

Модель управления энергоэффективностью моногорода

Федорова С. В., канд. техн. наук

Технический университет УГМК, г. Верхняя Пышма Свердловской области

Предложена модель сквозного анализа формирования оценки энергоэффективности — от уровня региона в разрезе муниципальных образований до моногорода с градообразующим предприятием на основе техноценологического подхода. Модель управления электропотреблением градообразующего металлургического предприятия встраивается в алгоритм управления энергоэффективностью моногорода через алгоритм целевого прогноза электропотребления, выполненного на базе метода опорных векторов путем коррекции структуры потребителей электрической энергии, что способствует построению модели устойчивого развития моногорода.

Ключевые слова: управление энергоэффективностью, моногород, техноценологический подход, структурно-топологический анализ, интенсивность электропотребления, целевой прогноз, метод опорных векторов.

Согласно разрабатываемой энергетической стратегии России на период до 2035 г. “энергетическая политика переориентируется от ресурсно-сырьевого варианта к ресурсно-инновационному развитию, что позволяет во главу угла поставить проблему не количественного увеличения объемных показателей, а качественного изменения структуры энергопотребления, повышения уровня энергетических услуг, технологического энергосбережения и модернизации, углубленной электрификации...”. В условиях высокого уровня энергоемкости и электроемкости валового регионального продукта (ВРП) Свердловской области из-за преобладающей доли энергоемких отраслей в структуре экономики управление энергетической эффективностью следует рассматривать как один из основных инструментов, способных обеспечить будущий экономический рост и устойчивое развитие региона.

Принятый вектор энергетического развития требует разработки новой методологии управления энергоэффективностью функционально-территориальных образований, прежде всего моногородов, зависящих от градообразующих предприятий.

По данным [1], в России в список монопрофильных вошли 467 городов и 332 поселка городского типа, где проживают 24 544 тыс. чел. (17,2 % российского населения). На территории этих поселений функционируют более 900 градообразующих предприятий, которые производят около 30 % всего объема промышленной продукции страны. В соответствии с выработанными критериями к моногородам относятся поселения с населением, превышающим 3 тыс. чел., а на градообразующем предприятии должно трудиться не

менее 20 % трудоспособных жителей. В Свердловской области к моногородам можно отнести более 40 % территориально-функциональных образований.

Проблема поиска способов изменения ситуации в городах монопрофильного типа, обеспечивающих возможность их саморазвития, а также выработку адаптивности к трансформациям внешней среды, требует формирования качественно новых подходов к разработке механизмов управления процессом устойчивого развития таких городов, а следовательно, экономики регионов и России в целом. Разработана модель сквозного анализа формирования оценки энергоэффективности от уровня региона в разрезе муниципальных образований до моногорода с градообразующим предприятием. Целевые показатели энергоэффективности территории определяются ее рациональным энергопотреблением, и прежде всего — эффективностью использования электроэнергии для моногородов с электроемкими производствами градообразующих предприятий, к которым в первую очередь относятся металлургические. Учитывая, что у металлургических предприятий и моногородов определяющим видом энергии является электрическая, на первом этапе исследования следует разработать модель управления энергоэффективностью моногорода применительно к электрической энергии.

В выполненном исследовании использован техноценологический подход — один из методов анализа и моделирования структуры больших технических систем [2, 3]. В соответствии с классическим определением, введенным Б. И. Кудриным [3], под техноценозом понимается ограниченная в пространстве и времени взаимосвязанная совокупность да-

