

В.А. Седнев

(Академия ГПС МЧС России; e-mail:sednev70@yandex.ru)

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Предлагается научно-методический подход к обоснованию потребностей объектов в электроэнергетическом обеспечении, позволяющий максимизировать эффективность электроэнергетического обеспечения объектов в условиях ресурсных ограничений и способствующий повышению электроэнергетической безопасности России.

Ключевые слова: техноценнологический подход, технический анализ, электроэнергетическая безопасность.

V.A. Sednev

METHODS OF STUDY AND WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE ELECTRICITY SECURITY OF OBJECTS UNDER RESOURCE CONSTRAINTS

Scientific and methodical approach support the needs of facilities in the electricity software that allows you to maximize the efficiency of the electricity supply to the facilities in the context of resource constraints and enhance energy security of Russia was offered.

Key words: technoservices approach, technical analysis, electricity security.

Статья поступила в редакцию интернет-журнала 1 октября 2015 г.

Известно, что *система электроснабжения (СЭС)* объекта представляет собой сложный электротехнический комплекс с множеством взаимосвязанных элементов, организованных в подсистемы, для управления которыми должны быть использованы как сильные, причинно-обусловленные связи, характерные при решении технологических задач, так и корреляционно незначимые.

Поэтому под СЭС предлагается [1, 2] понимать совокупность установленных и резервных *электроустановок (ЭУ)*; электрических и неэлектрических изделий, не являющихся частью электрической сети системы, но обеспечивающих её функционирование; электротехнических и других помещений, зданий и сооружений, эксплуатируемых электротехническим или подчиненным ему персоналом, а также людские, вещественные и энергетические ресурсы и соответствующее им технологическое, организационное и информационное обеспечение. Все перечисленное, образующее электрическое хозяйство объекта, необходимо для жизнедеятельности системы.

Целевое назначение СЭС [2] – обеспечение потребителей *электроэнергией (ЭЭ)* определённого качества или преобразование её в другие виды энергии при заданной бесперебойности (процесса обеспечения и преобразования) и живучести (СЭС и отдельных частей) с ограничениями по расходу ресурсов, что требует перехода от рассмотрения отдельных *электротехнических средств (ЭТС)* к изучению их как множества. Опираясь на ряд выборок гене-

ральных совокупностей ЭТС, доказано наличие устойчивых *H*-распределений [1-3], отражающих видовую структуру установленного для различных объектов, что позволяет говорить о нем как об одном из законов, определяющем построение и развитие технических систем, и сделать вывод о наличии единого механизма формирования любой системы.

Система электроснабжения объекта есть сложная система, управление которой опирается как на классические законы электротехники, так и на кибернетические представления и ценологические, использующие идеи отбора, самоорганизации, фрактальности, негауссовости.

Во втором случае СЭС исследуется как технический ценоз, – самоорганизующееся бесконечное множество слабосвязанных и слабовзаимодействующих изделий, и изучаются закономерности применения ЭЭ в системе.

При проектировании схем электроснабжения объектов выделяют 6 уровней [1, 2], например, 6-й уровень (граница раздела объекта и энергосистемы) включает *главные понизительные подстанции (ГПП)*, подстанции глубокого ввода, опорные подстанции, центральные распределительные пункты, *распределительные устройства (РУ)*; электрические сети 4 и 5 уровней называют магистральными (между объектами). Основным оборудованием 5УР является высоковольтное оборудование открытых РУ и силовые трансформаторы; 4УР – высоковольтные РУ, релейная защита и автоматика, высоковольтные кабельные сети, связывающие РУ с ГПП и с трансформаторами 3УР. Внутреннее электроснабжение определяется оборудованием комплектных ТП 10/0,4 и щитами низкого напряжения 0,4 кВ, щитами и станциями управления 2УР. Первый уровень – *электроприёмник (ЭП)* или группа ЭП, связанных технологически или территориально. Используя системный анализ, можно выделить подсистемы: электроснабжение на стороне 10/0,4 кВ, отдельных сооружений и на определенном этапе разбиения получить однозначно определяемые зависимости. Однако на этапе проектирования полных данных по элементам СЭС, например, ЭП, получить нельзя. Классический подход, предполагающий, что для получения результатов для системы необходимы данные по её элементам, в расчёте нагрузок приводит к ошибкам в 30-200 %. Поэтому предлагается подход, предполагающий рассмотрение СЭС в качестве техноценологической системы – ценоза.

