

МОСКОВСКИЙ ордена ЛЕНИНА и ордена ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

АЛФЕРОВА Тамара Викторовна

УДК 658.26:621.3(043)

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРЕДПРОЕКТНЫХ СТАДИЯХ

(Специальность 05.09.03 - электрооборудование)

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

Москва

1987

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

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
КУДРИН Б.И.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
КУРАВЛЕВ В.Г.,
кандидат технических наук
ДАНИЛЯК И.М.

Ведущее предприятие - ВНИИЭ, г. Москва

Защита состоится "23" сентября 1987г. в 14 час.
в аудитории № М-214 на заседании специализированного Совета
К 053.16.06 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 "11" сентября 1987 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
К 053.16.06
к.т.н., доцент

Анчарова

Т.В. АНЧАРОВА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проведение широкого технического перевооружения промышленных предприятий, предусмотренное решениями XXIII съезда КПСС, принципиальное совершенствование всего цикла инвестиционного процесса невозможны без коренного улучшения качества проектирования, обеспечивающего высокий технико-экономический уровень вновь вводимых и реконструируемых объектов отраслей промышленности во всех регионах страны. Принятие проектных решений во многом определяется техническими решениями по электрооборудованию и электроснабжению, учитывая их значение для функционирования предприятия и стоимость, составляющую 12-15% общих капитальных вложений.

Повышение эффективности построения и обеспечение оптимальной эксплуатации электрического хозяйства предполагает решение актуальной задачи: правильное определение величины перспективного потребления электрической энергии, получасового максимума нагрузки, количества установленного электрооборудования по производствам, каждому промышленному предприятию и региону, отрасли и народному хозяйству в целом.

Существующие методы определения параметров электропотребления при перспективном проектировании и принятии плановых решений основывались на экстенсивном пути хозяйствования и привели к неэффективному использованию электрооборудования. Это проявляется в малой загрузке основных элементов систем электроснабжения промышленных предприятий, составляющей для силовых трансформаторов 25-40%, для распределительных кабельных сетей 15-30%. Для оптимизации процесса электропотребления при большом значении электрической части необходимы новые методы расчета систем электроснабжения, позволяющие управлять обобщающими электрическими показателями цеха и предприятия, уметь их достоверно прогнозировать, анализировать и хранить в систематизированном виде для всех промышленных предприятий в рамках отрасли и региона, изучать динамику их развития для целей проектирования, планирования и управления.

Диссертационная работа направлена на повышение качества проектирования за счет достоверного определения перспективных показателей электрического хозяйства отрасли (черная металлургия) и региона (РЭУ "Гомельэнерго"), необходимых для составления народнохозяйственного баланса в годовых, пятилетних планах и планах пер-

спективного развития страны до 2005 года и на более отдаленный период. Работа выполнялась в соответствии с координационным планом научно-исследовательских работ по научным основам ускоренного перехода народного хозяйства СССР на энергосберегающий путь развития, совершенствования энергетики и дальнейшему углублению электрификации на 1983-1987 гг., утвержденным постановлением Государственного комитета СССР по науке и технике и Президиума Академии наук СССР от 17.03.83, задание 03 "Исследовать основные направления развития альтернативных вариантов электрификации СССР до 2005 года и в более далекой перспективе".

Целью работы является разработка методов, определяющих параметры электропотребления промышленных предприятий на перспективу при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий, и реализуемых в режиме автоматизированного проектирования.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие основные задачи:

1. Проведены системные исследования закономерностей построения и функционирования электрического хозяйства промышленных предприятий отрасли и региона.

2. Осуществлен анализ стадий проектирования электрического хозяйства промышленных предприятий и предложены оптимальные методы прогнозирования, соответствующие каждой конкретной стадии и характеру развития предприятия.

3. На основе статистического анализа обобщающих электрических показателей промышленных предприятий отрасли и региона исследованы закономерности построения и функционирования электрического хозяйства.

4. Дано обоснование длины предистории и латентной зоны временных рядов электрических показателей предприятий для создания информационных баз данных в условиях автоматизированного проектирования.

5. На основе оптимизированных моделей получены прогнозные значения параметров электропотребления: общего и удельного электропотребления, получасового максимума нагрузки, числа установленных электродвигателей предприятий отрасли и региона по годам на 5, 10, 15, 20 лет.

6. Выполнена оценка качества прогнозирования параметров электропотребления промышленных предприятий различными методами.

