

МОСКОВСКИЙ ордена ЛЕНИНА и ордена ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ТОКОЧАКОВ Владимир Иванович

УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Специальность 05.09.03 – электротехнические комплексы  
и системы, включая их управление и регулирование

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва

1991

Работа выполнена на кафедре электроснабжения промышленных предприятий Московского ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции энергетического института.

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор  
КУЛИН Г.И.
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор  
РОСОВИЧ В.А.  
кандидат экономических наук  
КОЛОКОЛЬЦЕВ И.Я.
- Ведущее предприятие - ПТП "Черметэлектроремонт", г. Москва

Защита состоится "\_\_\_" ноября 1991 г. в \_\_\_ час. в аудитории \_\_\_\_\_ на заседании специализированного Совета К СЭЗ. 16. С6 в Московском ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции энергетическом институте.

Отзывы (в двух экземплярах, заверенные печатью) просим направлять по адресу: 105835, ГСП, Москва, Е-250, Красноказарменная ул., д. 14, Ученый Совет МЭИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МЭИ.  
Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1991 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
К СЭЗ.16.С6  
к.т.н., доцент

*Анчарова*

Т.Р. Анчарова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Дальнейшая электрификация промышленности ведет как к росту потребления электрической энергии, так и к увеличению количества электроприемников и общей численности электротехнических изделий. Происходящие количественные и качественные изменения электротехнического оборудования требуют высокого уровня технического обслуживания и высокопроизводительных ремонтных служб. Растут эксплуатационные затраты на электрохозяйство промышленных предприятий, составляющие только для черной металлургии 400 млн. руб./год.

В настоящее время уровень организации ремонтного производства электрооборудования намного отстает от уровня основного производства. В условиях низкой эффективности электроремонтного производства актуальна разработка новых методов и подходов, повышающих производительность труда электротехнического персонала промышленных предприятий.

Диссертационная работа рассматривает вопросы повышения эффективности организации ремонтного производства за счет достоверного прогноза входящего ремонтного потока электрооборудования для организации ремонта партиями однотипных изделий, определения оптимального объема и номенклатуры запасов как самих электротехнических изделий, так и комплектующих деталей, узлов и материалов. Работа выполнена на кафедре Электроснабжения промышленных предприятий Московского энергетического института в соответствии с Координационным планом научных исследований, проводимых по проблеме О.01.11 "Разработка и внедрение новых методов и технических решений в области межотраслевых проблем промышленной энергетики, направленных на энергосбережение".

Целью работы является исследование состава электротехнических комплексов предприятий металлургии и изменения их структуры во времени для оптимизации проектных решений и снижения эксплуатационных затрат на электрохозяйство.

В соответствии с поставленной целью решены следующие задачи:

- исследована совокупность ремонтируемого электрооборудова-

ния на длинных временных рядах и установлена устойчивость показателей видовых распределений во времени;

- уточнена модель видового распределения множества эксплуатируемого электрооборудования и построена номограмма определения эффективности унификации системы;

- разработан модель прогнозирования выхода в ремонт электрических машин на основе закономерностей структурной устойчивости видовых распределений;

- разработан программный комплекс анализа и перспективного определения выходящего в ремонт электрооборудования;

- установлена длина предистории ремонтного потока для формирования банка данных;

- разработана методика замены электротехнического оборудования для внутризаводской его унификации.

Методы исследования. Теоретической и методологической основой исследований являются положения теории систем, теории вероятностей, общие положения теории надежности, методы математической статистики, прогнозирования и спектрального анализа.

При выполнении работы использованы научные труды советских специалистов, нормативные и справочные материалы.

Выводы и рекомендации основываются на анализе 430 выборок электротехнического оборудования ( в том числе автора 300 ) промышленных предприятий, относящихся в основном к металлургии.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Для длинных временных рядов доказана устойчивость параметров Н-распределения эксплуатируемого электрооборудования.

2. Установлена предельная зависимость доли редко встречающихся видов изделий от характеристического показателя видового распределения.

3. Разработана модель прогноза выхода в ремонт электрических машин и доказана неприменимость для части редко встречающихся видов экстраполяционных методов прогнозирования.

4. Установлена длина предистории показателей ремонтного потока для формирования банка данных.

5. Разработана методика замены электрооборудования для внутризаводской его унификации при обновлении парка оборудования.

