

ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

Б. Е. САФАРОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО НОРМАТИВА
ПЕРИОДИЧЕСКИ ПОПОЛНЯЕМЫХ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

Одним из важных направлений повышения эксплуатационной надежности обслуживаемых технических средств (ТС) является разработка научно обоснованных методов обеспечения ТС необходимым количеством запасных частей (ЗЧ) в процессе их функционирования.

Как показали исследования, если в экономико-математической модели издержки содержания запаса склада определять не по начальному, а по среднему запасу за плановый период, то кривые оптимального норматива запаса имеют характер прямых линий, пересекающихся в одной точке. Это обстоятельство позволяет получить достаточно точное аналитическое выражение этих прямых, которое можно использовать при решении некоторых задач оптимального управления ЗЧ.

Рассмотрим получение указанной формулы. Так же, как и в [1], примем, что на начало планового периода (года) региональный склад обеспечивается определенным комплектом ЗЧ для обслуживания ТС по вызову (аварийного обслуживания). Периодически в плановом порядке запас склада по каждой i -й номенклатурной позиции ЗЧ пополняется до первоначального уровня x_{0i} .

Потребность ТС в данной ЗЧ удовлетворяется за счет наличного запаса склада. Если нужной ЗЧ на складе нет, то подается экстренная (аварийная) заявка складу вышестоящего уровня, в результате чего ЗЧ через фиксированный интервал времени доставляется к ТС. За время экстренной поставки ТС простаивает. Предполагается, что требования на выдачу со склада ЗЧ каждого i -го типа образуют простейший (пуассоновский) поток с интенсивностью λ_i требований в год от одного ТС.

Суммарные годовые издержки для i -го типа ЗЧ выразим в виде:

$$H_i = H_i^1 + H_i^2 + H_i^3 + H_i^4, \quad (1)$$

где H_i^1 , H_i^2 , H_i^3 — годовые затраты на хранение, экстренные поставки и плановое пополнение запасных частей, а H_i^4 — издержки, вызванные простоем ТС из-за отсутствия ЗЧ.

Слагаемые выражения (1) представим в виде [1, 2]:

$$H_i^1 = \beta C_i E\{x_{\text{ср}i}\}; \quad H_i^2 = \alpha_i D(x_{\text{эл}});$$

$$H_i^3 = \frac{1}{t_{\text{пл}}} \theta_i; \quad H_i^4 = \kappa \tau_i D(x_{\text{эл}}),$$

где $\beta = 0,15$ — коэффициент удельных затрат хранения запаса в течение года; C_i — стоимость одной ЗЧ, руб.; α_i — стоимость одной экстренной поставки, руб.; $E\{x_{\text{ср}i}\}$ — ожидаемое среднегодовое количество ЗЧ на складе; $D(x_{\text{эл}})$ — ожидаемое число экстренных поставок за год; θ_i — затраты одной плановой поставки ЗЧ, руб.; κ — ущерб, вызванный простоем одного ТС за единицу времени, руб./ч; $t_{\text{пл}}$ — период планового пополнения, в долях года; τ_i — время одной экстренной поставки, ч.

Согласно [2] можно записать:

$$E\{x_{\text{ср}i}\} = x_{\text{эл}} - \frac{1}{2} E\{x_{\text{y,и}}\} t_{\text{эл}};$$

$$D(x_{\text{эл}}) = \Lambda_i - E\{x_{\text{y,и}}\},$$

где $E\{x_{\text{y,и}}\}$ — ожидаемое число немедленно удовлетворяемых складом за год требований, а $\Lambda_i = \lambda_i \cdot N$ — ожидаемое число требований за год на выдачу со склада ЗЧ i -го типа для обслуживания N единиц ТС.

Выражение для параметра $E\{x_{\text{y,и}}\}$ согласно [2] имеет вид:

$$E\{x_{\text{y,и}}\} = \begin{cases} 0 & \text{при } x_{\text{эл}} = 0; \\ \Lambda_i P_{x_{\text{эл}}} - 1 + \frac{1}{t_{\text{эл}}} x_{\text{эл}} (1 - P_{x_{\text{эл}}}) & \text{при } x_{\text{эл}} > 0, \end{cases}$$

где

$$P_{x_{\text{эл}}} = \sum_{r=0}^{x_{\text{эл}}} \frac{a_i^r}{r!} e^{-a_i}; \quad a_i = \Lambda_i t_{\text{эл}}.$$