7. Предложены принципы формализации процесса принятия решения по электрическому хозяйству предприятий на предпроектных стадиях в

условиях неформализуемости, неполноты и неопределенности части исходных данных.

Методика проведения исследований определялась каждой из поставленных задач и опиралась на общие положения теории систем, теорию вероятностей и математическую статистику, включая корреляционно-регрессионный анализ и анализ временных рядов, а также специальные методы прогнозирования. Теоретические исследования сопровождались разработкой математических моделей, алгоритмов и программ, используемых для расчетов на ЭЕМ ЕС и СМ-4.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается собранными статистическими данными по 16 электрическим показателям генеральной совокупности предприятий черной металлургии и Гомельского региона за 20 лет.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Показано, что система электрических показателей является основой иерархического прогнозирования и формализованного описания процессов построения и развития электрического хозяйства промышленных предприятий на уровне отрасли (региона).

2. Установлено наличие корреляционных связей между электрическими показателями отрасли (региона), выявлена их устойчивость во времени, разработаны корреляционно-регрессионные модели взаимосвязи исследуемых показателей.

3. Выявлена оптимальная длина предистории временных рядов электрических показателей, позволяющая получать надежные прогнозы при меньших выборках исходных данных.

4. На основе ретроспективного анализа электропотребления, являющегося обобщающим показателем развития электрического хозяйства, предложены экстраполяционная и самоорганизующаяся модели прогнозирования параметров электропотребления по предприятиям отрасли и региона; проведена оценка качества полученных прогнозов.

5. Изменена область применения методов самоорганизации с адаптацией их для моделирования временной устойчивости коротких многомерных временных рядов.

6. Доказано, что объем электропотребления отражает развитие технологии и рост производительности труда, определяет принятие перспективных проектных решений в условиях неполноты и неопределенности части исходных данных на основе моделирования временной устойчивости показателей, повышает качество принимаемых технических решений.

Практическая ценность работы. Предложены методы прогнозирования параметров электропотребления, доступные инженерно-техническим работникам промышленных предприятий, проектных, плановых и эксплуатационных организаций. Определены параметры электропотребления промышленных предприятий на перспективу, создано одно из звеньев формализованной технологии проектирования - подсистема САПР на стадии оценки потребности электрического хозяйства в ресурсах.

Реализация работы. Результаты работы внедрены и используются для определения перспективных значений параметров электропотребления промышленных предприятий в рамках РЭУ "Гомельэнерго". Результаты прогноза электрических показателей генеральной совокупности предприятий черной металлургии переданы институтам ЭНИИ и Чермет-проект.

Программы "Прогнозирование электрических показателей промышленных предприятий с выбором оптимальной длины преддистории" и "Оценка точности прогноза электрических показателей промышленных предприятий" включены в перечень программных средств отраслевой системы проектирования САПР-Чермет.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научной конференции "Экономия энергетических, трудовых и материальных ресурсов в промышленности и на транспорте" (Москва, 1985 г.), на III Всесоюзной научно-технической конференции "Программное, алгоритмическое и техническое обеспечение АСУ ТП" (Ташкент, 1985 г.), на общемосковском семинаре "Экономическая информатика" (1985 г.), на школе молодых ученых и специалистов МЭИ (1986 г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития электротехнологии" (Иваново, 1987 г.), на научно-технической конференции "Технико-экономические проблемы оптимизации режимов электропотребления промышленных предприятий" (Миасс, 1987 г.), на постоянно действующих семинарах кафедр ЭПШ Московского энергетического и Гомельского политехнического институтов "Повышение эффективности электроснабжения промышленных предприятий" (1985-1987 гг.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано пять печатных работ.

Объем и структура работы. Диссертация содержит 130 страниц машинописного текста, 43 таблицы, 18 иллюстраций, список использованной литературы из 110 наименований, приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе проведен обзор состояния и основных тенденций развития систем электроснабжения промышленных предприятий. Электрическое хозяйство промышленного предприятия определено как большая (сложная) система, поэтому для оценки эффективности его работы предлагается использовать системный подход, который позволяет качественно и количественно оценить промышленное предприятие, определить приемлемые методы управления электрическим хозяйством и его основными режимами электропотребления, прогнозировать перспективы его развития.