Практическая ценность работы заключается в создании модели прогнозирования выхода в ремонт электрооборудования, результаты которой могут применены для организации ремонта партиями однотипных изделий, организации обменного резервного фонда, внутризаводской унификации элементов электрохозяйства при их обновлении. Полученные результаты могут быть использованы на предприятиях металлургии, имеющих электроремонтные цеха или участки.

Реализация полученных результатов. "Методика повышения эффективности ремонта на основе внутризаводской унификации электрооборудования" внедрена на Новосибирском металлургическом заводе им. А.И. Кузьмина с годовым экономическим эффектом 33 тыс. руб./год.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Всесоюзных, республиканских научно-технических конференциях, семинарах: "Кибернетика электрических систем. Электроснабжение промышленных предприятий" (г. Абакан, 1989 г.), "Совершенствование системы межведомственного централизованного ремонта электротехнического оборудования в условиях полного хозрасчета" (г. Москва, МЭИ, 1989 г.); краевых, областных, городских научно-технических конференциях, семинарах: "Научные достижения п- производству" (г. Абакан, 1986), "Реализация программы "Интенсификация - 90" и пути решения проблем" (г. Абакан, 1988 г.), "Автоматизация электроприводов и оптимизация режимов электропотребления" (г. Красноярск, 1988 г.), "Технико-экономические проблемы оптимизации режимов электропотребления промышленных предприятий" (г. Миасс, 1989 г.), научно-технической конференции МЭИ (г. Москва, 1988 г.), научно-технических семинарах кафедры электроснабжения промышленных предприятий Московского энергетического института (1988-1991) гг. .

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано пять печатных работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Содержит 155 страниц машинописного текста, включая 21 рисунок, 11 таблиц, список использованной литературы из 102 наименований, приложения.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, дана общая характеристика работы.

В первой главе проведен анализ организации обслуживания и ремонта электрооборудования промышленных предприятий, дана оценка современного состояния проблемы в исследованиях в нашей стране и за рубежом.

Отмечено, что в промышленности на перспективу сохранится углубление электрификации, приводящее как к росту количества и сложности эксплуатируемого электрооборудования, так и к широкому его разнообразию, что соответственно влечет за собой необходимость разработки мероприятий, приводящих к снижению эксплуатационных затрат на электрохозяйство промышленных предприятий. Поддержание надежности работы эксплуатируемого электрооборудования требует совершенствования системы технического обслуживания и ремонта.

Повышение эффективности электроремонта тесно связано с развитием:

- предприятий, выпускающих электротехнические изделия;
- организации централизованного отраслевого и регионального ремонта электрооборудования;
- прогрессивных технологий ремонтного производства;
- нормативной и технической документации на ремонт электрооборудования;
- новых методов организации ремонтного производства, учитывающих как разнообразие, так и качественное планирование поступающих в ремонт изделий.

Для прогнозирования структуры и состава ремонтного потока, поступающего в электроремонтный цех, необходимо исследовать временные ряды как показателей, отражающих структуру потока в целом, так и каждого из видов ремонтируемого оборудования. Необходимо проверить структурную устойчивость ремонтных выборок на длинных временных интервалах.

Для решения поставленных задач необходимо провести обоснование математических методов, применяемых в работе, создании

на их основе алгоритмических моделей с дальнейшей программной реализацией и формирования банка данных по электрооборудованию промышленных предприятий.

Во второй главе рассмотрены вопросы математического моделирования сложных систем, к которым относится электрическое хозяйство промышленных предприятий. В диссертационной работе применены следующие классы математических моделей: агрегативные, экономико-математические и техноценологические, использование которых определяется частными задачами моделирования.

Для анализа разнообразия установленного и ремонтируемого оборудования электрохозяйства промышленных предприятий была использована модель Н-распределения, так как ранее установлено, что электротехническое оборудование по встречаемости видов описывается этим негауссовым распределением. Данный класс распределений асимптотически не имеет конечной дисперсии и математического ожидания, поэтому невозможно применение классических методов анализа, основанных на нормальном законе распределения.

На первом этапе моделирования вся неоднородная совокупность электротехнических изделий разбивается на крупные группы - семейства, например, силовые трансформаторы, электрические машины, преобразователи. Для каждого семейства вводится понятие вида, в котором содержится количественные и качественные характеристики изделий. Для целей ремонта вид электродвигателя - это его номинальная мощность и тип. Далее составляется общий список рассматриваемых изделий и перечень их видов. При построении кривой Н-распределения по оси абсцисс откладывается:  $\lambda$  - частота появления (встречаемость) изделий определенного вида, по оси ординат:  $W(\lambda)$  - число видов с данной встречаемостью, объединенных в касты.

