

УДК 631.3.004.67

В. С. МИЛЕНЬКИЙ, кандидат технических наук, БелНИИТ «Транстехника», г. Минск; П. Е. КРУГЛЫЙ, кандидат технических наук, Белорусский государственный аграрно-технический университет, г. Минск; С. П. КРУГЛЫЙ, ведущий инженер ОАО «Минскгрузавтотранс»

## К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗЕРВА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Приведена методика оптимизации резерва составных частей автомобилей для обеспечения их работоспособности. Результаты оптимизации резерва составных частей проиллюстрированы на примере некоторых агрегатов автомобиля.

Система обеспечения автомобилей резервными составными частями может рассматриваться как система массового обслуживания с ограниченным входящим потоком требований и с ожиданием в соответствии [1–3]. При этом обслуживающие аппараты – резервные составные части, например, запасные агрегаты, которые обслуживает одновременно одно требование – отказавший автомобиль. Если в момент поступления в систему требования (отказавшего автомобиля) имеется хотя бы один запасной агрегат, то немедленно начинается обслуживание. Оно продолжается до тех пор, пока на склад вместо выданного исправного агрегата не поступит новый или отремонтированный.

Таким образом, под временем обслуживания здесь понимается время оборота агрегата (время от момента выдачи агрегата со склада до момента поступления вместо него нового или отремонтированного). Экспериментальные исследования показали, что это время распределено экспоненциально. Поток требований, поступающих в систему, есть поток отказов  $i$ -х агрегатов, требующих их замены, с параметром  $\lambda_i$ . Среднее число отказавших автомобилей, ожидающих замены агрегатов при их отсутствии,

$$m_1 = \frac{\sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m!\alpha^k}{n^{k-n}n!(m-k)!}}{\sum_{k=0}^m \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m!\alpha^k}{n^{k-n}n!(m-k)!}}, \quad (1)$$

где  $\alpha = \frac{\lambda_i}{v_i}$ ,  $v_i = \frac{1}{t_{io}}$ ,  $t_{io}$  – время от момента выдачи  $i$ -го агрегата со склада до момента поступления вместо него нового или отремонтированного.

Среднее количество агрегатов на складе

$$m_3 = \frac{\sum_{k=0}^n \frac{(k-n)m!\alpha^k}{k!(m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m!\alpha^k}{n^{k-n}n!(m-k)!}}. \quad (2)$$

Тогда коэффициент простоя автомобиля из-за отсутствия запасного агрегата

$$k_{пр. маш} = \frac{\frac{(m-1)!}{n!} \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m!\alpha^k}{n^{k-n}(n-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m!\alpha^k}{n^{k-n}n!(m-k)!}}. \quad (3)$$

Из зависимости (2) получаем коэффициент простоя

**V. S. Milenky, P. E. Krugly, S. P. Krugly.** Optimization of the reserve components to ensure car incapacity. The method of optimization of composite parts for automobiles incapacity is described. Optimization results of the reserve components are illustrated for some car units.

стоя запасного агрегата

$$k_{пр. арп.} = \frac{\sum_{k=0}^n \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} - \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{m!\alpha^k}{(k-1)!(m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m!\alpha^k}{n^{k-n}n!(m-k)!}}. \quad (4)$$

Таким образом, функционал оптимизации резерва составных частей с учетом ущерба от простоя автомобилей из-за отсутствия запасных агрегатов, а также издержек от хранения запаса, отнесенных к одному автомобилю, имеет вид

$$\Gamma_a(m, n_1) = \frac{C_m(1+y_0) \frac{(m-1)!}{n_1!} \sum_{k=n_1+1}^m \frac{(k-n_1)\alpha^k}{n_1^{k-n_1}(n_1-k)!} + C_a \sum_{k=0}^{n_1} \frac{(n_1-k)(m-1)!\alpha^k}{k!(m-k)!}}{\sum_{k=0}^{n_1} \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n_1+1}^m \frac{m!\alpha^k}{n_1^{k-n_1}n_1!(m-k)!}}, \quad (5)$$

где  $C_m$  – ущерб от простоя автомобиля и водителя;  $y_0$  – коэффициент, учитывающий потери от простоя сопряженных средств механизации в долях от стоимости простоя автомобилей;  $m$  – парк автомобилей;  $n_1$  – количество запасных агрегатов;  $\lambda_i$  – параметр потока отказов, требующих замены  $i$ -го агрегата;  $t_{io}$  – время оборота  $i$ -го агрегата;  $C_a$  – стоимость хранения одного агрегата на складе, отнесенная к одному часу работы автомобиля.

Результаты оптимизации резерва составных частей автомобилей показали, что на 100 автомобилей необходимо иметь в резерве 5 двигателей, 4 коробки передач в сборе, 3 моста задних в сборе, 3 сцепления в сборе, 2 коробки раздаточные (для автомобилей с передним ведущим мостом).

Необходимо отметить, что отношение оптимального резерва агрегатов к величине парка автомобилей с увеличением последнего уменьшается. С возрастанием числа автомобилей в парке удельные затраты  $\gamma_a(m, n_1)$  также снижаются.

### Список литературы

- 1 Кофман, А. Массовое обслуживание. Теория и приложения / А. Кофман, Р. Крюон. – М. : Мир, 1985. – 302 с.
- 2 Прабху, Н. Методы теории массового обслуживания и управления запасами / Н. Прабху. – М. : Машиностроение, 1989. – 297 с.
- 3 Миленский, В. С. К вопросу оптимизации транспортного хозяйства ремонтно-обслуживающего предприятия / В. С. Миленский, П. Е. Круглый, С. П. Круглый // Проблемы транспорта : сб. тр. / Междунар. акад. трансп. Северо-Западный гос. техн. ун-т. – СПб., 2009.