

На правах рукописи

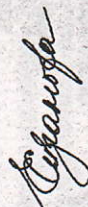
СИЗГАНОВА Евгения Юрьевна

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ
И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Специальность 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Красноярск 2001

Работа выполнена в Красноярском государственном техническом университете

Научный руководитель -

кандидат технических наук,
доцент А.Ю. Южанников

Официальные оппоненты -

доктор технических наук,
профессор В.Н. Тимофеев
кандидат технических наук,
профессор Я.А. Кунгс

Ведущее предприятие -

ОАО «Красноярский завод комбайнов»

Защита диссертации состоится 21 декабря 2001 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.098.04 в Красноярском государственном техническом университете по адресу: 660074, г. Красноярск, ул. Киренского, 26, ауд. Д-501

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 660074, г. Красноярск, ул. Киренского, 26, КГТУ, Ученому секретарю диссертационного совета Д212.098.04.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Красноярского государственного технического университета.

Автореферат разослан «20» ноября 2001 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Д212.098.04., д.т.н., профессор

Ловчиков А.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы обусловлена постоянно возрастающей остротой проблемы энергосбережения на промышленных предприятиях. Это в свою очередь связано с нестабильностью работы предприятий, постоянно растущими тарифами на электроэнергию, увеличением энергетической составляющей в себестоимости выпускаемой продукции.

Основными потребителями электроэнергии (до 2/3 от общего объема) являются промышленные предприятия, где доля электропотребления машиностроительных предприятий составляет до 30 %.

Энергетическое хозяйство машиностроительного предприятия (МСП) является сложной многоуровневой системой, функционирование которой определяется характером взаимосвязей между ее элементами, а также внешними и внутренними факторами. В задачах расчета показателей электропотребления и принятия управленческих решений, как правило, не учитывается, что предприятие как объект управления не является простой суммой входящих в него структур, а имеет свойства и закономерности, отличные от закономерностей электропотребления отдельных элементов. Поэтому, вследствие невозможности адекватного прогнозирования электропотребления на основе совокупности показателей отдельных элементов, необходимо представить электропотребление предприятия как объекта, обладающего техноценотическими свойствами.

Моделирование на основе техноценотических свойств - новое направление в исследовании действующих предприятий, введенное профессором Б.И. Кудриним, которое положительно зарекомендовало себя как общий подход к анализу сложных технических систем и получило развитие в работах Фуфаева В.В., Прокопчика В.В., Гнатюка В.И., Исаева А.С., Кистенева В.К. и др.

Режим работы МСП (на примере ОАО «Красноярский завод комбайнов») характеризуется значительной неравномерностью и напрямую зависит от поступления денежных средств под сформированные заказы на изготовление продукции. Финансовое планирование деятельности предприятия требует получения достоверных прогнозных оценок расхода электроэнергии как на уровне границы раздела с энергосистемой, так и на уровне отдельных цехов, что делает актуальной проблему разработки методов прогнозирования и управления режимом потребления электрической энергии. Положение усугубляется ростом доли электроэнергии в себестоимости продукции: только с

исследований показал, что учет всех исследуемых факторов в модели не по-
вышает адекватности и точности модели по сравнению с учетом только зна-
чимых факторов.

Выявлено, что электропотребление и максимум нагрузки предприятия
следует рассматривать не только с точки зрения классической электротехни-
ки, но и как ресурс, который должен быть обеспечен для предприятия в це-
лом.

Вследствие невозможности адекватного прогнозирования электропо-
требления на основе совокупности показателей отдельных элементов, обра-
зующих энергосистему крупного машиностроительного предприятия, обос-
новывается необходимость описания электропотребления предприятия как
объекта, обладающего техноценностными свойствами.

Данный подход позволяет учесть изменение производства, структуру
систем ценологического типа и особенности их развития. С его помощью
репались задачи прогнозирования электропотребления многомомен-
тальных производств и целых регионов, например, Хакасии; поэтому в на-
стоящей работе за основу выбран метод техноценностного моделирова-
ния.