Реальное дискретное распределение видов технических изделий по встречаемости хорошо аппроксимируется гиперболической зависимостью

$$\Omega(x) = W_0/x^{1+\alpha} \quad (1)$$

где  $\Omega(x)$  - непрерывный аналог  $W(i)$ ;  $W(1) = [W_0] = [R^{fnd}]$  - число видов, представленных в выборке одним изделием;  $R$  - точка, в которой  $\Omega(R) = 1$ ;  $\alpha$  - характеристический показатель распределения. При аппроксимации реальной зависимости величины  $W_0$  и  $\alpha$  определяются по методу наименьших квадратов. Эти показатели полностью описывают степень разнообразия рассматриваемой системы или выборки.

Существенный вклад в разнообразие множества изделий вносят виды с численностью  $i = 1$ . Доля таких видов в рассматриваемой системе равна

$$A(\alpha, N_0) = W(1)/S - W(1) / \sum_{i=1}^{N_0} (W(i)/i^{\alpha+d}) = \left( \sum_{i=1}^{N_0} i^{-(1+\alpha)} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где  $S$  - общее число видов;  $N_0$  - численность самого многочисленного вида. При увеличении численности последней касты  $N_0 \rightarrow \infty$  получим

$$A(\alpha) = \left( \sum_{i=1}^{\infty} i^{-(1+\alpha)} \right)^{-1} = \zeta^{-1}(1+\alpha), \quad (3)$$

где  $\zeta(1+\alpha)$  - дзета-функция Римана. При этом минимальные возможные значения доли редко встречающихся видов в системе равно  $A(0) = 0$ ,  $A(1) = 0,608$ ,  $A(2) = 0,832$ .

На рис. 1 представлена предельная зависимость доли редко встречающихся видов от характеристического показателя  $\alpha$  и дискретные значения месячных, квартальных, полугодовых, годовых выборок ремонтируемых и установленных электрических машин. Анализ статистических данных по 430 выборкам показал, что  $\alpha$  больше нуля и меньше двух, что подтверждает формальные математические выводы Б.В. Гнеденко и А.Н. Колмогорова в теории устойчивых безгранично делимых распределений. Выявлено, что при малых выборках  $\alpha$  больше единицы при существенном разбросе значений  $A(\alpha)$ . При больших выборках  $\alpha < 1$ , как правило, для численности выборки  $U > 1000$ . Полученные результаты позволили уточнить ранее созданные математические модели видового распределения.



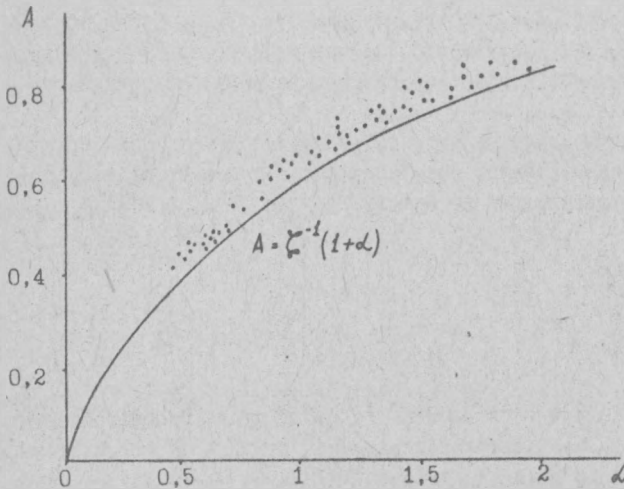


Рис. 1. Предельная зависимость доли редко встречающихся видов изделий от  $\lambda$  и ее дискретные значения для реальных выборок

Для анализа связей электроремонтного цеха с основными производственными цехами промышленного предприятия были использованы элементы агрегативной модели, в частности, при рассмотрении потоков ремонтируемых электротехнических изделий, характеризующихся количеством отремонтированных изделий и их видов за конкретный промежуток времени (месяц, квартал, полугодие, год).

Для прогнозирования показателей ремонтного потока в целом и ремонта каждого из видов электрооборудования применены экономико-математические модели: методы математической статистики и теории вероятностей, методы экстраполяционного прогнозирования и спектрального анализа.

Динамические модели показателей ремонта электрооборудования представлены четырьмя составляющими: трендом, циклической составляющей с периодом более одного года, сезонной составляющей и случайной составляющей, обусловленной множеством незна-

чительных факторов.

