

УДК 621.3.019.3 (575.2) (04)

## ОБОСНОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

*И.О. Фролов* – канд. техн. наук, доц.

*Г.М. Садыков* – канд. техн. наук, доц.

*Ю.Н. Мальчик* – канд. техн. наук, доц.

The generalized constructive parameters which have allowed to prove integrated criterion of an estimation of maintainability, quality of complexity of the machines's repairs and service, were offered on the basis of theoretical and experimental researches.

Надежность технических средств определяют по показателям, оценить которые во многих случаях затруднительно. Обоснование обобщенных интегральных критериев позволяет решить эту проблему [1]. В частности, для оценки интегрального критерия ремонтнопригодности предлагается использовать качество сложности работ (КСР), выполняемых при техническом обслуживании и ремонте (ТО и Р). На основании анализа значимости конструктивных абсолютных и относительных показателей предложено ввести [2, 3] обобщенные конструктивные показатели: коэффициент относительной сложности разборочно-сборочных работ  $K_{сб}$ , коэффициент относительной сложности слесарно-механических работ  $K_{см}$ , коэффициент относительной сложности восстановления деталей  $K_{св}$ .

$$K_{сб} = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} n_{gi}}{n_{го}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_0} n_{gyi}}{n_{gyo}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_0} n_{ki}}{n_{ко}}, \quad (1)$$

где  $n_{го}$ ,  $n_{gyo}$ ,  $n_{ко}$  – соответственно общее число деталей агрегата, общее число деталей узла, общее число крепежных деталей;  $n_{gi}$ ,  $n_{gyi}$ ,  $n_{ki}$  – соответственно количество деталей, подвергаемых разборке и сборке при  $i$ -1 операции по устранению отказа, количество деталей узла, подвергаемого разборке и сборке при выполнении  $i$ -й операции, количество крепежных

деталей при выполнении  $i$ -й операции;  $n_0$  – количество операций при устранении отказа или проведении технического обслуживания.

Зависимость (1) может быть использована для определения сложности разборочно-сборочных работ не только при устранении отказа, но и при выполнении работ по техническому обслуживанию.

Для оценки сложности слесарно-механических работ предлагается зависимость

$$K_{см} = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} n_{pi}}{n_{по}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_0} n_{ni}}{n_{но}} + \frac{\sum_{i=1}^{n_0} n_{phi}}{n_{фо}}, \quad (2)$$

где  $n_{pi}$ ,  $n_{ni}$ ,  $n_{phi}$  – соответственно количество типоразмеров резьбовых деталей, подвергаемых разборочно-сборочным работам при  $i$ -й операции, количество повреждаемых деталей при  $i$ -й операции, количество фиксаторов в агрегатах при выполнении  $i$ -й операции;  $n_{по}$ ,  $n_{но}$ ,  $n_{фо}$  – соответственно общее количество типоразмеров резьбовых деталей, общее количество повреждаемых деталей в агрегате, общее количество фиксаторов в узлах обслуживаемых или ремонтируемых агрегатов. При замене деталей наиболее трудоемким процессом являются работы по замене отказавших крепежных деталей, фиксаторов и повреждаемых деталей.

При оценке сложности процесса восстановления и изготовления деталей и узлов предлагается зависимость:

$$K_{cv} = \frac{K_{pui}}{K_p} + \left(1 - \frac{K_{ni}}{K_{mo}}\right) + \frac{\sum_{i=1}^n n_{koi}}{n_{об}}, \quad (3)$$

где  $K_{pui}$  – средний разряд выполняемых работ при  $i$ -й операции,  $K_p$  – количество основных разрядов работ, для существующей системы нормирования  $K_p=6$ ,  $K_{ni}$  – средний квалитет сложности обрабатываемых деталей при восстановлении или изготовлении,  $K_{то}$  – число основных квалитетов точности согласно [1],  $K_{то}=17$ ,  $n_{об}$  – общее количество наименований оборудования, участвующих в данной системе ТО и Р,  $n_{noi}$  – количество наименований оборудования, участвующих в данном технологическом процессе восстановления или изготовления детали.