Показаны проблемы проектирования электрического хозяйства при строительстве новых предприятий и техническом перевооружении действующих, среди которых необходимо выделить: сокращение времени проектирования и осуществление его в реальном времени вместе с технологами, электриками, заводами-изготовителями и строительством (проекты по этим разделам проекта должны выполняться одновременно); проектирование должно давать точные результаты с конкретной привязкой к технологии и по времени реализации в условиях неопределенности исходной информации со стороны технологов, электриков, энергосистем, строительных организаций; проблема оценки, заключающаяся в выборе критериев, по которым проектировщик должен производить выбор технического варианта; проблема выбора технико-экономических показателей, схем, проблема информационного обеспечения задач проектирования.

Электрическое хозяйство описывается с помощью системы основных электрических показателей, которая внедрена и действует в черной металлургии в 1976 г. Применение системы показателей позволяет составить формализованное описание электрического хозяйства любого промышленного предприятия как системы в целом и ее подсистем. На основе формализованного описания, анализируя изменение показателей во времени, их взаимосвязь с технологическими показателями, степень корреляции, можно получить информацию о процессах, происходящих в электрическом хозяйстве действующих промышленных предприятий и прогнозировать развитие проектируемых.

Рассмотрены и дажские моделированию три множества функциональных зависимостей электрических показателей: от времени; времени и множества основных электрических и технологических показате-

лей; взаимозависимости между электрическими показателями.

Вторая глава посвящена разработке математических моделей и анализу методов, применяемых при проектировании электрического хозяйства предприятий. На основе структурного анализа стадий проектирования электрической части промышленных предприятий к предпроектным стадиям отнесены: схемы развития и размещения отраслей промышленности (отраслевые схемы), схемы развития и размещения производительных сил по экономическим районам и союзным республикам (территориальные схемы и схемы по регионам), технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства, реконструкции, расширения и технического перевооружения предприятий. В рамках схем требуется определение параметров электропотребления промышленных предприятий на 10 и более лет по пятилетиям с подробным обоснованием первого пятилетия.

На стадии ТЭО необходимо получение прогнозов параметров электропотребления для различных периодов упреждения: на 2-3 года для несложных объектов; 4-5 лет для объектов с длительным сроком проектирования, а в исключительных случаях (особо крупные комплексы) - на 6-7 лет.

Для прогнозирования электрических показателей на предпроектных стадиях целесообразно применение двух методов: экстраполяционного - при средне- и долгосрочном прогнозировании и метода самоорганизации - при краткосрочном. Класс опорных функций алгоритма экстраполяционного прогноза содержит 10 моделей (функций от времени t), наиболее точно характеризующих тенденции изменения электрических показателей во времени. Формирование из исходного ряда серий рядов вида

$$\begin{array}{l} y_1, y_2, \dots, y_{t-1} \\ y_1, y_2, \dots, y_{t-2} \\ y_2, y_3, \dots, y_{t-1} \\ \dots \\ y_1, y_2, y_3 \\ y_2, y_3, y_4 \\ \dots \\ y_{t-3}, y_{t-2}, y_{t-1} \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{I серия} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ t-3 \text{ серия} \end{array}$$

позволяет выбрать наиболее точную модель прогноза. По исходным моделям в каждой серии для каждого ряда методом наименьших квадратов рассчитываются коэффициенты a, b, c . Затем для каждого ряда по модели производится прогноз на следующий для каждого ряда период

времени: для первой серии - период t , для второй - периоды $t-1$, t и т.д.

Критерием выбора прогнозной модели является минимум ошибки

$$\delta = \min_j \left(\sum_{k=1}^j \frac{y_{kp}^k - y_{факт}^k}{y_{факт}^k} / k \right),$$

где j - номер серии; k - количество рядов в серии; y_{p}^k и $y_{факт}^k$ - прогнозные и фактические значения для k -го ряда. Для выбранной модели длина предистории определяется как длина серии, в которой достигается минимум δ по j . Прогнозное значение на первый год прогнозируемого периода находится как длина серии с минимальной погрешностью по выбранной модели с учетом длины предистории.