Проверка гипотезы существования тренда проводилась по методу Ф. Фостера, А. Стюарта. При существовании тренда выполнялась его параметрическая идентификация по критерию Фишера с использованием десяти наиболее распространенных аппроксимирующих функций.

Для выявления циклической и сезонной составляющих использован спектральный анализ временных рядов. Веса автоковариационной функции рассчитаны по методу Парзена

$$\lambda_k = \begin{cases} 1 - \frac{6k^2}{m^2} \left(1 - \frac{k}{m}\right) & , 0 < k < m/2 , \\ 2 \cdot \left(1 - \frac{k}{m}\right)^3 & , m/2 + 1 < k < m , \end{cases} \quad (4)$$

где  $m$  - точка усечения временного ряда (число рассматриваемых частот);  $\lambda_k$  - веса автоковариационной функции  $k$ -ой частоты. Оценка ковариации вычислена по формуле

$$C_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} ((y_t - \bar{y}) \cdot (y_{t+k} - \bar{y})) , \quad k = \overline{0, m} , \quad (5)$$

где  $n$  - число значений  $y_t$  исследуемого ряда;  $\bar{y}$  - среднее значение  $y_t$ . Разложение дисперсии по спектру оценены по формуле

$$u_j = \frac{C_0}{2\pi} + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^m \lambda_k C_k \cos\left(\frac{\pi k}{m} j\right) . \quad (6)$$

По максимальному значению  $u_j$  находится пик спектра, гармоническая составляющая которого имеет период  $T_j = 2m/j$ .

Для проведения массовых расчетов прогнозирования электроремонта в условиях производства указанные методы являются приоритетными, так как используют обобщающие показатели: количество изделий и их видов, поступающих в ремонт за отчетный период, значения выхода в ремонт каждого вида электрооборудования по предприятию в целом.

В третьей главе проведен анализ динамики структуры электрооборудования низших уровней системы электроснабжения промышленных предприятий. Невысокие темпы обновления технологического оборудования обуславливают значительную устойчивость основных показателей структуры установленного электрооборудования.

На основе уточнения зависимости доли редко встречающихся видов изделий от характеристического показателя  $\lambda$  разработана номограмма (рис. 2) связи основных показателей  $N$ -распределения, где зависимость объема выборки  $U$  от общего числа видов  $S$  и показателя  $\lambda$  имеет вид

$$U = \begin{cases} \frac{S}{(1-\lambda) \cdot \zeta(1+\lambda) \left( \frac{S}{\lambda \cdot \zeta(1+\lambda)} \right)^{\frac{1-\lambda}{\lambda}} - 1}, & \lambda \neq 1; \\ \frac{S}{\zeta(2)} (\ln S - \ln \zeta(2)), & \lambda = 1. \end{cases} \quad (7)$$

С помощью номограммы возможно определение основных параметров структуры системы при известных  $U$  и  $S$ . Например, при  $U = 3000$  и  $S = 800$  по номограмме  $\lambda = 1$ ,  $W_0 = 485$ ,  $Q = 22$ . Номограмма используется для сравнения параметров систем, имеющих разный объем.

В диссертационной работе разработана номограмма определения эффективности управления структурой технической системы при ее унификации. Основным слагающим экономического эффекта от унификации является снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт электрооборудования.

Для оценки изменения структуры ремонтных потоков электротехнических изделий проведен анализ ремонтируемых электрических машин на Новосибирском металлургическом заводе за двадцатилетний период. В результате проведенных исследований установлена устойчивость во времени основных показателей  $N$ -распределения годовых ремонтных выборок. Только для годового объема ремонтируемых электрических машин выявлен значимый тренд с тенденцией к увеличению. Экстраполяция на основе указанного тренда имеет максимальную ошибку, не превышающую 7%. Спектральный анализ годового объема ремонтов выявил циклическую составляющую с периодом четыре года.

