

## **НОВЫЙ ПОДХОД К РЕГУЛИРОВАНИЮ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Р. И. САДЫКОВ, А. В. ПОТАНИН, Г. С. КОРКУНОВ,**

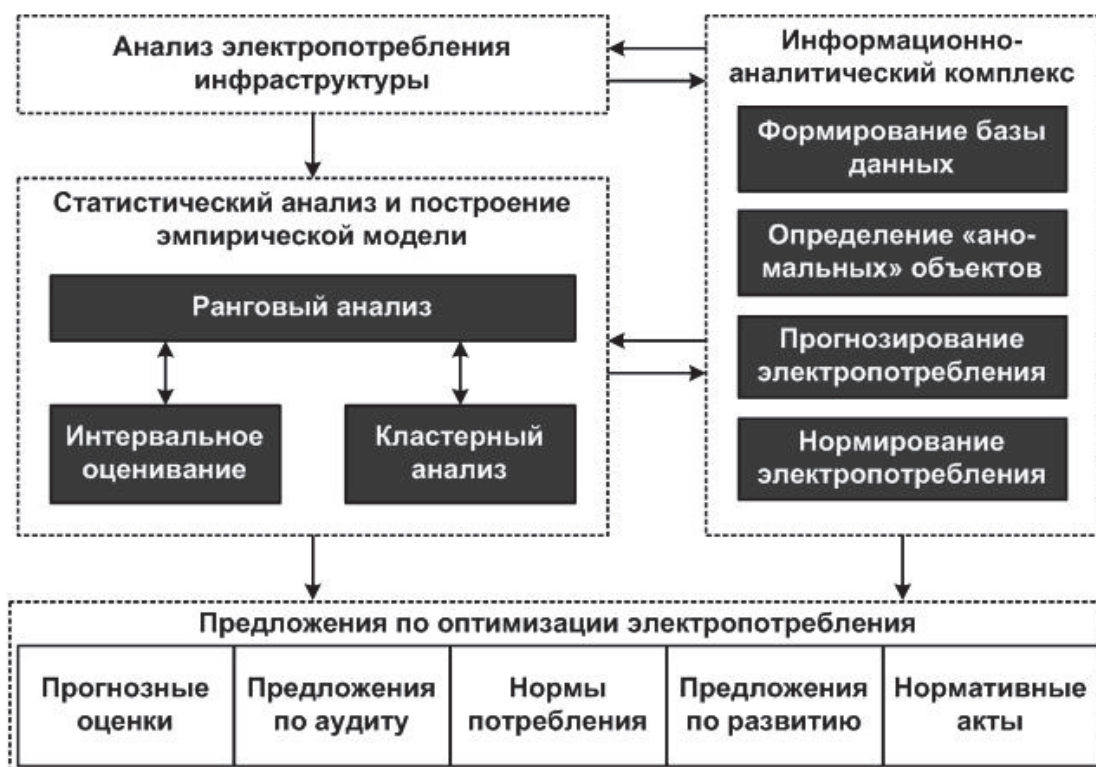
**В. А. НИКОЛАЕВ, И. Н. ЩАПОВА**

*Пермский государственный технический университет*

*В статье рассматривается оптимизация электропотребления объектами муниципального образования на основе техноценологического подхода.*

Основу энергосбережения в электроэнергетике составляет планомерная реализация комплекса технических и технологических мер, которым должна предшествовать оптимизация электропотребления (оптимальное управление электропотреблением) инфраструктуры региона на системном уровне. Ее целью является упорядочение электропотребления объектами инфраструктуры, экономия направленных на оплату за потребленную электроэнергию средств, полученная за счет организационных мероприятий, а также создание научно обоснованных предпосылок для проведения целенаправленных углубленных энергетических обследований с последующей реализацией технических и технологических мер по энергосбережению. Под инфраструктурой понимается техноценоз (регион в целом, город, район, крупное предприятие), то есть ограниченная в пространстве и времени взаимосвязанная совокупность далее неделимых технических изделий-особей, объединенных слабыми связями. Связи в техноценозе носят особый характер, определяемый конструктивной, а зачастую и технологической независимостью отдельных технических изделий и многообразием решаемых задач. Взаимосвязанность техноценоза определяется единством конечной цели, достигаемой с помощью общих систем управления, обеспечения и др. [1]. Сущность техноценологического подхода заключается в методиках построения ранговых гиперболических распределений (Н-распределений) и их последующем использовании в целях оптимизации ценоза. Ранговое распределение техноценоза – полученное в результате процедуры ранжирования видов или особей техноценоза по какому-либо параметру – распределение Ципфа в ранговой дифференциальной форме, по сути являющееся невозрастающей последовательностью значений самих параметров, поставленных в соответствие рангу. Различают ранговые распределения, в которых происходит ранжирование: виды по количеству особей, которым они представлены в техноценозе (ранговые видовые); особи по значению видообразующего параметра (ранговые параметрические); особи по значению параметра, характеризующего процесс их функционирования (ранговые функциональные) [1].

