

7. Предусмотреть в типовых структурах машиностроительных министерств отделы технического обслуживания, ремонта и модернизации выпускаемой техники с созданием соответствующих органов управления и научного обеспечения в стране.

Меры по развитию фирменного ремонта не должны быть самоцелью. Они должны строиться с учетом общего, системного решения проблемы улучшения ремонтного дела, в их взаимосвязи, экономической и технической взаимозависимости, в совокупности с развитием специализированного ремонта вообще.

В работе специально не сделаны ссылки на особенности организации ремонта электротехнического оборудования, так как применительно к рассматриваемому кругу вопросов они не носят принципиального значения. И в то же время указанные организационно-технические предпосылки должны в первую очередь учитываться при рассмотрении механизма развития фирменного ремонта любых типов оборудования и техники, тем более общетраслевого применения.

---

В.В. ФУФАЕВ, В.И. ТОКОЧАКОВ

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ МНОЖЕСТВА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА

В новых условиях хозяйствования резкое повышение эффективности электроремонтного производства может быть обеспечено при условии использования объективных системных закономерностей функционирования множества электрооборудования (ЭО), эксплуатируемого в системах типа "промышленное предприятие" [1].

Основной причиной низкой эффективности ремонтных работ является большое разнообразие эксплуатируемого на промышленных предприятиях ЭО. Установлено, что множество ЭО любого цеха, производства, предприятия независимо от отраслевой и территориальной принадлежности описывается устойчивым видовым распределением, являющимся формализацией разнообразия ЭО.

В таблице в качестве примера приведено видовое распределение электрических двигателей (ЭД) одного из цехов промышленного предприятия, где К - номер касты - группы видов, представленных одина-

ковым количеством ЭД;  $i$  - количество ЭД;  $w(i)$  - число видов, представленных  $i$  двигателями;  $\sum w(i)$  - количество ЭД касты;  
 $S = \sum w(i) = 27$  - общее число видов;  $U = \sum i \cdot w(i) = 126$  - общее количество ЭД выборки.

Видовое распределение электрических двигателей

к	i	w(i)	iw(i)	Характеристика вида
1	1	10	10	0,4 АОЛ; 0,9 АОЛ; 1,5 АО2; 3,0 АС; 4,0 А; 5,5 4А; 15 ЕДВ; 22 А; 28 А; 50 АО.
2	2	6	12	0,18 ПА; 0,37 4А; 1,0 П; 4,0 БА0; 7,5 АО2; 11 4А.
3	3	3	9	0,12 ПА; 0,25 4А; 5,5 МКС.
4	4	2	8	1,1 АОП; 13 А2.
5	6	1	6	1,7 ДТ.
6	8	1	8	4,0 Д.
7	13	1	13	4,5 А.
8	16	1	16	7,5 4А.
9	18	1	18	2,2 А.
10	26	1	26	1,1 АОЛ.
Всего		27	126	

Известно, что трудоемкость ремонта ЭД зависит от величины однородной партии:  $T = T_1 / x^\beta$ , где  $T_1$  - трудоемкость ремонта первого ЭД партии, чел-ч;  $x$  - величина партии, шт.;  $\beta$  - показатель интенсивности технологического процесса электроремонтных работ, определяющий величину снижения удельной трудоемкости работ на каждый последующий одинаковый ЭД в партии, экспертно  $\beta=0,01-0,45$ .

Тогда системная оценка суммарной трудоемкости ремонтных работ как функция разнообразия множества ЭД формализуется выражением:

$$T_c = \sum T_1 i^{-\beta} w(i) = T_{cp} \sum i^{-\beta} w(i) \quad (1)$$

где  $T_{cp}$  - трудоемкость ремонта ЭД средней мощности, чел-ч;  $T$  - коэффициент, учитывающий процентное содержание ЭД различных категорий сложности;  $k$ ,  $i$ ,  $w(i)$  - параметры видового распределения.

Поскольку в видовых распределениях устойчиво существуют многочисленные виды (до 60% всего множества), то трудоемкость, определенная по формуле (1), как правило, меньше трудоемкости, определенной без учета снижения удельной трудоемкости в однородных партиях, т.е. при  $\beta = 0$ . Отношение  $N_T = (\sum i^{-\beta} w(i)) / (\sum w(i))$  отражает напряженность выполнения электроремонтных работ. Увели-

чение при  $\beta = \text{const}$  разнообразия номенклатуры ремонтируемых ЭД приближает его значение к единице.

Величина показателя резерва повышения эффективности электро-ремонтного производства, скрытого в структуре множества ремонтируемого электрооборудования

$$Z_H = (1 - H_T) 100, \% \quad (2)$$

в среднем для более 400 выборочных обследований ЭО составила для установленного 35%, ремонтируемого за год 27%, шесть месяцев 20%, квартал 14%, месяц 8%. Являясь оценкой оптимальности построения структуры видового распределения по критерию затрат на электроремонт, показатель (2) отражает величину возможного снижения трудоемкости выполнения ремонтных работ при данном построении видовой структуры множества ЭО. Знание структуры позволяет организовать для многочисленных видов (массовых) ЭД ремонт партиями и снизить его трудоемкость на величину  $Z_H$ .

Наиболее эффективна организация ремонта партиями на основе создания централизованного по предприятию обменного фонда. По оценкам, доля ЭД в стране, ожидающих ремонта и резервных, примерно соответствует количеству ежегодно ремонтируемых. Этот огромный резерв, хранящийся децентрализованно по производственным цехам, должен служить источником создания обменного фонда для часто встречающихся видов. ЭД редких (уникальных) видов и ответственных механизмов (виды  $W(i)$  при малом  $i$ ) должны находиться в резерве по месту установки основных агрегатов в производственных цехах. Обследования и расчеты показывают, что централизованный обменный фонд охватит 10% всех установленных видов ЭД.