Под ценозом предлагается [1, 2] понимать ограниченную в пространстве и времени взаимосвязанную совокупность, обладающую слабыми связями и включающую семейства ЭТС отдельно взятой системы (объекта), состоящую из изделий-особей. Исследование ценозов – это исследование, предполагающее движение от целого к части при изучении сложных систем, к которым относятся территориально-промышленный комплекс и др. Применительно к региону правильнее рассматривать электропотребление объектами инфраструктуры названных систем как отдельно, так и по влиянию на регион (и наоборот).

Для техноценозов не действуют закон больших чисел и центральная предельная теорема. Техноценозы относятся к классу систем, для которых математическое ожидание не имеет смысла, а дисперсия может быть сколь угодно большой. Если охарактеризовать электрическое хозяйство объекта количеством электрооборудования, то, просчитав электротехнические изделия и их детали, получим порядка 10^{11} [1, 2]. Такое количество элементов к моменту принятия решения не может быть определено, поэтому для целей описания системы рекомендуется применять теорию множеств, в соответствии с которой добавление или исключение конечного числа элементов не меняет мощности множества: изменение нескольких ЭП на 2УР и 3УР СЭС не меняет схему электропитания на 4УР и выше.

При этом в зависимости от условий выполнения задач количество уровней СЭС уменьшается или увеличивается. Это позволяет применить математический аппарат, разработанный Хинчиным, Колмогоровым и Гнеденко. Наряду с классическими методами электротехнических расчётов, техническим и профессионально-логическим анализом, моделями решений в условиях недостаточной информации, обоснована необходимость использования моделей *H*-распределения для исследования объектов. Опираясь на ряд выборок электротехнических изделий, доказано наличие устойчивых *H*-распределений, отражающих видовую структуру установленного при рассмотрении как техноценозов объектов типа район, город, регион и других по отношению к административно-территориальной единице и по их взаимному влиянию на электропотребление [1, 3].

Каждый крупный объект экономики ежегодно заявляет параметры своего электропотребления энергоснабжающей организации, которые используются для определения лимитов потребления ЭЭ объектами.

Определение параметров электропотребления связано также с проблемами энергосбережения: экономить ЭЭ выгоднее, чем строить новые электростанции. Потребители обязаны разрабатывать нормы расхода ЭЭ и предполагается, что можно определить точное значение количества ЭЭ на каждую задачу электроснабжения, распространить результат на множество установленных ЭП и перейти от номинальной мощности отдельных ЭП к расходам ЭЭ для объекта. Однако нельзя получить прогнозное значение электропотребления объекта суммированием различных норм электропотребления, удельные нормы электропотребления, полученные на одном объекте для определенных условий, не могут быть распространены на другой. Средняя норма электропотребления не может быть распространена на все объекты, но и нельзя считать, что объект работает неэффективно, если он превышает средние значения. Рассматривать удельные расходы ЭЭ, как показатель эффективности, имеет смысл для конкретного объекта, а сравнение – для сходных условиях функционирования. Разброс объясняется различием технологических, организационных и социальных факторов. Расчёты норм расхода с учётом факторов, влияющих на них, дают зависимости, которые могут быть использованы для анализа затрат ЭЭ, но не для определения электропотребления объекта в целом.