Алгоритм прогноза, разработанный на основе метода самоорганизации позволяет получить математическую модель прогноза в виде полинома

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где y - зависимая переменная; x_1, x_2, \dots, x_n - обобщенные переменные (аргументы); n - количество аргументов. В качестве зависимой переменной используется электропотребление A , в качестве аргументов - основные электрические показатели, описывающие электрическое хозяйство промышленного предприятия как систему и определяющие электропотребление: P_M - получасовой максимум нагрузки в часи максимума энергосистемы; T_M - число часов использования максимума; K_C - коэффициент спроса; n - число установленных электродвигателей; P_{CP} - средняя мощность двигателя; $A_{пр}$ - электровооруженность и A_3 - производительность труда электротехнического персонала. С целью нахождения наиболее эффективной модели прогноза в состав аргументов включено дискретное время (номер года t). При этом наиболее значимые аргументы выбираются в ходе самоорганизации модели. Вид математической зависимости заранее не фиксируется, а получается в результате многорядной селекционной процедуры. Частные описания, используемые в алгоритме, имеют вид полинома от двух аргументов

$$Z = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_1 x_2.$$

Структура частного описания изменяется при помощи зануления его коэффициентов a_1, a_2, a_3 . При этом осуществляется комбинаторный перебор всех частных описаний для каждой пары аргумен-

тов. Каждой паре аргументов соответствует семь частных описаний. Всего получается $7C_2^2$ сравниваемых между собой частных описаний, из которых выбираются 10 лучших для следующего ряда по критерию селек. ии. Селекция частных описаний проводится по критерию регулярности

$$\Delta^2(B) = \frac{\sum_{i=1}^{N_2} (Y_{табл} - Y_{mod})_i^2}{\sum_{i=1}^{N_2} Y_{табл}^2} \rightarrow \min$$

где N_1 и N_2 - обучающая и проверочная последовательности; $Y_{табл}$ - реальное значение зависимой переменной; Y_{mod} - значение зависимой переменной, вычисленное на основе коэффициентов, полученных на обучающей последовательности.

Процесс многорядной селекции прекращается при достижении минимума критерия регулярности, максимальное число рядов селекции при этом не более десяти.

Организованный таким образом целенаправленный перебор моделей обеспечивает нахождение единственной модели оптимальной сложности, адекватной исходным данным. Схема работы алгоритма прогноза для одного ряда селекции показана на рис. I.

В третьей главе выполнено прогнозирование параметров электропотребления промышленных предприятий на основе разработанных математических моделей.

Для определения тесноты связи между основными показателями отрасли (региона) проведен парный корреляционно-регрессионный анализ показателей и получены корреляционные матрицы за три года. Показано, что для различных пар показателей связь различна как по величине так и по знаку. Однако коэффициенты корреляции по годам меняются незначительно, что позволяет сделать вывод об устойчивости этих связей и устойчивости развития электрического хозяйства промышленных предприятий во времени.

Анализ корреляционных матриц позволил установить сильную корреляционную связь между следующими парами показателей отрасли, которые расположены по мере уменьшения коэффициента корреляции: (P_M, n) , (P_M, A) , (T_M, A) , (K_C, T_M) , (n, P_M) , (n, A_2) и другими. Для этих пар показателей проведен регрессионный анализ и получены регрессионные зависимости, выполнена статистическая оценка коэффициентов регрессии и корреляции. Множество функциональных зависимостей дает возможность получить на заданную перспективу комплекс показателей.