Существование равнооптимальных пределов периодичности ремонта каждого ЭД, которые формализованы, например, в литературе [2], можно использовать для сдвига сроков план-графика планово-предупредительных ремонтов (ПГ ППР) с целью снижения числа малочисленных при одновременном увеличении количества ЭД многочисленных видов. Эффективность такого управления реализуется в увеличении резерва (2).

Практически задача сводится к оптимизации структуры ПГ ППР, представляемого в виде матрицы:

$$B = \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{vmatrix} \quad (3)$$

Число строк матрицы  $m$  соответствует количеству ЭД, намечаемых к ППР в рассматриваемом периоде, разбитом на  $n$  временных интервалов, которым соответствуют столбцы матрицы.

Элементы матрицы определены следующим образом:  $b_{in} = r$ , если у  $i$ -го ЭД, являющегося  $r$ -м видом ( $r = 1, 2, \dots, S$ ).

значение межремонтного периода из диапазона оптимальных значений периодичности проведения ремонта совпадает с  $n$ -м временным интервалом;  $\delta_{\text{ин}} = 0$ , если у  $u$ -го ЭД диапазон оптимальных значений периодичности не совпадает с планируемыми сроками ремонта. Очевидно, что  $u > 5$ . В каждый  $n$ -й период может быть отремонтировано определенное равное количество ЭД -  $K$  при общем количестве  $U = kn$ .

Матрица оптимизируется по условию, что среди  $K$  ЭД, одновременно выводимых в ремонт, число видов будет минимальным. Когда программа ремонта значительна (1-10 тыс/год), оптимизация разнообразия выводимых в ремонт ЭД позволяет при организации ремонта партиями повысить производительность труда и снизить затраты на ремонт. Машинное моделирование определило, что оптимизация по минимуму разнообразия годовых ПГ ППР ЭД позволяет достигнуть снижения трудоемкости электроремонтных работ на 18-20%.

Одно из главных применений видовых распределений заключается в использовании их для управления структурой множества установленных ЭД воздействием в направлении снижения разнообразия при проектировании, техническом перевооружении, заказе, замене, поставках.

При выборе ЭД существует некоторая зона равнооптимальных вариантов номинальных мощностей, определяемая размытым минимумом народнохозяйственных затрат при оптимизации двух тенденций; недостаточная мощность вызывает затраты, связанные с уменьшением надежности и ограничением производительности рабочей машины, а использование двигателя завышенной мощности вызывает затраты, связанные с ухудшением энергетических показателей и удорожанием привода. Известно, что номинальная мощность ЭД определяется с некоторой дисперсией. Равнооптимальные пределы по номинальной мощности для массового электропривода составляют до 20%. Это позволяет решить задачу выбора множества ЭД с минимально возможным числом видов аналогично матрице (3).

Величина эффекта управления структурой множества установленных ЭД на промышленных предприятиях (увеличение показателя  $\Delta_n$ ) достигает 30% при условии организации ремонта партиями и оптимизации по минимуму разнообразия ПГ ППР.

Ремонтное производство регламентировано жесткими сроками выполнения работ. Для организации бесперебойной работы всех звеньев производственной системы электроремонта необходимо создание запасов самих изделий и запасных частей и материалов. Своеобразным регулятором поступающих в ремонт ЭД должен стать склад ремонтного фонда, выполняя при этом функцию формирования партий для поточного ремонта и его материально-технического снабжения. Современное пла-

нирование ремонтных работ дает только количественную характеристику производства в целом, качественная оценка динамики поступления ЭО каждого в отдельности вида отсутствует. На основе собственного опыта ремонтники определяют объем и номенклатуру запасов на перспективу, увеличивая их в два и более раза. Так как поступление изделий в ремонт - процесс вероятностный, целесообразно, используя устойчивость структуры потока требований, количественно и качественно оценить необходимые объемы ремонтного и обменного фондов. Ретроспективный анализ и прогнозирование потоков изделий позволит определить видовое распределение ЭО на перспективу. С помощью методов декомпозиции можно получить видовые распределения по каждому семейству составных частей изделий, что определит параметры ремонтного и обменного фондов.

#### В ы в о д ы

1. При организации электроремонтного производства необходим анализ структуры множества ЭО для выявления часто встречающихся видов и производства на их основе ремонта партиями, что позволит реализовать резерв эффективности электроремонтного производства, заложенный в самой структуре множества эксплуатируемого ЭО. Создание обменного фонда повысит эффективность подобной организации.

2. Для повышения эффективности электроремонтного производства необходимо управление структурой ПГ ППР и воздействие на множество устанавливаемого ЭО по минимуму разнообразия в процессе строительства и технического перевооружения электрического хозяйства.

3. Для выполнения мероприятий по использованию структурных закономерностей для повышения эффективности электроремонтных работ необходимо создание постоянно действующей информационной базы данных по видовым распределениям ремонтируемых и установленных ЭД на основе современных ЭВМ.

4. Применение ЭВМ позволит осуществить ретроспективный анализ и прогнозное планирование поступающего в ремонт ЭО, материалов и запасных частей.

#### Л и т е р а т у р а

1. Кудрин Б.И. Выделение и описание электрических ценозов. - Изв. вузов. Электромеханика, 1985, № 7, с. 49-54.
2. Володарский В.А. К вопросу оптимизации периодичности предупредительных замен и ремонт электрооборудования. - Промышленная энергетика, 1968, № 8, с. 34-36.