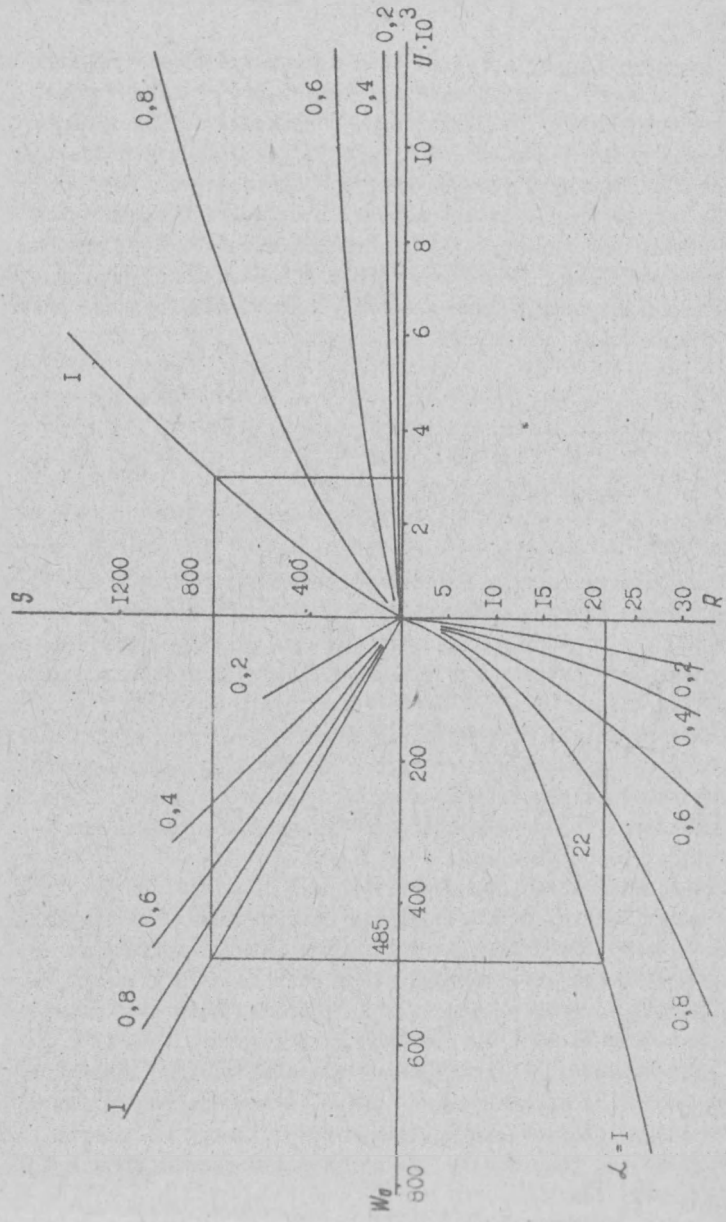


Рис. 2. Номограмма основных показателей структуры техногеннозов

Установлено, что показатели структуры годовых ремонтных выборок - число видов  $S$ , доля редко встречающихся видов, характеристический показатель  $L$ , число каст  $K$  не имеют значимого тренда. Прогноз указанных показателей возможно осуществлять на основе их среднего значения.

Исследование состава часто встречающихся в ремонте видов машин показало его устойчивость во времени, начиная с квартальных ремонтных выборок, что позволяет для этих видов машин наиболее достоверно производить прогноз на перспективу.

При анализе временных рядов ремонта видов электрических машин установлен тренд у 23 % рядов. Практически все ряды имеют явно выраженные гармонические составляющие: 14 % рядов имеют преобладающую сезонную составляющую, у 40 % рядов сезонная составляющая имеет второе по величине значение. Установлено, что циклическая составляющая не имеет постоянного периода из-за разнообразия условий работы электрических машин и других факторов. Период этой составляющей колеблется от четырех до двенадцати лет.

Критерием определения длины предьстории показателей ремонта явился процент появления новых видов электрических машин в годовой выборке. Из рис. 3 видно, что содержание новых машин достигает предела 8-10 % от  $U_{200}$  при двенадцатилетней предьстории. Это значит, что при использовании ретроспективной информации при прогнозировании возможно учесть до 90 % годового объема ремонта электрических машин.

Анализ структуры предьстории ремонтного потока позволяет выделить на его Н-распределении четыре зоны прогнозирования (рис. 4), включающие в себя виды машин с различной встречаемостью в ремонте. Для отнесения вида электрической машины в какую-либо зону служит среднегодовая встречаемость вида в ремонте за период предьстории -  $\bar{t}_{200}$ . В разработанной модели прогнозирования все виды электрических машин попадают в одну из следующих зон: 1) виды с  $\bar{t}_{200} \geq 4$  (поквартальный прогноз); 2) виды с  $2 < \bar{t}_{200} < 4$  (прогноз по полугодиям); 3) виды с  $1 < \bar{t}_{200} < 2$  (годовой прогноз); 4) виды с  $\bar{t}_{200} < 1$  (определение интенсивности выхода в ремонт). Для последней зоны не могут быть применены экстраполяционные методы прогноза из-за редкого появления машины в ремонте.