Для временных рядов электрических показателей промышленных

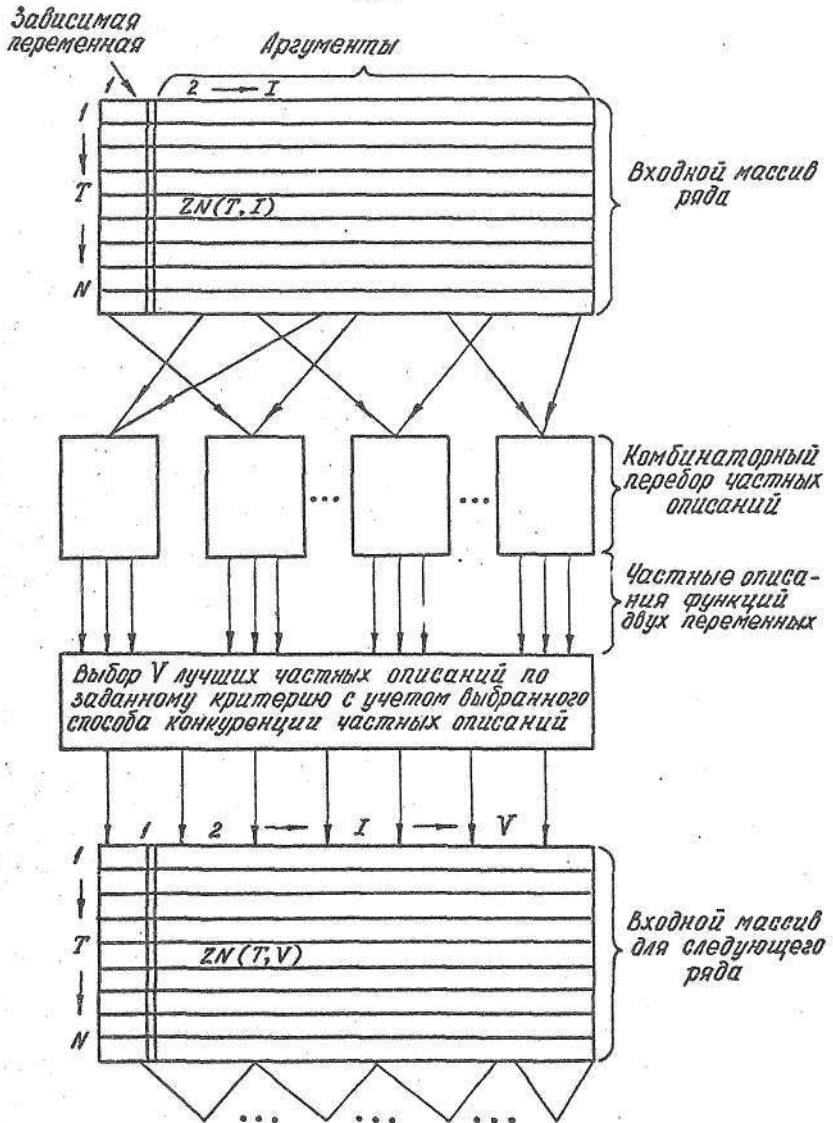


Рис. I. Реализация многорядного алгоритма МГУА для одного ряда селекции

предприятий, региона и отрасли в целом разработана методика оптимизации длины предистории. Рассмотрим ее на примере временного ряда электропотребления отрасли. Временной ряд содержит значения электропотребления по отрасли за 22 года (1965-1986 гг.) с разбиением по годам. Оставляя 5 последних по времени точек ряда (1982-1986 гг.) для сравнения с прогнозными значениями ($N_y = 5$), менялась длина исходного ряда от $N = 5$ до $N = 12$. Для каждого N рассчитаны прогнозные значения по разработанным моделям на период 1982-1986 гг., которые сравнивались с фактическими за тот же период. Минимальное значение среднеквадратической ошибки прогноза определяет оптимальную длину предистории рассматриваемого временного ряда

$$\sigma_{\min}^2 = \frac{\sum_{t=1}^{N_y} (U_{\text{факт}} - U_{\text{пр}})^2}{\sum_{t=1}^{N_y} U_{\text{факт}}^2} \cdot 100 \%,$$

где $U_{\text{факт}}$ и $U_{\text{пр}}$ - фактическое и прогнозное значения показателя; N_y - период упреждения прогноза. Аналогичные расчеты σ^2 , проведенные для других периодов упреждения прогноза ($N_y = 6, 10$) дают для временного ряда электропотребления отрасли семейство характеристик $\sigma^2 = f(N)$, представленных на рис. 2.

Исследование полученных зависимостей $\sigma^2 = f(N)$ показало, что оптимальная длина предисторий для временных рядов электрических показателей промышленных предприятий, региона и отрасли в целом составляет 9-10 последних по времени точек (лет), непосредственно предшествующих прогнозному периоду.

Установлено, что точки временных рядов электрических показателей, лежащие за пределами оптимальной длины предистории, образуют латентную зону. Точки латентной зоны обладают малой информативностью и использование их для прогнозирования не повышает точность прогноза.

В этой же главе на основе разработанных алгоритмов получены прогнозные модели основных электрических показателей промышленных предприятий отрасли и региона.

По критерию Вальда проведена оценка качества прогнозов основных электрических показателей. С этой целью определены верхняя (А) и нижняя (В) останавливающие границы

$$\log B = \min_{1 \leq i \leq n} \left[y_{i \text{ мод}} - \frac{1}{2} (2 y_{i \text{ макс}} + \Delta) \right] \frac{\Delta}{\sigma_y^2},$$

$$\log A = \max_{1 \leq i \leq n} \left[y_{i \text{ мод}} - \frac{1}{2} (2 y_{i \text{ макс}} + \Delta) \right] \frac{\Delta}{\sigma_y^2}.$$