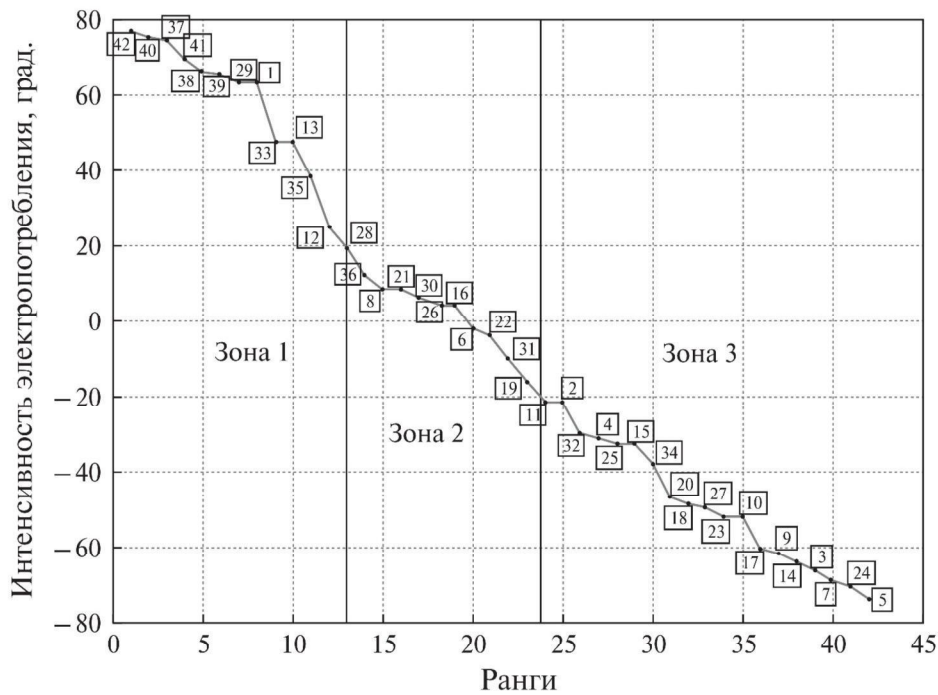


Рис. 1. S-распределение предприятий муниципальных образований Свердловской области по интенсивности электропотребления

лее неделимых технических изделий-особей, объединенных слабыми связями. При рассмотрении региона, например Свердловской области, как техноценоза особыми являются муниципальные образования — потребители электрической энергии.

В разрезе муниципальных образований структурно-топологический анализ электропотребления, а также его интенсивности путем построения S-распределения (Speed-распределения) выявил моногорода с металлургическими предприятиями, наиболее значимые в развитии техноценоза на уровне области (рис. 1) [4]. Принадлежность муниципалитетов к определенной зоне в S-распределении по интенсивности электропотребления является исходной точкой формирования модели управления развитием соответствующей группы территорий (зона 1 — инновационная модель, зона 2 — модель “Transition city”, зона 3 — устойчиво-развивающаяся модель) [4]. Большинство моногородов с металлургическими градообразующими предприятиями находятся в первой и третьей зонах. Модель управления энергоэффективностью таких территорий должна включать в себя модель управления электропотреблением предприятия.

Инструментом для внедрения иерархической системы управления может служить система энергоменеджмента, внедренная на градообразующем предприятии, которая должна вырастать в систему энергоменеджмента моногорода. Для построения такой системы

управления необходимо рассматривать металлургическое предприятие как вложенный техноценоз, целостную структуру производств со свойствами самоорганизации, сложившимися жесткими и нежесткими связями, формирующимися в условиях внутренних и внешних ограничений с целью снижения энергопотребления при производстве продукции и как результат — повышения ее конкурентоспособности.

Ранговый и структурный анализы электропотребления на основе статистических данных не менее чем за 5 лет дают возможность выявить эволюционные изменения, происходящие в техноценозе. Электропотребление отдельного объекта (особи) при использовании техноценологического подхода рассматривается не изолированно, а в сравнении с другими иерархически систематизированными объектами. Методика анализа структуры рангового распределения заключается в следующем:

1. В моногороде как техноценозе выделяются объекты (потребители электроэнергии: I группа — предприятия, организации, учреждения; II группа — население) и исследуемый параметр — годовое электропотребление.

2. Потребители ранжируются в порядке убывания электропотребления. Первый ранг присваивается объекту с максимальным параметром.