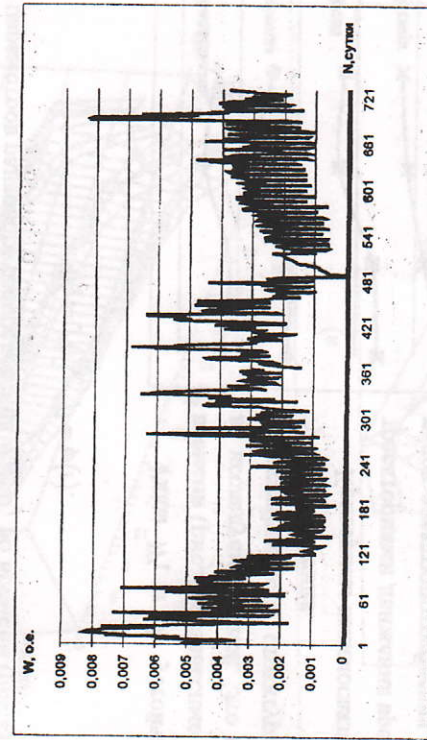
Во второй главе проведен техноценностический анализ динамики элек-
тропотребления машиностроительного предприятия; разработана методика и
построена модель прогнозирования суммарного электропотребления маши-
ностроительного предприятия на основе техноценностического анализа и
описания показателей электропотребления, без привлечения информации о
факторах внутренней структуры электропотребления.

В рамках договора на энергоснабжение предприятие ежегодно, с раз-
бивкой по кварталам и по месяцам, заявляет параметры своего электропо-
требления. Наиболее полную информацию об изменениях параметров элек-
тропотребления можно получить из графиков нагрузки. Временной интервал
достаточно широко варьируется, всегда имеется достоверная величина – рас-
ход электроэнергии за отчетный период.

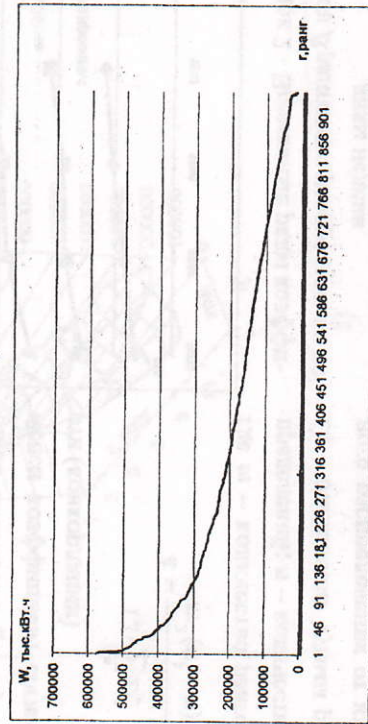
Трудно учесть все прямые и косвенные факторы, которые оказывают
влияние на уровень электропотребления. Наиболее сильными из них являют-
ся технико-технологические факторы процесса производства, суточная и го-
довая периодичность природных явлений, а также недельный цикл работы и
отдыха. Все это чрезмерно увеличивает сложность модели. Проанализиро-
вать и учесть влияние каждого из этих факторов практически невозможно из-
за отсутствия численных показателей большинства из них.

Методика техноценностического анализа структуры электропотреб-
ления МСП, основанная на аппарате рангового Н-распределения, включает в
себя следующие этапы:

1. Выделяется ценоз(год).
2. В ценозе выделяются элементы-особи (дни) и исследуемый параметр -
интегральный показатель электропотребления предприятия W_i .
3. Элементы-особи ранжируются за период предистории. Ранг - r - це-
лые числа в порядке убывания электропотребления. Первый ранг имеет особь
(день) с наибольшим электропотреблением W_1 . В итоге имеем ранговое рас-
пределение дней по величине электропотребления.



а)



б)

Рисунок 1 – Графики распределения электропотребления:
а) фактического, б) рангового

Для описания рангового распределения принята зависимость

$$W(r) = \frac{W_1}{r^\beta}, \quad (1)$$

где β - ранговый коэффициент, характеризующий степень крутизны кривой распределения, $\beta > 0$; W_1 - электропотребление первой точки; r - номер ранга.

4. Определяются параметры рангового распределения (W_1 , β) по всей длине предыстории W'_{ij}, β'_j .

5. Оценивается стабильность рангов, которая зависит от траектории движения рангов электропотребления по ранговой поверхности, т.е. от поведения параметров рангового распределения W'_i, β'_j во времени (рис.2).

$$W_1 = f(t), \quad \beta = \varphi(t). \quad (2)$$

Ряды W_1 и β устойчивы во времени (рис.2) независимо от числа исследуемых дней. Это говорит об устойчивости структуры электропотребления.