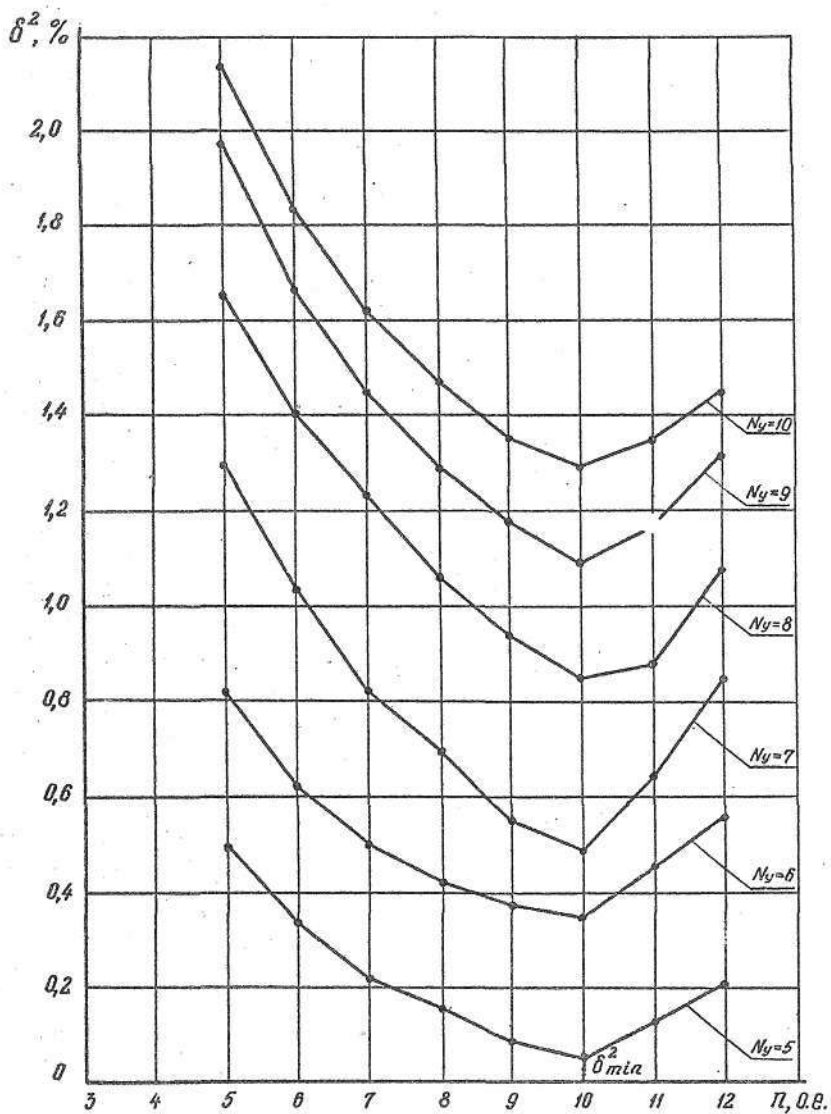


Рис. 2. Оптимизация длины предвостории электропотребления по отрасли в целом

где $Y_{i \text{исх}}$ - обучающая выборка, представляющая исходный временной ряд; $Y_{i \text{мод}}$ - прогнозный ряд, реализуемый в виде выбранного метода прогнозирования по процедуре обучения; $\Delta = 2\sigma_y$ - величина, характеризующая допустимый для рассматриваемого метода разброс модельных точек относительно реальных; σ_y - среднее квадратическое отклонение.

По полученным значениям А и В вычисляются вероятности ошибок первого и второго родов

$$l_{21} = \frac{B(A-1)}{A-B} \cdot 100\% ; \quad l_{12} = \frac{1-B}{A-B} \cdot 100\%.$$

При этом ошибка первого рода l_{21} равна вероятности отвергнуть основную гипотезу принятия прогноза за реальность, если она верна. Ошибка второго рода l_{12} равна вероятности принять основную гипотезу, если верна конкурирующая. Прогнозное значение принимается за реальное с вероятностью $V = 100 - l_{21}\%$, мощность критерия Вальда определяется выражением $U = 100 - l_{12}\%$. Учитывая наличие нормального распределения для выборки $Y_{i \text{мод}}$, рассчитываем доверительный интервал прогноза

$$P\{Y_{i \text{мод}} - t\sigma_y < Y_{i \text{ист}} < Y_{i \text{мод}} + t\sigma_y\} = V$$

где $Y_{i \text{ист}}$ есть истинное значение $Y_{i \text{мод}}$.