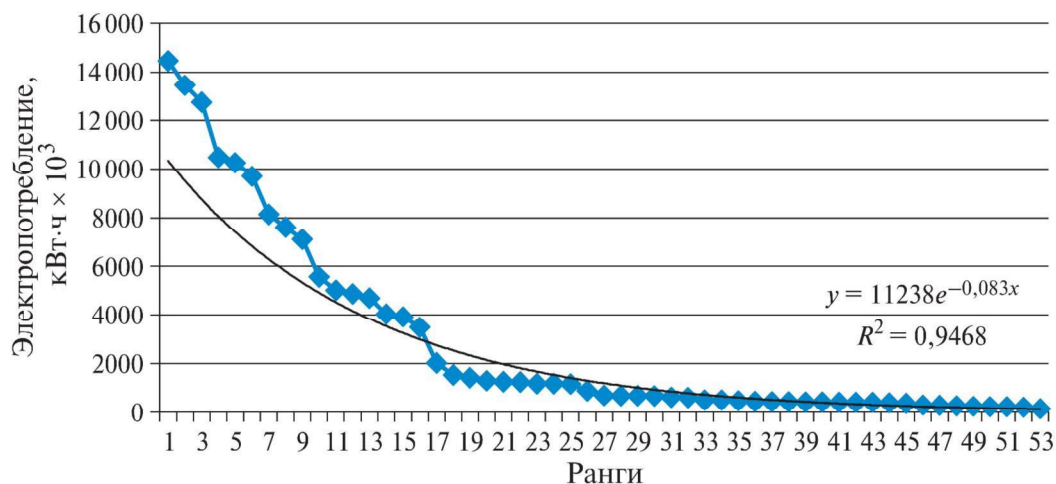


Рис. 2. Ранговое гиперболическое H -распределение годового электропотребления подразделений металлургического предприятия (объекты пойнтер-касты с 6-го по 59-й ранг), 2013 г.

Ранговое H -распределение описывается выражением:

$$W(r) = W_1/r^\beta,$$

где r — ранг объекта; W_1 — электропотребление наиболее крупного объекта; β — характеристический показатель, определяющий степень крутизны кривой гиперболического H -распределения [4].

Значение характеристического показателя β (пороговый диапазон устойчивости техноценоза $0,5 \leq \beta \leq 1,5$) отражает степень устойчивости структуры распределения электрохозяйства территории и эволюционный этап развития техноценоза [5].

На примере одного из металлургических предприятий Свердловской области выполнен техноценологический анализ электропотребления за 5 лет. Характеристический показатель $\beta = 2,66$. Это свидетельствует о необходимости определения границ кастовых зон (ноевой, пойнтер- и саранчевой) и выделения пойнтер-касты, объединяющей объекты с наиболее выраженными техноценологическими свойствами, сводящимися к понятию устойчивости гиперболических распределений, для построения устойчивой структуры потребителей электроэнергии на предприятии [6]. Для этого должны быть выделены объекты первой (ноевой) касты (с наибольшим электропотреблением), которые зависят в большей степени от внешних факторов, и анализировать их необходимо отдельно. Как правило, именно в этих подразделениях (объектах) рекомендуется внедрение поагрегатного учета электроэнергии. При этом можно отбросить часть подразделений с малыми значениями электропотребления саранчевой касты (хвост

гиперболы), от которых слабо зависит состояние системы. Для металлургических предприятий в ноёву касту, как правило, входят следующие потребители электрической энергии: электролизеры цветных металлов, дуговые сталеплавильные и индукционные печи, печи сопротивления, компрессорные и насосные станции.

На примере исследуемого металлургического предприятия определены границы кастовых зон: ноёва каста — 5 объектов, пойнтер-каста — сообщество объектов с 6-го по 59-й ранг, саранчевая каста — 37 объектов. Характеристический показатель β рангового H -распределения объектов пойнтер-касты равен 1,38, что соответствует пороговому диапазону устойчивости техноценоза (рис. 2). Отклонения от функции аппроксимации выявляют аномальные точки (объекты), в которых необходимо осуществить внутреннее энергетическое обследование с целью выработки мероприятий для снижения электропотребления и как результат — коррекции структуры электропотребления. Если сквозной анализ электропотребления проводится от уровня моногорода до подразделения на градообразующем предприятии, то управление электропотреблением должно осуществляться в обратной последовательности — коррекцией электропотребления к его целевому прогнозированию.