Для стационарных объектов основные электрические показатели определяются на границе раздела "объект – энергоснабжающая организация", на этом уровне определяются режимы электропотребления, включаемые в договор. Основные показатели задают другие функционально определяемые показатели, при этом могут быть созданы банки данных для сопоставления работы различных объектов, решения задач энергосбережения и управления электропотреблением. Наличие информации по СЭС объектов позволяет установить диапазон изменения электрических показателей; выявить особенности электроснабжения объекта; выделить группы объектов, однородных по каким-либо признакам, и дальнейший анализ, сравнительные и оценочные расчёты показателей вести внутри них.

Использование ценологических моделей позволяет прогнозировать параметры электропотребления объектов и решать задачу согласования прогнозов на разных уровнях иерархических систем, основываясь на представлении о СЭС как объекте, имеющем внутреннюю постоянную устойчивую структуру. Практический результат – резкое повышение точности расчётов электрических нагрузок, потребности в технических средствах, а более значимый – научное формирование систем. К математическим средствам, обеспечивающим исследования, относятся теория информации, теория вероятностей и математическая статистика, теория оптимальных решений, теория надежности, теория массового обслуживания и исследования операций, линейное и динамическое программирование и теория управляющих систем.

Математический аппарат возник как результат эмпирических исследований, отражающих сотни выборок и генеральных совокупностей электрооборудования объектов промышленности, и развивался как часть общей теории вероятностей и математической статистики и аппарата теории множеств. Математический аппарат теории вероятностей связывают с характеристическими функциями и безгранично делимым распределением. Исследуя нормальные законы распределений, имеющих математическое ожидание и дисперсию по Гауссу и пуассоновское распределение, следует, что композиция гауссовых и пуассоновских распределений приводит к H -распределению, характеризующемуся первой точкой, из которой начинается гипербола, и характеристическим показателем, определяющим крутизну гиперболы. Хинчин, Колмогоров и Гнеденко показали, что существует класс объектов, описываемых гиперболической кривой, не имеющих математического ожидания, а дисперсия их стремится к бесконечности.

Поэтому предлагается комплексный метод расчёта электрических нагрузок [2, 4], позволяющий оценивать параметры электропотребления объектов по обобщенным показателям объектов-аналогов уровней СЭС (для стационарных объектов в мирное время и в период чрезвычайных ситуаций, если возможно использование энергосистемы, при этом оба периода требуют учёта возможностей энергосистемы). Суть подхода заключается в том, что на низших уровнях СЭС определяются параметры электропотребления объектов, которые в дальнейшем могут выступать в качестве эталонов электропотребления и ве-

личиной которых следует руководствоваться после определения параметров электропотребления на высших уровнях СЭС и распределения этой величины до низших. Одновременный расчёт нагрузок на низших уровнях СЭС существующими методами, определение электропотребления на высших уровнях со "спуском" этой величины на низшие и сравнение её с эталоном даёт значительный экономический эффект.

Учитывая номенклатуру и количество электрооборудования на уровнях СЭС, внедрение метода позволяет получить экономию в сотни миллионов рублей только на установке крупных элементов (трансформаторных подстанций и др.) за счет неизменно высвобождающихся мощностей (выявлена закономерность: к главной понизительной подстанции объекта к одной ячейке присоединяются 3-8 *распределительных пункта (РП)*; к ячейке РП присоединяется 50 комплектных трансформаторных подстанций (КТП); к ячейке КТП присоединяется 1000 силовых пунктов, шкафов), образующихся после "спуска", определенной расчётным способом, величины электропотребления верхних уровней на нижние. Эффект приведен без учёта стоимости производства работ по их установке, при этом высвобождаемые средства могут быть направлены на развитие СЭС и её инфраструктуры.

Исследование осуществляется следующим образом: ценоз выделяется в пространстве и времени как система и составляется полный перечень её электрооборудования; изучается видовая структура и строятся модели взаимодействия видов, распределения видов по повторяемости, учитывая, что структура образующих ценоз изделий по повторяемости видов устойчива и определяется параметрами гиперболического H -распределения; результаты обрабатываются, теоретические обобщения и эмпирические закономерности используются при построении ценозов.