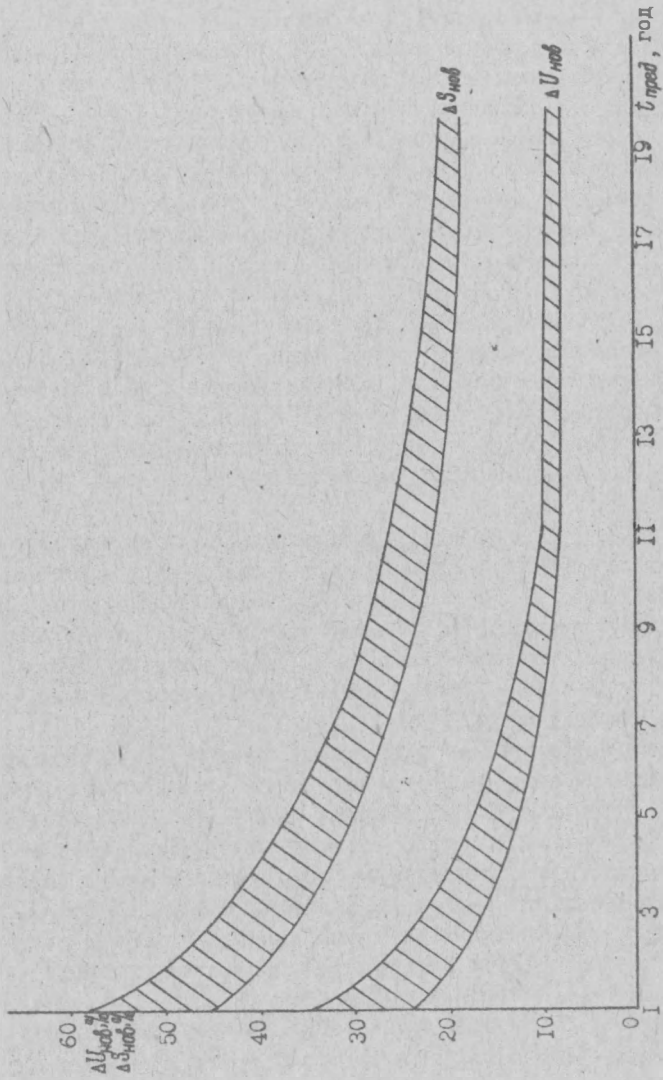


Рис. 3. Зависимость появления в годовой выборке новых видов электрических машин от величины предэкспериментальной выборки

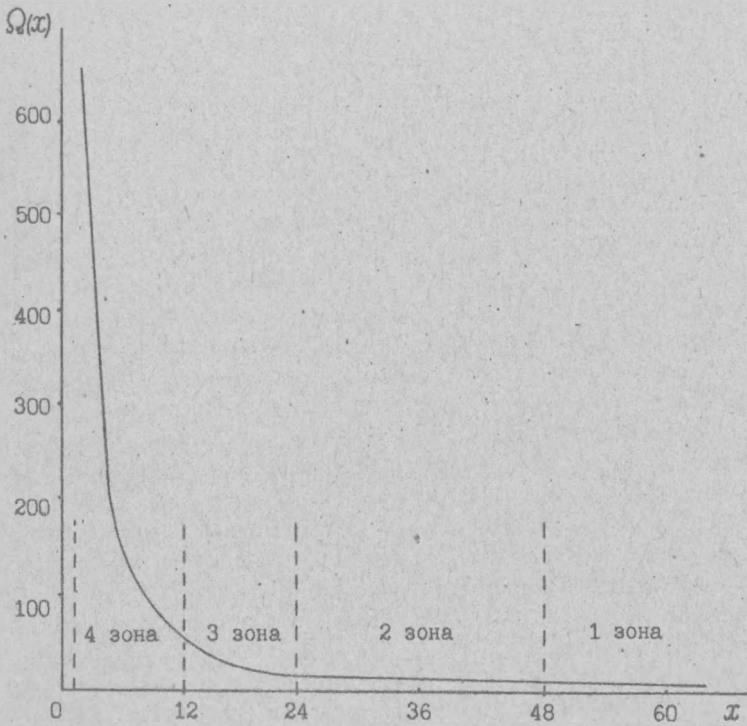


Рис. 4. Зоны прогнозирования на кривой N-распределения предистории ремонтов электрических машин

Предложено при недопустимых ошибках прогноза увеличивать дискретность временного интервала, например, переходить от поквартального прогноза к прогнозу по полугодиям, что является следствием повьшения устойчивости появления в ремонте видов машин в годовых (полугодовых) выборках по отношению к полугодовым (квартальным).

