

О ПЛАНИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ НА ОСНОВЕ УСТОЙЧИВОГО Н-РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Р. И. Садыков, А. В. Потанин, В. А. Николаев

Пермский государственный технический университет

В статье рассматривается планирование электропотребления объектов муниципального образования на основе технологического подхода.

Переход на новые отношения в электроэнергетике даёт возможность для потребителя заключения прямых договоров с независимыми генерирующими компаниями и энергосбытовыми организациями, выхода на оптовые и розничные рынки электроэнергии, заключения отдельных договоров с электросетевыми компаниями. В то же время вопросы прогнозирования и заявки объемов электропотребления (мощности нагрузки) полностью возлагаются на потребителя. Энергосистема или генерирующие компании лишь учитывают эти объемы в своих балансах. Если потребитель неправильно оценил свои параметры электропотребления, то он понесет убытки из-за штрафных санкций или из-за покупки электроэнергии по завышенным ценам в нерегулируемом секторе рынка. В связи с этим становятся актуальными вопросы точности расчета показателей электропотребления.

Задачи нормирования и планирования постоянно решаются на многих предприятиях при энергоаудите, энергетическом мониторинге. При этом широко используются методы получения зависимостей (как правило, регрессионных) общих или удельных расходов электроэнергии от объема

выпуска продукции (или от других факторов, значительно влияющих на электропотребление) и методы прогнозирования электропотребления, основанные на классических представлениях электротехники и математической статистики. При рассмотрении характера электропотребления объектов обычно предполагают, что нагрузки описываются нормальным законом распределения, так как этот закон имеет наиболее разработанный математический аппарат и во многих случаях упрощает вероятностные расчёты. Основным недостатком регрессионной модели, полученной на объекте по статистическим данным за ряд интервалов времени, является её пригодность только на этом же объекте, при незначительном изменении условий работы, и на определенный интервал упреждения. При поступлении новых статистических данных, либо изменении ряда условий, выступающих в модели в неявном виде (коэффициенты регрессии), регрессионная модель должна пересчитываться. Кроме того, в настоящее время учреждения и организации бюджетной сферы представляют собой сложные электротехнические системы с множеством единиц самого разнообразного электропотребляющего оборудования, и зачастую невозможно оценить весь состав этого оборудования и все многообразие режимов его работы, что приводит к определённым затруднениям и упрощениям при решении задачи нормирования и планирования электропотребления.

В рамках поставленной задачи необходимо рассматривать всю совокупность учреждений, состоящую из множества объектов, объединенных слабыми связями, в целом на системном уровне, исходя из того, что в данной системе существует определённое соотношение между крупными, средними и мелкими объектами. При этом распределение объектов по электропотреблению, характеризующее их разнообразие (Н-распределение), носит гиперболический характер. Отличительной особенностью такой системы, называемой техноценозом [1],

является то, что свойства отдельных элементов, их образующих, не определяют свойства системы в целом.

В наших исследованиях в качестве параметра принято годовое потребление электроэнергии каждого образовательного учреждения Пермского края с предысторией в три года. На первом этапе исследования проведено ранжирование 39 школ и 49 детских садов Пермского края (рис. 1, 2, точками обозначены фактические данные по электропотреблению), когда все объекты располагаются в порядке убывания исследуемого параметра и каждому объекту присваивается ранг R . Графики получены с использованием прикладного программного обеспечения Mathcad, ver. 11. Для построения математической модели выбрана гиперболическая зависимость (H -распределение [1]) вида

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

где $W(R)$ – электропотребление объекта с рангом R ,
 W_1 – электропотребление объекта с первым рангом,
 β – ранговый коэффициент, характеризующий степень крутизны кривой*.

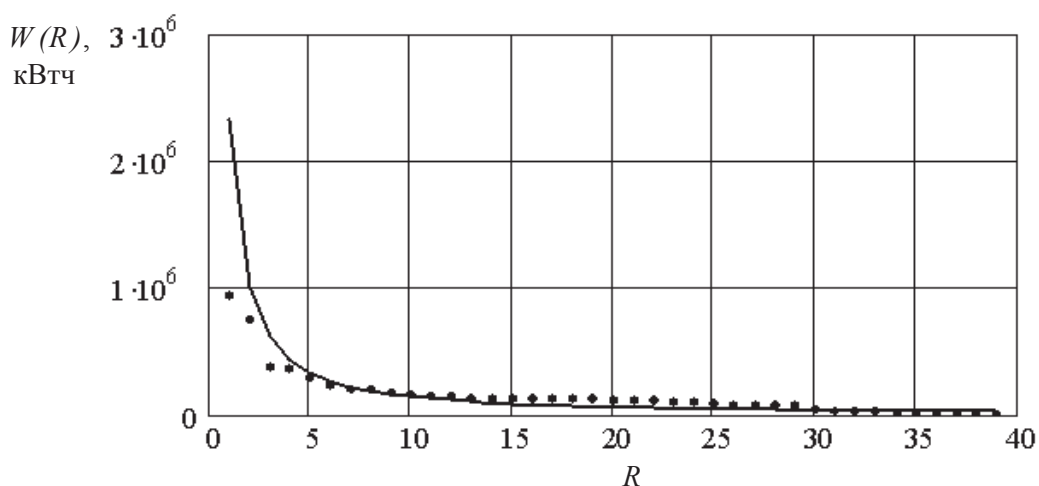


Рис. 1. Ранговое распределение электропотребления школ

* Кудрин Б. И. Введение в технетику / Б. И. Кудрин. – Томск: изд-во Томск. гос. ун-та, 1991. – 384 с.