Зависимость (3) представлена в виде обобщенного технологического показателя и может быть использована для сравнительной оценки сложности работ при проведении технического обслуживания, а также при восстановлении и изготовлении деталей. Применение обобщенных показателей позволяет производить оценку сложности отдельных видов технологических работ ТО и Р. Но они не позволяют выявить общую закономерность изменения сложности работ от наработки и от условий эксплуатации технических средств. Определение интегрального критерия ремонтпригодности в виде квалитета сложности ТО и Р даст возможность учесть взаимосвязь основных конструктивных, технологических и обобщенных показателей. Для разработки методики по обоснованию КСР необходимо провести экспериментальный анализ выбранных показателей для наиболее сложного и наименее надежного агрегата. В качестве примера была рассмотрена конструкция аксиально-поршневого насоса, его условия эксплуатации и технологические особенности. Для обоснования интегрального критерия КСР были проведены экспериментальные исследования по определению 19 конструктивных, технологических и обобщенных показателей.

Более тяжелые условия эксплуатации в высокогорной местности оказывают значи-

тельное влияние на снижение ресурса насосов и при меньшей наработке соответствуют большему квалитету сложности работ. Для получения теоретической зависимости его изменения от наработки можно использовать уравнения марковского процесса [4] вида

$$P_i(t) = P_j - V_j P_j(t) + V_{j-1} P_{j-1}(t) \quad (4)$$

при  $j = 0, 1, 2, 3$ , где  $j$  – состояние агрегата при начальных условиях  $t_0 = 0$ ,  $P_j(t) = P_j$ .

Система уравнений вида (4) решается с помощью преобразований Лапласа:

$$P_0 t = P_0 \cdot e^{-V_0 t},$$

$$P_1(t) = \left[ \frac{V_0 P_0}{V_1 - V_0} + \left( P_1 - \frac{V_0 P_0}{V_1 - V_0} \right) \right] e^{-V_1 t},$$

$$P_{02}(t) = \frac{V_0 \cdot V_1 \cdot P_0}{(V_1 - V_0)(V_2 - V_0)}, \quad (5)$$

$$P_{12}(t) = \left[ \frac{V_1 P_1}{V_2 - V_1} + \frac{V_0 \cdot V_1 \cdot P_0}{(V_0 - V_1)(V_2 - V_1)} \right] e^{-V_2 t},$$

$$P_{22}(t) = \left[ P_2 + \frac{V_1 P_1}{V_2 - V_1} + \frac{V_0 \cdot V_1 \cdot P_0}{(V_0 - V_2)(V_1 - V_2)} \right] e^{-V_2 t},$$

$$P_2(t) = P_{02}(t) + P_{12}(t) + P_{22}(t).$$

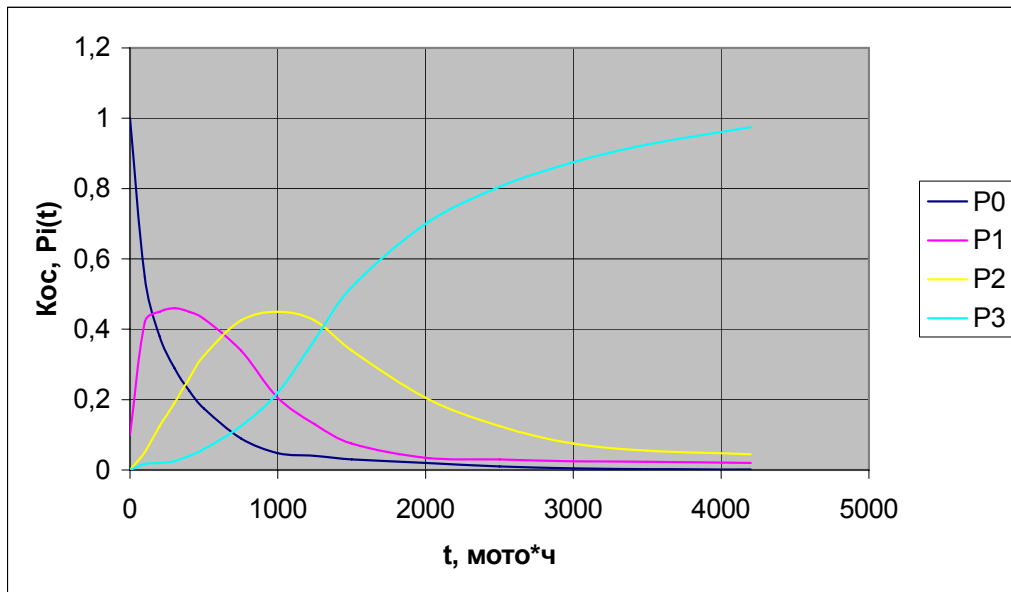
Вероятность технического состояния агрегатов  $P_3(t)$  определяется по суммарной характеристике

$$P_3(t) = 1 - \sum_{i=0}^{n=2} P_i(t) = 1 - [P_0(t) + P_1(t) + P_2(t)]. \quad (6)$$