В четвертой главе на основе предложенной алгоритмической модели прогнозирования разработан комплекс программ перспективного определения выхода в ремонт видов электрических машин, используемый как для оптимизации собственно ремонтного производства, так и унификации установленного на предприятии электрических двигателей.

Программы реализованы на алгоритмическом языке ФОРТРАН-77 (версия 4.10) для персональных ЭВМ. В комплексе входят десять основных программ и ряд сервисных для поддержания банка данных по ремонтам. Создан банк данных по ремонтируемым электрическим машинам на Новосибирском металлургическом заводе.

Программа *WID* формирует таблицу видового распределения за любой период времени и определяет его основные показатели. Программа *RANB* ранжирует совокупность изделий по встречаемости в сторону ее уменьшения, образует файл - частотный словарь видов оборудования, встретившихся за период предыстории. Программа формирования временных рядов *PFVR* строит файл рядов с различной временной дискретностью. Программа *AVA* анализирует временной ряд: выбирает зону прогнозирования и проверяет гипотезу существования тренда. Программы *PROGN* и *SPECTR* предназначены для выполнения прогноза на основе экстраполяции и спектрального анализа.

В диссертационной работе разработана методика внутриводской унификации электрооборудования при его обновлении. Возможность такой унификации технических изделий на промышленных предприятиях заложена в структурной устойчивости  $N$ -распределения установленного оборудования, в первую очередь, для тех изделий конструктивное исполнение которых слабо связано с технологией (электродвигатели насосов, задвижек, кранов, сварочные трансформаторы, низковольтная аппаратура) и которые должны вводиться в эксплуатацию с учетом сложившейся на предприятии системы разнообразия изделий.

В целях унификации, замена электрооборудования должна производиться для всех изделий определенного вида, поэтому необходима полная информация об установленном в электрохозяйстве оборудовании. Надежность вида оборудования оценивается отношением числа выхода в ремонт данного вида изделия за год к установленному их количеству на промышленном предприятии. Для учета



периода приработки и старения изделий необходимо знание среднего возраста вида электрооборудования на предприятии.

По банку данных проводится проверка на наличие аналогов. Применение стандартных систем управления базами данных на персональных ЭВМ значительно облегчает выбор и сравнение показателей электротехнического оборудования. Окончательный выбор аналога остается за специалистом, который должен учитывать средний возраст и удельную частоту выхода в ремонт изделий определенного вида.

Информационной основой перспективного определения ремонтного потока и целенаправленной замены оборудования электрохозяйства является создание банка данных эксплуатируемого электрооборудования. Основным требованием создания такого банка является универсальность использования накопленной информации для других задач, решаемых в электрохозяйстве. В работе реализован банк данных реляционного типа.

Система определения прогнозных значений ремонтного потока состоит из двух подсистем: стандартной реляционной СУБД, тип и версия которой зависят от размеров электрохозяйства; пакета прикладных программ прогнозирования.

С применением разработанного комплекса программ был выполнен прогноз ремонтного потока электрических машин для Новосибирского металлургического завода в виде прогноза  $N$ -распределения годовой выборки на 1990 год и значений ремонта каждого вида машины. Сравнение фактических данных за первый квартал исследуемого года и прогнозных значений (табл. 1) показало достаточную достоверность прогноза.

Результаты диссертационной работы были реализованы в виде "Методики повышения эффективности ремонта на основе внутриводской унификации электрооборудования" и приняты к внедрению на Новосибирском металлургическом заводе.

В приложении приведены статистические материалы по структуре множества электрооборудования промышленных предприятий; документы, подтверждающие внедрение результатов диссертационной работы.