В результате реализована возможность синтеза структур СЭС объектов и установлено, что обоснование и прогнозирование электропотребления крупных объектов невозможно без анализа электропотребления отдельных объектов во времени и его структуры, результат расчёта будет тем точнее, чем точнее модель описания процесса электропотребления объектов. Проблема прогнозирования сводится к анализу динамики ряда электропотребления объектов, используя принципы технического анализа. Учитывая, что величина электропотребления непрерывна, исследование проводится в ранговой форме. Для определения закономерностей электропотребления проводится анализ структуры потребителей вышестоящей системы, рассматривая электропотребление отдельными объектами, как единый процесс. Исследование сводится к следующему:

1. В ценозе выделяются объекты (элементы-особи) и исследуемый параметр – годовое электропотребление объектов, A_i .

2. Объекты ранжируются и им присваивается ранг i (целые числа в порядке убывания A_i): первый присваивается объекту с наибольшим электропотреблением; объект, имеющий минимальное электропотребление, соответствует рангу, равному общему количеству объектов. Результат – ранговое распределение объектов по величине электропотребления.

Ранговое распределение рассматривается в координатах: ранг – значение параметра $A(x)$; по оси абсцисс функция принимает целочисленные значения, по оси ординат ограничение отсутствует. Для получения невозрастающей функции $A(x)$ (непрерывной), взятой в качестве основы для построения рангового H -распределения, из A_i (дискретной) (x – непрерывный аналог целочисленного i):

$$A(x) = \frac{A_i}{x^\beta}, \quad (1)$$

применим метод наименьших квадратов,

где β – ранговый показатель, определяет степень крутизны кривой (чем больше β , тем круче кривая и больше разрыв в электропотреблении между крупными объектами и оставшимися);

$A(1) = A_{\max}(1)$ – константа, равная электропотреблению наиболее крупного потребителя.

Исследование развития объекта заключается в ранжировании его элементов по интересующему параметру, определении показателей рангового распределения с последующей оценкой стабильности рангов и выявлении закономерностей изменения диапазонов A_i , β . Изменение рангового распределения во времени формализуется поверхностью рангового H -распределения (динамикой I-го рода) (рис. 2):

$$A(r, t) = \frac{A_1(t)}{r^{\beta(t)}}. \quad (2)$$

Прогнозирование с использованием (2) основывается на получении площади под ранговым H -распределением, ограниченной во времени прогнозной формой H -поверхности, соответствующей ранговым распределениям объектов электропотребления, которая является верхним пределом суммарного электропотребления объектов.

Для верификации прогноза по объектам используют структурно-топологическую динамику (синтез H -распределения путем прогноза траекторий электропотребления объектов). Доказано, что прогноз траекторий электропотребления объектов точнее, чем прогноз ранга, сводящий исследования к единственной модели – аппроксимации временного ряда. Для определения параметров электропотребления объектов и реализации программы энергосбережения следует выделять 5-7 % таких объектов, за счет которых экономия ЭЭ даст 50-60 % эффекта, а на этих объектах выделить 5-7 % энергоемких потребителей, где экономия ЭЭ также даст 50-60 % эффекта, тем самым достигается максимальный эффект.

Динамика I-го рода ранговых H -распределений объектов описывается характеристическим показателем β и электропотреблением первой точки распределения (энергообразующего объекта). Для задач энергосбережения и оценки возможности сбалансированного развития по электропотреблению объектов

динамика $\beta(t)$ (зависимость параметров ранговой поверхности в функции t) – достаточная характеристика H -распределения, позволяющая установить взаимосвязи между электрическими показателями системы и выполнить прогноз электропотребления объектов на перспективу.