Вероятность  $P_3(t)$  характеризует относительный квалитет сложности (ТОиР), поэтому  $K_{co}(t) = P_3(t)$ . В уравнение (6) подставляем составляющие (5) и приводим его к общему виду

$$P_3(t) = K_{co}(t) = 1 - \sum_{i=0}^{n=2} a_i e^{-V_i t} = 1 - (a_0 e^{-V_0 t} + a_1 e^{-V_1 t} + a_2 e^{-V_2 t}). \quad (7)$$

Постоянные коэффициенты  $a_0, a_1$  и  $a_2$  определяем путем алгебраических преобразований и решением системы уравнений (5). Для начальных условий при  $t = 0$ ,  $P_0 = 1$ ,  $P_1 = P_2 = P_3 = 0$  производим квантования по характерным точкам экспериментальной кривой, при  $t_0 = 240$  мото·ч.,  $t_1 = 500$ ,  $t_2 = 10000$  мото·ч., определяем интенсивности перехода уровней наработки и вероятности состояний (см. рисунок).



Зависимости изменения относительного качества сложности и вероятности состояния насоса 223.25.01.00 от времени эксплуатации.

Из рисунка видно, что зависимость P3 является результирующей характеристикой, определяющей экспоненциальный характер изменения сложности работ при ТО и Р.

$$a_0 = P_0 \left[ 1 + \frac{V_0}{V_1 - V_0} + \frac{V_0 V_1}{(V_1 - V_0)(V_2 - V_0)} \right];$$

$$a_1 = P_0 \left[ \frac{V_0}{V_0 - V_1} + \frac{V_0 V_1}{(V_0 - V_1)(V_2 - V_1)} \right] + P_1 \left( 1 + \frac{V_1}{V_2 - V_1} \right);$$

$$a_2 = P_0 \frac{V_0 V_1}{(V_0 - V_2)(V_1 - V_2)} + P_1 \frac{V_1}{V_1 - V_2} + P_2.$$

$$V_0 = \frac{1}{t_0} = 0,00417; \quad V_1 = \frac{1}{t_1} = 0,002; \quad V_2 = \frac{1}{t_2} = 0,001.$$

Полученная математическая модель определения относительного качества сложности ТО и Р реализована на ПК и имеет вид.

$$K_{co}(t) = [1 - (0,292e^{-4,117 \cdot 10^{-2} t} - 1,922e^{-0,2 \cdot 10^{-2} t} + 2,618e^{-0,1 \cdot 10^{-2} t})]. \quad (8)$$

Проверка адекватности полученной теоретической зависимости  $K_{cot}$  и опытным данным

$K_{co}$  была проведена по критерию Пирсона. По табл.19.5.4 [4] определена квантиль  $\chi^2$  – распределения для доверительной вероятности  $p_\alpha = 0,99$  и  $r = 8$ ,  $\chi^2(p_\alpha; r) = 1,646$ . Адекватность полученной зависимости подтверждает неравенство  $\chi^2 < \chi^2(p_\alpha; r)$ ;  $0,98 < 1,646$ .

#### Литература

1. Единая система допусков и посадок ПО СТ СЭВ 145-75. – 235.
2. Фролов И.О., Усупбаев А.И. Обоснование качественных критериев сложности выполняемых работ при техническом обслуживании и ремонте СДМ // Сб. научн. тр. – Бишкек: КГУСТА, 1996. – С. 45–51.
3. Фролов И.О. Повышение эффективности эксплуатации строительных машин в условиях высокогорья и жаркого климата. – Бишкек: Издательский дом “Кыргызстан”, 2001. – 130 с.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Мир, 1973. – 831 с.