Задача сводится к нахождению оптимальных значений $x_{\text{эл}}^*, M_i$, соответствующих минимуму суммарных издержек системы по всем типам ЗЧ ($i = 1 - n$):

$$H = \sum_{i=1}^n H_i. \quad (2)$$

Минимизация сепарабельной функции (2) эквивалентна минимизации H_i по выражению (1). По аналогии с [1, 2] нетрудно показать, что выражение (1) по параметру $x_{\text{эл}}$ есть вогнутая унимодальная

функция. Для нахождения значения аргумента x_{ni}^0 , соответствующего минимуму функции I_i , определим

$$\begin{cases} I_{x_{ni}+1} - I_{x_{ni}} \geq 0, \\ I_{x_{ni}} - I_{x_{ni}-1} \leq 0. \end{cases} \quad (3)$$

Подставляя в (3) соответствующие ранее полученные выражения, условие получения значения x_{ni}^0 примет вид

$$P_{x_{ni}^0-1} \leq 1 - \frac{\beta}{B_i} \leq P_{x_{ni}^0}, \quad (4)$$

где

$$B_i = \frac{1}{2}\beta + \frac{a_i + \chi^2_i}{C_i}. \quad (5)$$

Используя табличные значения распределения вероятностей Пуассона из [3], построим графическую зависимость $x_{ni}(a_i, B_i)$ по аналогии с [1]. Для этого, задаваясь определенными значениями x_{ni} и a_i , по выражению (4) находят соответствующие значения B_i .

Полученную графическую зависимость удобно представить в логарифмических координатах, в виде семейства кривых (рис.) граничных значений оптимального норматива ЗЧ (индекс i у параметров на рисунке опущен). Эти кривые на определенном участке можно достаточно точно аппроксимировать прямыми, пересекающимися в одной точке. Полученный набор прямых аналитически выражается формулой

$$x_{ni} = \frac{1,4 + 1,87 (\lg a_i + \lg B_i)}{1 - \lg a_i}. \quad (6)$$

Получаемое по (6) расчетное значение x_{ni} следует округлять до ближайшего большего целого числа для получения оптимального значения x_{ni}^0 .

Формула (6) позволяет получать достаточно точные результаты, сопоставимые с достоверностью исходных данных, для значений $0,15 < B_i < 12$ и $0,15 < a_i < 7$. Для иных значений B_i и a_i следует пользоваться другими методами расчета.

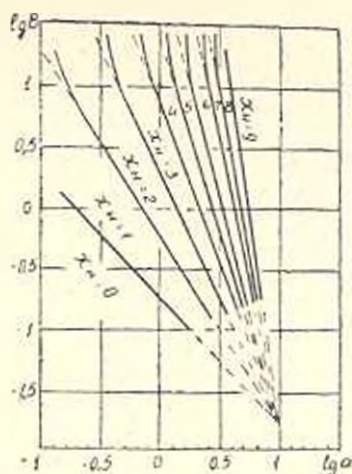


Рис. График определения оптимального норматива запаса.

ՊԱՐԲԵՐԱՐԱՐ ԼՐԱՑՎՈՂ ՊԱՀԵՍԱՄԱՐԱՆԻՆԻ ՈՊՏԻՄԱԼ
ՆՈՐՄԱՑՈՒՅՑԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բերված է տարրեր տեխնիկական սարքերի տեխնիկական պատարկման համար պահեստամասերի օպտիմալ նորմացույցի որոշման բանաձևի ստացումը: Բանաձևը ճիշտ է ուղիղունալ պահեստի պաշարների պարբերաբար լրացման դեպքում և համապատասխանում է «տեխնիկական միջոցներ-պահեստամասեր» համակարգի գումարային նվազագույն ծախսերին: Պահեստի պաշարի պահպանման ծախսերը որոշված են ըստ պաշարի միջին բանակի պլանային ժամանակամիջոցի համար: Լեշտատանքում ստացված պաշարի օպտիմալ նորմացույցի կորերը ունեն մոտավորապես ուղիղ գծերի տեսք և արտահայտված են հասարակ վերլուծական բանաձևով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сафаров Б. Е. Нормограммы оптимальных нормативов на запасные части при периодическом пополнении запасов региональных складов.— Надежность и контроль качества, 1985, № 2, с. 3—10.
2. Сафаров Б. Е. Основные показатели функционирования системы обеспечения запасными частями в модели периодического пополнения запасов регионального склада.— Вопросы радиоэлектроники, 1982, сер. ЭВТ, вып. 15, с. 140—149.
3. Нюллер П., Шторм Р., Ноймак П. Таблицы по математической статистике.— М.: Финансы и статистика, 1982.— 278 с.