Показатель $\beta(t)$ отражает изменения в электропотреблении системы и позволяет оценивать устойчивость её в пределах $1 \leq \beta \leq 2$: если β растёт, то увеличивается разрыв в объёмах электропотребления между энергообразующими объектами (5-7 %) и совокупностью остальных, отставание темпов роста электропотребления и максимальной нагрузки совокупности этих объектов. При этом по $\beta(t)$ по текущему состоянию можно также оценить скорость роста энергоёмких объектов в системе и спрогнозировать темпы роста объектов с значительными объёмами электропотребления.

Для исследования траекторий движения рангов электропотребления объекта во времени по ранговой поверхности и установления связи между объектами электропотребления макроценоза по ранговой плоскости применяется коэффициент согласованности. Электропотребление отдельного объекта описывается совокупностью рангов при движении по ранговой плоскости в функции времени, а в основе статистической меры согласованности лежит средняя сумма рангов потребления ЭЭ одним объектом и отклонения от нее. Максимальная сумма квадратов отклонений взята за основу формулы коэффициента согласованности [5, 6]:

$$W = \frac{12 \cdot \sum D^2}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (3)$$

где D – отклонение суммы рангов объекта от их средней суммы для n объектов;

если ранги объектов поверхности совпадают, то $W = 1$, иначе, $W = 0$.

Для повышения надежности прогнозирования потребления ЭЭ отдельными объектами возможно применение устойчивости рангового распределения в виде наложения структурного ограничения, представляющего собой балансовое уравнение, где суммарная величина потребления ЭЭ макроценоза по прогнозам объектов равна величине потребления ЭЭ макроценоза, полученной прогнозированием ранговой поверхности. Исследование электропотребления объектов на ранговой поверхности предполагает одновременно анализ их траекторий и синтез распределений, выполняемый для прогнозирования электропотребления объектов и, в целом, техноценоза.

Наличие динамики I-го рода [6]:

$$A(r, t) = \frac{A_1(t)}{r^{\beta(t)}} = \frac{a_1 + b_1(t)}{r^{\beta_0(1-e^{-t/T})}}, \quad (4)$$

где A_1 – электропотребление объекта с $r = 1$;

t – временной ряд;

β – характеристический показатель;

a_1, b_1, β_0, T – константы аппроксимирующих уравнений

и коэффициента согласованности позволяет использовать процедуру синтеза структурно-топологической динамики ранговой поверхности:

$$A(r, t) = \begin{cases} A_1 = f(t); \\ A_2 = f(t); \\ \dots \\ A_r = f(t), \end{cases} \quad (5)$$

где $A(r, t)$ – значение точек на ранговой поверхности.

Переход от прогнозирования потребления ЭЭ отдельными объектами к прогнозу потребления ЭЭ ценозом повышает точность прогноза из-за возрастания устойчивости его развития, а для повышения надежности прогноза учитывают устойчивость рангового распределения в виде ограничения, накладываемого на траектории электропотребления объектов, представленного в виде балансового уравнения:

$$\sum_{i=1}^r (a_i + b_i t) = \sum_{i=1}^r \frac{a + bt}{r^{\beta_0(1-e^{-T/r})}}; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^r A_i(t) = \sum_{i=1}^r A(r, t), \quad \text{при } t = \text{const},$$

где в левой части – величина электропотребления, получаемая по отдельным объектам; в правой – то же прогнозированием ранговой поверхности.

Уравнение баланса позволяет оценить тенденции развития макроценоза, уточнить от 10-15 % потребление ЭЭ объектами классическими способами прогноза, а для реализации программы энергосбережения целесообразно выделять 3 группы объектов, требующих различного подхода: первая точка распределения, энергообразующий ценоз; средние объекты поинтер-касты и объекты виртуальной касты.