Оптимизация электропотребления осуществляется в рамках методики, включающей ряд этапов (рис. 1).



*Рис. 1. Методика оптимального управления электропотреблением объектами техноценоза*

На этапе анализа электропотребления техноценоза по специально разработанным формам запроса осуществляется сбор данных обо всех потребителях электроэнергии. Это позволяет получить развернутую картину электропотребления (с историей на глубину 5–6 лет и более), выявить объекты, которые обеспечиваются электроэнергией с нарушением существующих организационно-технических требований, подготовить электронную базу данных для дальнейшего многофакторного анализа.

На этапе статистического анализа и построения эмпирической модели процесса электропотребления осуществляется полномасштабная статистическая обработка данных по электропотреблению, которая включает взаимосвязанные процедуры рангового и кластерного анализа. Ранговый анализ позволяет упорядочивать информацию, выявлять в динамике и наглядно представлять объекты с аномальным электропотреблением, эффективно осуществлять прогнозирование электропотребления отдельными объектами и техноценозом в целом. Кластерный анализ позволяет разбивать объекты по группам и осуществлять нормирование электропотребления объектов в каждой группе с подробным статистическим описанием норм.

В основе рангового анализа лежит техноценологический подход и теория безгранично делимых ранговых распределений. Математически ранговое

распределение в графической форме представляет собой совокупность точек, получаемых по эмпирическим данным:

$$(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots; (x_i, y_i); \dots; (x_n, y_n), \quad (1)$$

где  $i$  – формальный индекс;  $n$  – общее количество точек.

Далее осуществляется аппроксимация эмпирических распределений, которая заключается в подборе аналитической зависимости стандартной гиперболической формы (2), наилучшим образом описывающей совокупность точек (1).

$$y(x) = \frac{A}{x^\alpha}, \quad (2)$$

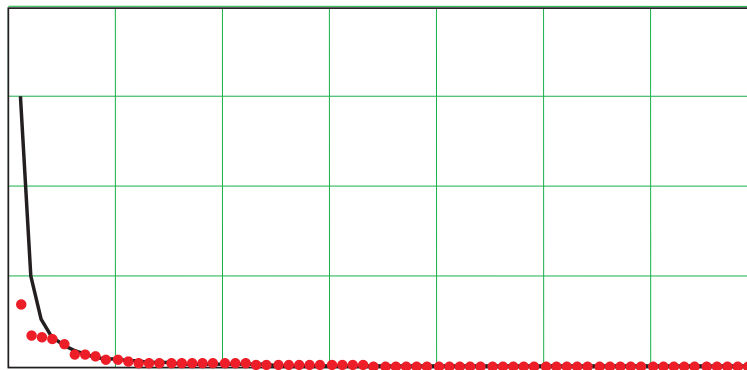
где  $A$  и  $\alpha$  – параметры распределения;  $x$  – непрерывный ранг.

Решение задачи аппроксимации может осуществляться различными методами, например методом наименьших квадратов, и сводится к отысканию таких параметров аналитической зависимости (2)  $A$  и  $\alpha$ , которые минимизируют сумму квадратов отклонений, полученных в ходе рангового анализа техноценоза эмпирических значений  $y_i$  от значений, рассчитанных по аппроксимационной зависимости (2), т. е.:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - y(x_i))^2 \rightarrow \min. \quad (3)$$

После аппроксимации мы получаем двухпараметрическую зависимость вида (2) для каждого из ранговых и видовых распределений. Обычно на графиках ранговых распределений, наряду с эмпирическими точками, показывают аппроксимационные кривые (рис. 2).

Электропотребление, кВт·ч



Ранг объекта

*Рис. 2. Ранговое параметрическое распределение техноценоза:  
 точки – эмпирические данные;  
 сплошная линия – аппроксимационная кривая,  
 полученная методом наименьших квадратов*

Следующей аналитической процедурой рангового анализа является интервальное оценивание параметрического распределения, которое позволяет определить, какие из объектов техноценоза потребляют ресурсы аномально.