Критерием взаимосвязи между траекториями движения временных рядов электропотребления по ранговой плоскости (рис.3) был принят коэффициент согласованности (конкордации)

$$k = \frac{12 \cdot \sum_{r=1}^n D_r^2}{m^2(n^3 - n)}, \quad (3)$$

где m - количество ранговых распределений; n - количество рангов; D_r - отклонение суммы рангов одного распределения от их среднего для всех распределений исследуемого интервала.

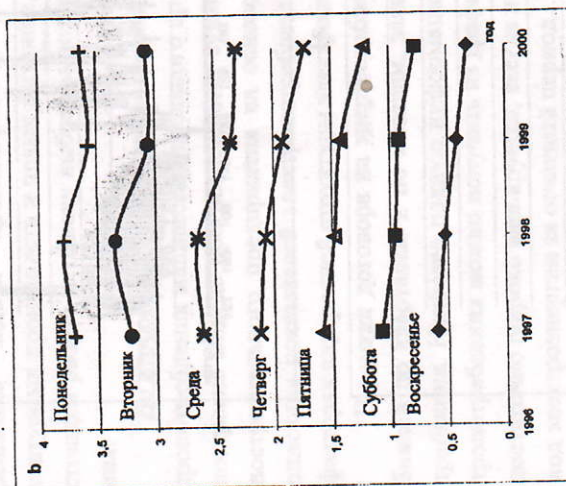
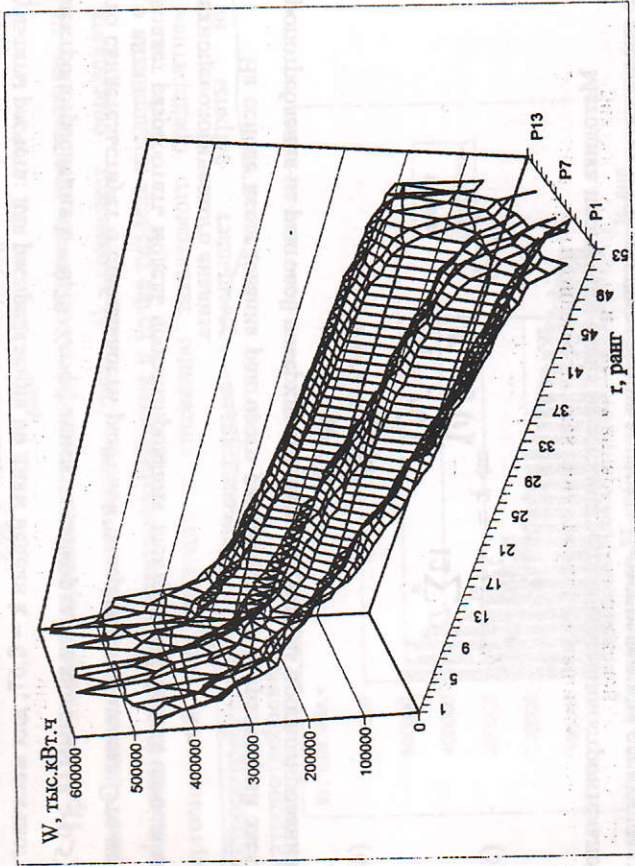
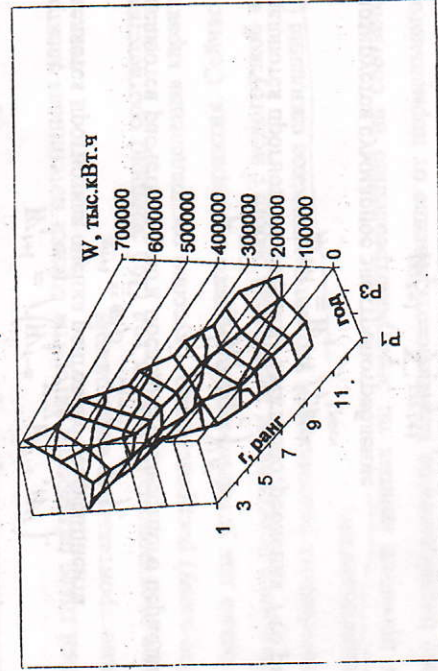


Рисунок 2 - Временные ряды коэффициентов β рангового распределения по дням недели



а)



б)

Рисунок 3 - Траектории движения по ранговой плоскости временных рядов электропотребления ОАО КЭК: а) по дням недели, б) по месяцам

Рассчитаны коэффициенты конкордации для различных выборок. Результаты расчета: для распределения по дням недели $k = 0,67$; для месячного электропотребления $k = 0,79$. Коэффициенты конкордации значимы ($k > 0,5$), что свидетельствует о стабильности ранговой поверхности в целом. Это позволяет разработать модель прогнозирования электропотребления на основе технологического анализа.