Таблица 1

Сравнение результата прогноза выхода в ремонт электрических машин и фактических значений за 1 квартал 1990 года

№	вид машины	факт. шт.	прогноз шт.	№	вид машины	факт. шт.	прогноз шт.
1	4,5 АО	16	16-19	23	0,65 АРП	7	7-9
2	1,4 АРФ	13	11-14	24	5,5 4А	5	4-5
3	1,7 АО	5	5-6	25	2,2 4А	7	7-8
4	16 МТВ	3	3-4	26	4 4А	3	3-5
5	10 ДП	4	2-3	27	0,75 4А	6	5-6
6	0,27 АОЛ	8	8-11	28	30 МТФ	5	5-7
7	8,1 АО2	8	7-11	29	15 АО2	3	4-5
8	3 4А	6	5-6	30	1,1 4А	5	4-5
9	7,5 МТК	3	3-4	31	1,5 4А	2	1-2
10	4 АО2	5	3-4	32	3 АО2	1	1-2
11	6 МД	9	7-8	33	1 АО	1	1-2
12	8,5 ДП	6	6-8	34	2,2 МТ	3	3-4
13	8,1 4А	5	4-7	35	5 МТФ	4	4-6
14	67 ДП	2	2-3	36	10 АО2	3	2-3
15	75 2ПФ	3	3-5	37	5,5 АО2	3	2-3
16	30 АО2	2	2-3	38	55 АО2	2	1-2
17	18,5 4А	2	2-3	39	1 АРП	1	1-2
18	45 МТВ	2	3-4	40	2,2 МТФ	2	1-2
19	3 АОЛ2	3	3-4	41	2,2 МТК	2	1-2
20	42 П	4	4-5	...	...	...	...
21	7,5 АО2	4	3-4	71	14 А	1	1-2
22	36 П	4	3-4	72	155 ГАМ	1	1-2

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1. Исследованы длинные временные ряды (до 20 лет) количества и структуры эксплуатируемых электротехнических комплексов промышленных предприятий и доказана устойчивость параметров видового распределения. Это позволяет оценивать разнообразие видов электрооборудования на перспективу и предложить критерий унификации.

2. Получены и проверены на реальных выборках предельные зависимости доли редко встречающихся видов изделий. Это позволяет уточнить для реальных систем число видов изделий, встречающихся по одному разу.

3. На основе исследования временных рядов ремонтируемых видов электрических машин разработана прогнозная модель, позволяющая давать перспективные оценки выхода машин в ремонт. Показана неприменимость для части редко встречающихся видов электрических машин экстраполяционных методов прогнозирования.

4. В структуре видового распределения ремонтируемых электрических машин выявлено четыре зоны прогнозирования, характеризующиеся разными интервалами встречаемости видов машин в ремонте. Разработан комплекс программ, позволяющий давать прогноз выхода в ремонт электрооборудования по каждой зоне.

5. Разработана структура информационного банка данных по эксплуатируемому электрооборудованию металлургического завода. Для электрических машин установлена минимальная длина предистории показателей ремонтного потока при формировании банка данных, равная 12 годам, что позволяет учитывать при годовом прогнозировании около 90 % количества ремонтируемых машин.

6. Разработана методика внутризаводской унификации электрооборудования с использованием прогнозных значений интенсивности ремонта видов изделий, что позволяет: осуществлять организацию ремонта партиями однотипных изделий, создать оптимальный по объему и номенклатуре централизованный обменный фонд электрооборудования, целенаправленно воздействовать на структуру парка установленного электрооборудования в процессе его обновления.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Фуджаев В.В., Дуйсенова М.Б., Токочаков В.И. Обеспечение функционирования электрооборудования промышленных предприятий// Сб. науч. трудов № 162. - М.: Моск. энерг. ин-т, 1988. С.95-99.
2. Кудрин Б.И., Токочаков В.И. Исследование структурной устойчивости техноценозов//Сб. XI сессии Всесоюзного научного семинара "Кибернетика электрических систем". - Абакан: Хакасия, 1989. С. 41-42.
3. Фуджаев В.В., Токочаков В.И. Использование структурных закономерностей множества электрооборудования для повышения эффективности ремонта/Централизованный ремонт электрооборудования. Материалы семинара. - М.: МДНП, 1989. С. 113-118.
4. Токочаков В.И. Номографическая оценка параметров структуры техноценоза//Сб. науч. трудов № 210. - М.: Моск. энерг. ин-т, 1989. С. 128-135.
5. Дуйсенова М.Б., Токочаков В.И. Определение запасных частей и материалов при перспективном планировании электроремонта/Централизованный ремонт электрооборудования. Материалы семинара. - М.: МДНП, 1989. С. 118-121.

*Фуджаев*

Подписано к печати Л — 25/II-91.  
Печ. л. 125 Тираж 100 Заказ 1378 Бесплатно.  
Типография МЭИ. Красноказарменная, 13.