С целью экономии энергетических ресурсов, эффективного управления электроснабжением моногорода важно иметь точные прогнозные оценки электропотребления на период 1–5 лет. Повышение требований к точности прогнозирования потребления электроэнергии территорий связано с возрастаю-

Модель устойчивого развития моногорода должна базироваться на формировании целевого прогноза. Предложен алгоритм получения целевого прогноза путем коррекции структуры потребителей электрической энергии моногорода, приведенный на рис. 3. Разработанная модель апробирована для одного из моногородов Свердловской области на реальных данных электропотребления за период 2009 – 2013 гг.

Выводы

1. Структурно-топологический анализ, а также анализ интенсивности электропотребления путем построения S -распределения муниципальных образований региона формируют эволюционный портрет территории.

2. Модель управления электропотреблением градообразующего металлургического предприятия может быть встроена в алгоритм управления энергоэффективностью моногорода.

3. Выполнение целевого прогноза (1 – 5 лет) электропотребления моногорода является важным инструментом для эффективного управления системой электроснабжения и электропотребления (предприятий, организаций, учреждений, населения) моногорода, приводящим техноценоз к устойчивости (жизнеспособности).

Список литературы

1. **Моногород:** управление развитием / Т. В. Ускова, Л. Г. Иогман, С. Н. Ткачук и др. Под ред. Т. В. Усковой. — Вологда: ИСЭРТ РАН, 2012.
2. **Кудрин Б. И.** Математика ценозов: видовое, ранговое, ранговое по параметру гиперболические

H -распределения и законы Лотки, Ципфа, Парето, Мандельброта. — Центр системных исследований. Ценологические исследования, 2002, вып. 19.

3. **Кудрин Б. И.** Ценология. Технетика. Электрика / Электронный ресурс (<http://www.kudrinbi.ru>).
4. **Фуфаев В. В.** Структурно-топологическая самоорганизация S -распределений электропотребления техноценозов на примерах организаций региона, предприятий отрасли и регионов России. — Междисциплинарность ценологических исследований. Вып 43. Ценологические исследования. М.: Технетика, 2010.
5. **Гнатюк В. И.** Закон оптимального построения техноценозов: компьютерная монография. — М.: Изд-во ТГУ — Центр системных исследований, 2005, 2011 (<http://gnatukvi.ru/ind.html>).
6. **Фуфаев В. В.** Рангово-интервальный структурно-топологический анализ ценозов. — Философские основания технетики. Ценологические исследования. М.: Центр системных исследований, 2002.
7. **Haykin S.** Neural networks: a complete course. — Moscow: OOO "I. D. Williams", 2006.
8. **Van Efen.** Methodology of short-term improvement forecasting of electric energy consumption. Diss. auto abstract of the Cand. Tech. Sci. Saint-Petersburg, 2013.
9. **Polyakhov N. D., Prikhodko I. A., Van Efen.** Forecasting of electric energy consumption for based on SVM method using evolutionary algorithms to optimize. — Modern problems of science and education, 2013, № 2 (<http://www.science-education.ru/108-8962>).
10. **Support Vector Machines.** Machine Learning (<http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stmachlearn.html>).
11. **SVM регрессия.** Machine Learning.ru (<http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php>).
12. **Cross-validation.** Machine Learning.ru (<http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php>).
13. **Scikit-learn.** Machine Learning in Python (<http://scikit-learn.org/stable>).

emk_svet@mail.ru

Model for Energy Management of Monotown (Single-Industry Town)

Fedorova S. V.

A model of end-to-end analysis of energy efficiency evaluation — from the regional level in the context of municipalities to the Single-Industry Town with the main enterprise — is developed on the basis of techno-cenological approach. A model of the energy management of a town-forming metallurgical plant is built in the algorithm of the efficiency control through an algorithm of target forecast of electricity consumption. The model is based on the method of support vectors by correction of the structure of power consumers which contributes to construction of a model of sustainable development of the monotown.

Keywords: energy management, single-industry town, techno-cenological approach, structural-topological analysis of the energy consumption rate, target prediction, support vector.