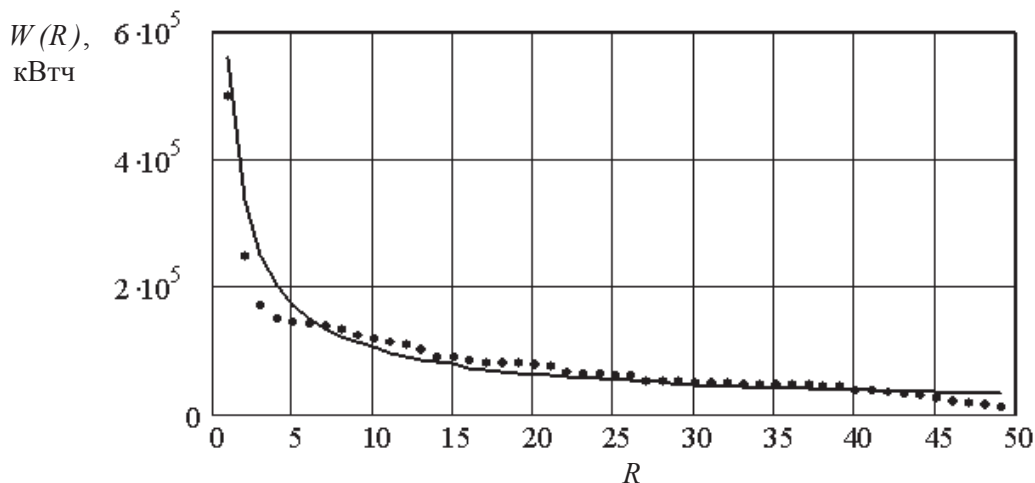


Рис. 2. Ранговое распределение электропотребления детских садов

На втором этапе исследования выполнена проверка статистических данных на соответствие электропотребления образовательных учреждений Пермского края нормальному закону распределения и на взаимосвязанность системы по параметру электропотребления.

Проверка гипотезы о нормальном законе распределения по выборке проводилась по критерию Пирсона. В качестве критерия проверки гипотезы принимается случайная величина с k степенями свободы, характеризующая отклонение выборочного распределения от предполагаемого:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_{iэ} - n_{iт})^2}{n_{iт}}, \quad (2)$$

где $n_{iэ}$ — эмпирическая частота распределения,
 $n_{iт}$ — теоретическая частота распределения.

Число степеней свободы находят по равенству

$$k = s - 1 - r, \quad (3)$$

где s — число интервалов,

r — число параметров предполагаемого распределения (для нормального закона $r=2$ — математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение).

Гипотеза о принятом типе распределения принимается на данном уровне значимости $\alpha=0,05$, если $\chi^2 < \chi_{кр}^2(\alpha, k)$, в ином случае гипотеза о соответствии статистического распределения электропотребления нормальному закону распределения отвергается.

Результаты проверки гипотезы нормальности электропотребления детских садов и школ Пермского края показали, что значения χ^2 значительно превышают значение $\chi_{кр}^2(0.05, 4) = 9,488$, что свидетельствует о неподчинении электропотребления образовательных учреждений Пермского края нормальному закону распределения.

В качестве статистической меры, характеризующей степень взаимосвязанности системы образовательных учреждений, применяют коэффициент конкордации, определяющий согласованность перемещения объектов по ранговой поверхности при переходе от одного временного интервала к последующему:

$$\psi = 12 \cdot \sum_{i=1}^n D_i^2 / m^2(n^3 - n), \quad (4)$$

где n – число учреждений,

m – число временных точек траектории движения рангов,

D_i – отклонение суммы рангов i -го учреждения от средней суммы рангов для всех объектов.

Коэффициент конкордации считается статистически значимым при $\psi > 0,5$.

Исследование временных рядов электропотребления образовательных учреждений Пермского края свидетельствует о взаимосвязанности исследуемой системы по параметру электропотребления (для школ $\psi=0,946$, для детских садов $\psi=0,966$).

Проведённые расчёты дают основания считать образовательные учреждения Пермского края объектами одной системы и подтверждают применимость аппарата рангового

анализа при решении задач прогнозирования и нормирования электропотребления.

На третьем этапе выполнена аппроксимация полученных эмпирических зависимостей методом наименьших квадратов с целью получения аналитических зависимостей, наилучшим образом описывающих совокупность точек на эмпирической кривой. В качестве стандартной зависимости задана двухпараметрическая гиперболическая зависимость вида (1). Для школ получена зависимость вида

$$W(R) = \frac{941200}{R^{0.736}}. \quad (5)$$

Для детских садов получена зависимость вида:

$$W(R) = \frac{501600}{R^{0.658}}. \quad (6)$$

Графики результирующих кривых приведены на рис. 1, 2.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы: электропотребление образовательных учреждений не подчиняется нормальному закону распределения, и применение классических расчётных и вероятностно-статистических методов нормирования и прогнозирования электропотребления для данных учреждений ведёт к ошибкам в заявленных объемах электропотребления. Решение задач нормирования и прогнозирования электропотребления образовательных учреждений необходимо осуществлять с позиций системного подхода к изучению электропотребления, используя математический аппарат рангового анализа гиперболических распределений [1].

Получено 05.12.06.