По величине V из таблиц нормального распределения находим величину t , поскольку

$$P\{|Y_{i \text{мод}} - Y_{i \text{ист}}| < t\sigma_y\} = \Phi_n(t) = V,$$

где $\Phi_n(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{1}{2}n^2} dn = \frac{1}{2} \left[1 + \text{erf}\left(\frac{t}{\sqrt{2}}\right) \right]$ - функция распределения величины t .

При проведении практических расчетов по оценке качества прогноза, проведенных по промышленным предприятиям отрасли и региона получено, что вероятность принятия прогноза за реальность оказалась не менее 95%, что вполне удовлетворительно для всех проектно-плановых решений. Мощность критерия Вальда составила не менее 85%.

В четвертой главе анализируется процесс принятия решения в условиях неопределенности части исходных данных по проектировании электрического хозяйства промышленного предприятия с точки зрения формализации звеньев его структуры. Анализируются причины неопределенности. Применяются разработанные алгоритмы и программы в работах по оценке потребности в электрической энергии и мощности, в количестве установленного электрооборудования, в капитальных вложениях, электротехническом персонале.

В работе приведена структура региональной информационной базы данных "Регион", которая выполняет функцию информационного обеспечения решаемых в диссертации задач. База содержит сведения по всем предприятиям региона (232 предприятия), в том числе, основные электрические показатели предприятий с 1976 г.: $P_m, T_m, K_c, n, P_{ср}, A_T, A_3$; временные ряды годовых объемов электропотребления с 1970 г.; удельные и общие расходы электроэнергии по генеральной совокупности производств (цехов), определяющие структуру электропотребления.

Основной работой по перспективе развития предприятий отрасли и региона является схема развития и размещения предприятий черной металлургии (региона), в которой рассмотрена перспектива развития всех предприятий на 15-20 лет вперед с выделением крупных цехов и агрегатов. Выполняются также специальные работы типа "Оценка потребности в электроэнергии, в электрооборудовании крупных энергоемких объектов". Исходными данными для выполнения этих работ в электрической части проекта служит перечень технологических агрегатов и сроки их ввода в эксплуатацию. Перечень содержит элемент неопределенности исходных технологических данных, которые заключаются в следующих факторах:

- существует несколько вариантов перечня (жесткая линия ослабевает из-за далекой перспективы планирования);
- в перечне приводится проектная мощность технологических агрегатов без темпов их освоения во времени;
- технологи владеют удельными расходами электроэнергии на уровне агрегатов и не владеют на уровне цеха (комплекса производства).

В этих условиях необходимо применять данные информационной базы данных по удельным и общим расходам, по основным электрическим показателям, по объемам электропотребления и его структуре. Ценность ретроспективного описания показателей заключается в том, что оно - результат функционирования сложной системы в реальных условиях, в условиях полного набора детерминированных и вероятностных воздействий как внешней среды, так и внутренних факторов. Детерминированные воздействия отражаются на временной динамике.

Приведены итоговые результаты на примере определения потребности в электроэнергии и мощности по предприятиям в целом (таблица), ожидаемого количества установленных электродвигателей; полной структуры электропотребления промышленных предприятий и их электрических показателей, а также части других перспективных показателей.

Таблица

Потребность в электроэнергии A , ГВт.ч и электрической мощности P_M , МВт предприятий черной металлургии

Предприя- тие	1990 г.		1995 г.		2000 г.	
	A	P_M	A	P_M	A	P_M
1	6151,4	929	6479,6	1087	6598,5	1091
2	6171,8	921	6217,7	922	6352,5	926
3	4807,8	649	4852,5	651	4871,3	653
4	6166,9	632	6318,8	631	6632,2	634
5	5311,2	513	5441,5	515	5718,8	518
6	4105,5	427	4216,6	427	4434,5	429
7	4000,0	570	4200,0	595	4400,0	620
8	4494,6	497	4696,5	552	5011,1	571
9	3295,3	490	3317,5	497	3431,5	501
10	2948,1	357	2997,9	362	3056,6	371
11	1534,1	310	1555,7	444	1571,3	462
12	2885,3	383	2917,4	392	2935,7	398
13	2419,9	299	2473,3	278	2498,8	288
14	2188,2	290	2198,9	295	2217,3	301
15	2127,4	199	2136,6	203	2154,4	206

Показано, что разработанные методы принятия решения на основе временной устойчивости являются необходимой составляющей подсистемы САПР электрической части проекта на стадиях схем развития отрасли и региона.