Первую точку рангового распределения образует первая каста, включающая электропотребление одного или группы объектов. Прогнозирование $A_1(t)$ – это прогнозирование электропотребления энергообразующего объекта и моделирование поверхности динамики рангового H -распределения. Для получения моделей электропотребления объектов и ценоза применим классический метод технического анализа – экстраполяция, учитывающий тенденцию развития электропотребления объектов. Параметры зависимостей между прогнозируемыми величинами определяют по их сложившимся значениям с применением метода наименьших квадратов, а их уравнения – основа модели динамики электропотребления. Для регистрации изменений параметров и структуры тренда используют сглаживание с помощью скользящей средней. Выбор оптимальной длины предыстории осуществляется преобразованием исходного временного ряда в серии рядов, один из которых обеспечит наилучшее урав-

нение. В качестве критерия выбора уравнения рекомендуется минимум ошибки:

$$\delta = \min_j \left(\sum_{k=1}^j \left[\frac{y_{np}^k - y_f^k}{y_f^k} \right] \right), \quad (7)$$

где j – номер серии;

k – количество рядов в серии;

y_{np}^k, y_f^k – прогнозируемое и фактическое значения для k -го ряда.

Оптимальная длина предыстории определяется как длина серии, где наблюдается минимум ошибки. Модель прогнозирования первой точки может быть использована при среднесрочном прогнозировании (при увеличении длины ряда информация устаревает).

Группа объектов с электропотреблением, ряд которого определяет значение рангового показателя β , называется пойнтер-кастой (объекты учёта, определяющие реализацию программы энергосбережения). Структуру её исследуют на основе анализа изменений рангов объектов по годам. Выбор моделей осуществляется с помощью индикатора выбора моделей прогнозирования, для чего выполняется структурно-топологический расчёт потребности в ЭЭ для каждого объекта через устойчивость структуры рангового распределения по потреблению ЭЭ всех объектов системы [5]:

$$A_k = \sum_{i=1}^r A(r, t) - \sum_{i=1}^r [A_i(t) - A_x(t)], \quad (8)$$

где A_k – электропотребление расчётного объекта.

Первая сумма получается моделированием траектории суммарного потребления ЭЭ ценоза и прогнозированием поверхности по динамике I-го рода, для чего необходимы первая точка траектории и ранговый показатель β ; вторая сумма – электропотребление ценоза без искомой траектории. Разность между прогнозами даст величину электропотребления объекта.

Для объектов пойнтер-касты наиболее характерны экстраполяционные модели с экспоненциальным сглаживанием, а выбор метода расчёта потребности в ЭЭ для отдельного объекта и мероприятий по экономии ЭЭ должны быть основаны на структурно-топологическом методе. Основные пути снижения погрешности структурно-топологического метода расчёта:

1. Уточнение моделей описания траекторий электропотребления объектов. Особое внимание уделять энергоёмким объектам, они влияют на электропотребление остальных объектов, к ним применяются методы учёта, при этом исключение хотя бы одного из них из верхней точки рангового распределения добавляет к его нижней точке до 10 малых объектов;

2. Раздельное прогнозирование энергообразующего объекта и других, что, с учётом оптимальной длины предыстории, уменьшит ошибки прогнозирования в 5-7 раз (прогноз на период более 2-3 лет нецелесообразен).

Прогноз потребления ЭЭ ценозом без энергообразующего объекта выполняется по методу экспоненциального сглаживания. Если в динамику электропотребления вносит неустойчивость не только энергообразующий объект, но и другие, то применяют декомпозицию величины электропотребления ценоза на электропотребление объектов и остаток электропотребления ценоза с последующей их формализацией. Достоинство метода (ошибка прогноза не более 1 %) заключается в том, что после декомпозиции временной ряд электропотребления остальных объектов аппроксимируется менее сложной моделью, а ошибка прогноза их электропотребления практически не оказывает влияния на общий прогноз.