Ранговое параметрическое распределение разбивается на ряд участков с таким расчетом, чтобы, во-первых, на каждом участке было не менее 10–12 точек, а во-вторых, отклонения значений экспериментальных параметров от соответствующих теоретических значений, определяемых аппроксимационной кривой, были распределены внутри участка по нормальному закону. Для каждого участка можно записать уравнение [1]:

$$\Delta / [\sigma(\Delta\theta)] = \Phi^{-1}(p_d / 2) \quad (4)$$

где  $\Delta$  – ширина доверительного интервала в одну сторону от кривой;

$\sigma(\Delta\theta)$  – среднеквадратичное отклонение экспериментальных точек от теоретической кривой (в расчетах принимается стандарт);

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt$$

– функция Лапласа ( $\Phi^{-1}(t)$  – обратная функция);

$p_d$  – априорно принимаемая доверительная вероятность.

Решение уравнения (4) позволяет определить ширину доверительного интервала на каждом из участков разбиения.

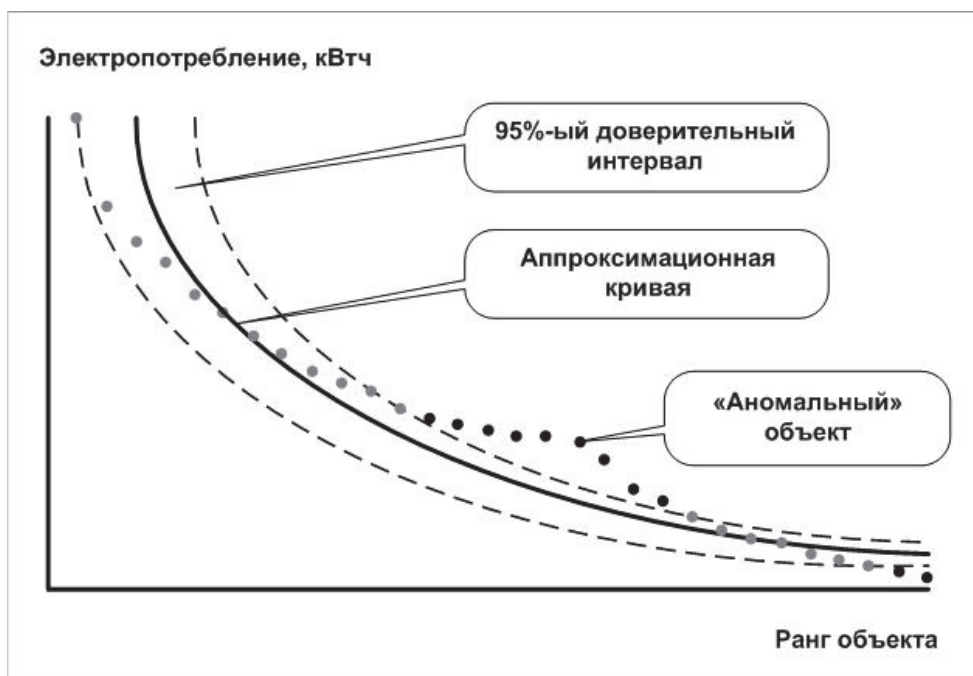


Рис. 2. Определение объектов с аномальным электропотреблением

На основании полученной зависимости можно сделать следующие выводы (рис. 3). Если точка на ранговом распределении входит в доверительный интервал, построенный относительно аппроксимационной кривой распределения, то в пределах гауссового разброса параметров можно судить, что данный объект потребляет электроэнергию нормально для своего участка разбиения рангового распределения. Если точка находится вне доверительного интервала, то это свидетельствует о нарушении нормального технологического процесса электропотребления. При этом, если точка находится ниже доверительного интервала, то считается, что объект потребляет ресурсы аномально мало (частые отключения электроэнергии, неплатежи, избыточная экономия и т. п.), а если выше интервала, то аномально много. В обоих случаях объект нуждается в углубленном энергетическом обследовании (энергоаудите) с целью выявления причин его аномального состояния. Очевидно, что целью процедуры интервального оценивания в нашем случае является определение объектов, аномально потребляющих электроэнергию.

Последовательная (на протяжении ряда лет) реализация данной методологии совместно с оцениванием жизнеспособности объектов по электропотреблению, прогнозированием и нормированием электропотребления объектов позволит каждый раз целенаправленно воздействовать на наиболее «слабые» объекты, при этом средства, нацеленные на проведение энергетических обследований, будут расходоваться наиболее эффективно, а общее электропотребление техноценоза будет постоянно снижаться.

### Литература

1. Кудрин Б. И. Введение в технетику. – Томск: Изд-во Томск. гос. университета, 1991. – 384 с.