В приложении приведены: тексты разработанных в диссертации программ; корреляционные матрицы парных коэффициентов корреляции основных электрических показателей; ошибки прогнозирования объемов электропотребления; акты о внедрении результатов работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИИ

1. При проектировании электрического хозяйства промышленных предприятий необходимо использовать методы анализа, опирающиеся на системные свойства формирования и развития электрического хозяйства и его отдельных подсистем - электроснабжения, электрооборудования, электроремонта.

2. Доказано, что основой системного описания электрического хозяйства промышленных предприятий является система электрических показателей, реализуемая в информационной базе данных. Система показателей позволяет применять формализованные методы оценки существующих закономерностей (тенденций) в функционировании электрического хозяйства предприятий и прогнозировать развитие электрической части предприятий на перспективу.

3. Исследования внутренней структуры электрических показателей, проведенные путем изучения корреляционных связей между показателями, показали, что среди электрических показателей можно выделить базовые, которые отражают системные свойства в формировании и развитии электрического хозяйства предприятий. Корреляционные связи между этими показателями (A , P_m , n) не зависят от размера предприятия, отрасли промышленности, особенностей технологии, что позволяет использовать эти показатели в качестве основных при проектировании и управлении электрическим хозяйством отрасли, региона и конкретного предприятия.

4. Разработана экстраполяционная модель прогнозирования электрических показателей предприятий с выбором оптимальной длины преддистории временного ряда. На примерах прогнозирования параметров электропотребления предприятий отрасли и региона показана целесообразность применения предлагаемой модели и ее программной реализации для целей средне- и долгосрочного прогнозирования.

5. Для целей краткосрочного прогнозирования, которое необходимо для управления электропотреблением на уровне региона, более точные результаты дает метод самоорганизации моделей при условии адаптации его к коротким многомерным временным рядам. Предложены пути расширения возможностей метода самоорганизации применительно к задачам прогнозирования максимума нагрузки предприятий промышленного региона.

6. Предложена (разработана) методика выбора длины преддистории электрических показателей промышленных предприятий, позволяющая оце-

нить ошибку прогнозирования в зависимости от длины исходного временного ряда и периода упреждения.

7. Предлагаемые математические модели реализованы в виде программы "PROGN-2" и "ALFA" на языке Фортран. Расчеты, проведенные для всех предприятий черной металлургии и предприятий промышленного региона, показали, что при использовании временных рядов оптимальной длины ошибка прогнозирования параметров электропотребления не превосходит 3,5% при прогнозировании на 8-10 лет вперед.

8. Показано, что принятие решений по развитию электрического хозяйства промышленных предприятий на предпроектных стадиях происходит в условиях значительной неопределенности части исходных данных (технологические и электрические показатели, ресурсные ограничения и т.п.). Влияние этих факторов возрастает в условиях перехода к автоматизированному проектированию в рамках САПР-электро. Преодоление неопределенности исходных данных и повышение качества принимаемых решений невозможны без учета системных свойств электрического хозяйства промышленных предприятий.

9. Предлагаемые в работе математические модели, методы и программы позволяют формализовать процесс принятия решений по формированию электрического хозяйства предприятий на предпроектных стадиях и управлять электропотреблением предприятий в рамках региона.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Кудрин Б.И., Прокопчик В.В., Мартыненко Т.В. (Алферова Т.В.) Прогнозирование развития электрического хозяйства металлургических предприятий // Пром. энергетика. 1984. №8. С. 29-34.

2. Исследование технических систем типа электрический ценоз /Кудрин Б.И., Якимов А.Е., Алферова Т.В. и др./ Моск. энерг. ин-т. М., 1985. 52 с. Деп. в ИНФОРМЭНЕРГО 25.II.85 № 2002-эн.

3. Алферова Т.В. Исследование и анализ оптимальной длины предистории при прогнозировании электрических показателей промышленных предприятий / Моск. энерг. ин-т. М., 1985. 8 с. Деп. в ИНФОРМЭНЕРГО 25.II.85 № 2003-эн.

4. Алферова Т.В. Модель прогнозирования параметров электропотребления промышленных предприятий // Межвуз. сб. тр. № 90. М.: Моск. энерг. ин-т. 1986. С. 40-45.

5. Алферова Т.В. Прогнозирование удельных расходов электрической энергии предприятий черной металлургии // Сборник науч. трудов. Калинин: Калин. политех. ин-т. 1986. С. 15-21.

Алферова Т.В.

Подписано к печати Л-06695
Лист. л. 125 Тираж 100 Заказ 3174 Бесплатно.
Типограф. МЭИ, Красноказарменная, 13.