудования, лет;  $t_{pi}$  – трудоемкость работ по обслуживанию и ремонту  $i$ -го типоразмера оборудования, чел.-ч;  $N_{3i}$  – потребляемая мощность электродвигателя, кВт;  $\Phi_{oi}$  – 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.