В связи с тем, что контроль за потреблением ЭЭ малыми объектами затруднен, так как они, как правило, не имеют выделенной СЭС и определяют количество необходимой ЭЭ расчётным методом, опираясь на единичные потребители, то величина их электропотребления определяется как разность между отпущенной ЭЭ и учтенной:

$$A_B = A_{Ц} - \sum_1^n A_r . \quad (9)$$

Для изучения особенностей потребления ЭЭ малыми объектами может быть рассмотрена зависимость $A_B = f(t)$. Отношение величины электропотребления малых объектов к общему определяет ту часть потребления ЭЭ, которая бесконтрольна для экономии ЭЭ. Наличие малых объектов неизбежное явление, поэтому необходимо проводить мероприятия, обеспечивающие контроль за их потреблением ЭЭ и позволяющие перевести их в категорию объектов пойнтер-касты с применением соответствующих моделей прогнозирования. При этом долю неэнергосберегающего электропотребления следует уменьшать. Мероприятия, обеспечивающие контроль за потреблением ЭЭ объектами и перевод их в среднюю группу по электропотреблению, могут включать внедрение электросчетчиков и изменение системы учёта потребляемой ЭЭ объектами. Для реализации второго пути по видам деятельности объектов необходимо построить H -распределение их видов по повторяемости, соответствующее структуре малых объектов по электропотреблению; определить многочисленные и уникальные виды деятельности и развернуть видовое распределение в ранговое. Введение нормы по электропотреблению для объектов, имеющих внутри нормальное распределение, позволяет в основу расчётов удельных показателей закладывать электропотребление по кастам H -распределения. Таким образом, при рассмотрении малых объектов необходимо опираться не на отдельные ЭП, а на общее электропотребление: сначала оптимальная СЭС на высших уровнях, затем её организация на уровне небольших подразделений (объектов) со спуском общего электропотребления.

При этом определение посещаемости каждого ранга объектами позволяет формализовать функцию ценологического влияния на электропотребление объекта, которую можно построить различными методами [2]. Независимо от формы функции при движении от верхней точки рангового H -распределения к нижней увеличивается степень ценологического влияния на формирование динамики электропотребления объекта. Использование функции позволяет определить границу между электропотреблением средних и малых объектов. Таким образом, при исследовании динамики электропотребления объектов и реализации мероприятий по энергосбережению должны учитываться ценологические свойства систем.

Практическое значение полученных результатов заключается в разработке научно-методического подхода обоснования и прогнозирования потребностей объектов в электроэнергетическом обеспечении, способствующего повышению электроэнергетической эффективности экономики и безопасности территорий Российской Федерации. Применение подхода позволяет управлять электропотреблением объектов; оценить резерв энергосбережения; уточнить состав и тенденции развития СЭС объектов; максимизировать эффективность электроэнергетического обеспечения объектов в условиях ресурсных ограничений и минимизировать влияние фактора неопределенности при планировании их электропотребления.

Литература

1. **Кудрин Б.И.** Введение в технетику. Томск: изд-во Томск. гос. ун-та, 1993. 552 с.
2. **Седнев В.А.** Техноценологические методы построения и управления развитием многоуровневых систем: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. 132 с.
3. **Седнев В.А.** Техноценологическая теория и её значение для устойчивого и эффективного развития Российской Федерации // Промышленная энергетика. 2015. № 9. С. 32-37.
4. **Седнев В.А., Смунов А.В.** О повышении устойчивости электроэнергетического обеспечения субъектов Российской Федерации // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 4 (56) (начало). 2014. С. 122-130; Вып. 5 (57) (продолжение). 2014. С. 142-152. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
5. **Седнев В.А.** Методология оптимального управления и прогнозирования параметров электропотребления объектов // Матер. III междунар. научн.-практ. конф. "Управление развитием крупномасштабных систем". М.: Институт проблем управления РАН, 2009. С. 250-268.
6. **Кудрин Б.И., Седнев В.А., Воронов С.И.** Семнадцать лекций по общей и прикладной ценологии: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, РАН, АВН, 2014. 227 с.