На основе исследования рангового распределения и траекторий электропотребления на ранговой поверхности получена модель прогнозирования

$$W(r) = \frac{W_1(t)}{r \cdot \beta(t)} \quad (4)$$

$$W(r, t) = \begin{cases} W_1 = f(t), \\ W_2 = f(t), \\ \dots \\ W_r = f(t) \end{cases} \quad 12 \sum_{i=1}^n D^2 \Rightarrow k = \frac{n}{m^2(n^2 - n)} \quad (5)$$

Методика прогнозирования электропотребления машиностроительного предприятия с учетом применения аппарата Н-распределения следующих:

1. Вычисляется прогнозное значение электропотребления первого ранга

$$W_1^{t+1} = f(W_1^{t-n}, \dots, W_1^{t-1}, W_1^t) \quad (6)$$

2. Определяется прогнозная оценка рангового коэффициента

$$\beta^{t+1} = \varphi(\beta^{t-n}, \dots, \beta^{t-1}, \beta^t) \quad (7)$$

3. Определяются расчетные ранги последнего известного периода предыдущих

$$r_{расч} = (W_1^t / W_r^t)^{1/\beta^t} \quad (8)$$

4. Определяются прогнозные значения электропотребления i -го ранга

$$W_i^{t+1} = W_1^{t+1} / r_i \beta^{t+1} \quad (9)$$

5. Прогнозируется суммарное электропотребление

$$W_{\Sigma}^{t+1} = \sum_{i=1}^r W_i^{t+1} \quad (10)$$

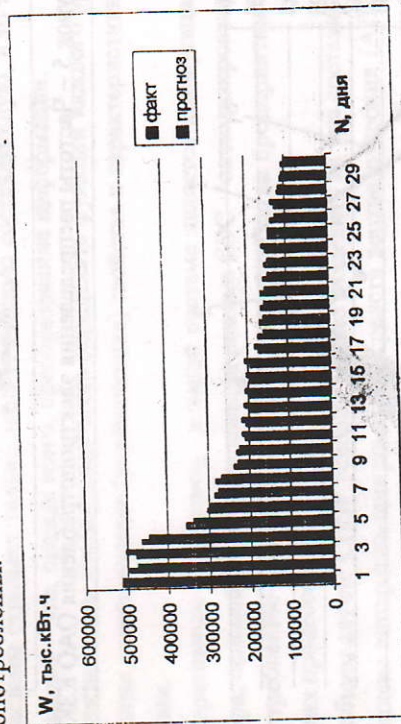
6. Прогноз корректируется за счет устойчивости поверхности рангового распределения уравнением баланса

$$\sum_{i=1}^r W_i(t) = \sum_{i=1}^r W(t, r), \quad \text{при } t = \text{const} \quad (11)$$

7. Производятся оценка прогнозных значений электропотребления

$$\varepsilon\% = \frac{W_{факт} - W_{прог}}{W_{факт}} \cdot 100\% \quad (11)$$

Прогноз электропотребления машиностроительного предприятия на основе вышеизложенной методики (рис. 4) позволяет определить необходимую величину электропотребления в точке раздела предприятия с энергосистемой, что приводит к снижению заявляемого предприятием электропотребления, а следовательно уменьшает затраты на электропотребления.



В третьей главе разработан алгоритм оценки потенциала электросбережения машиностроительного предприятия

Суточное электропотребление за год (365 замеров) соответствует нормальному (гауссову) распределению. Гауссово распределение характеризует действие только для устойчиво работающего предприятия. Сейчас для машиностроительного предприятия характерна работа с недогрузкой в различных технологических режимах, так что математическое ожидание (среднее) таких режимов различно.

При проверке данных по электропотреблению на соответствие их нормальному распределению выявлено отклонение от нормального распределения (рис.5). Отклонение определяет некоторую область (S_3 , рис.6) – потенциал энергосбережения,

$$S_3 = S_2 - S_1 \quad (13)$$

который можно реализовать организационно-техническими мероприятиями.