

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЦЕНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*С.В. Федорова, А.П. Третьяков*  
*г. Екатеринбург, Российский государственный*  
*профессионально-педагогический университет*

## APPLICATION OF TECHNOCENOSIS APPROACH TO THE ANALYSIS OF THE POWER CONSUMPTION AND ENERGY CONSERVATION OF THE SVERDLOVSK REGION ENTERPRISES

*S.V. Fedorova, A.P. Tretiakov*  
*Yekaterinburg, Russian State vocational-pedagogical University*

Представлен техноценологический анализ электропотребления предприятий Свердловской области за период 2005–2011 гг. Полученные результаты являются базой для прогнозирования электропотребления и энергосбережения по видам экономической деятельности, а также по территориальному признаку в городских округах.

*Ключевые слова:* энергосбережение, энергоэффективность, техноценоз, анализ электропотребления, ранговый анализ, техноценологический подход.

Technocenosis analysis of a power consumption of the enterprises of the Sverdlovsk region for the period since 2005 till 2011 is given. The received results is the base for power consumption and energy conservation forecasting by different types of economic activity as well as by territorial criteria in urban districts.

*Keywords:* energy conservation, energy efficiency, technocenosis, energy consumption analysis, ranking analysis, technocenosis approach.

Свердловская область относится к наиболее индустриально развитым регионам России, с мощным экономическим, промышленным и научным потенциалом. Доля энергоемких отраслей (электроэнергетика, металлургия, промышленность стройматериалов, лесная и деревообрабатывающая промышленность) значительна и на 6–8 процентов выше, чем в целом по Российской Федерации [1].

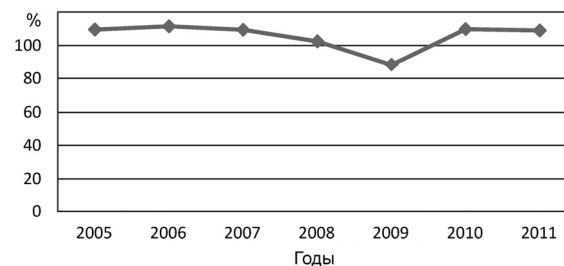
Благодаря реализации энергосберегающей политики достигнуты положительные результаты в вопросах повышения энергетической эффективности региональной экономики, так, энергоемкость валового регионального продукта (ВРП) в 2008 году по отношению к 2000 году снизилась на 34,5 процента, а электроемкость соответственно на 36,5 процента.

Такие результаты были достигнуты благодаря повышению энергетической эффективности в реальном секторе экономики, в том числе за счет снижения удельных расходов топлива и энергии в промышленности.

Динамика ВРП Свердловской области за период 2007–2011 гг. представлена в табл. 1.

В динамике явно просматривается кризисный

2009 г., когда произошло резкое снижение ВРП. На рис. 1 показано изменение индекса физического объема ВРП в % к предыдущему году.



**Рис. 1. Индекс физического объема ВРП в % к предыдущему году**

В то же время в регионе остаются немалые возможности к дальнейшему сокращению удельного расхода топлива и энергии во всех секторах экономики, в том числе при производстве промышленной продукции. Почти четверть потребляемых энергоресурсов Свердловская область может сэкономить за счет технического перевооружения, за счет организационных и структурных мероприятий [2].

Динамика электропотребления в Свердловской энергосистеме за период 2005–2011 гг., представленная в «Программе развития электроэнергетического комплекса Свердловской области 2010–2015 годы и на перспективу до 2020 года», а также данные статистического сборника по Свердловской области 2011 г. приведены в табл. 2.

Достижение целевых показателей повышения энергетической эффективности и энергосбережения, принятых в региональной программе, во многом определяется реализацией эффективного энергопотребления, прежде всего, эффективностью использования электрической энергии.

За период с 2005 года по настоящее время в области происходили структурные изменения в экономике, что отразилось на потреблении электроэнергии предприятиями.

Учитывая, что потребление энергоресурсов является одним из наиболее объективных и достоверных параметров, характеризующих работу предприятия, анализ структурных изменений в отраслях экономики области можно проводить по данным годового электропотребления.

Первичный анализ динамики годового электропотребления предприятий Свердловской области показал его рост до 2008 года. После чего произошел перелом на снижение электропотребления до 2010 года, и начало нового роста наблюдается в 2010 и 2011 гг. (рис. 2).

Характер изменения электропотребления по отдельным отраслям очень не однозначен. Несмотря на общий спад экономики в 2009 г., на фоне кризиса, имеют место предприятия, устойчиво развивающиеся, являющиеся конкурентоспособными, энергоэффективными. К ним относятся предприятия черной и цветной металлургии, химической промышленности, связи, железнодорожный транспорт. По данным ОАО «Свердловэнергосбыт» рост электропотребления в 2010–2011 гг. обусловлен вводом дополнительных мощностей на крупных промышленных предприятиях, а также естественным ростом потребления электрической энергии населением и предприятиями малого и среднего бизнеса.

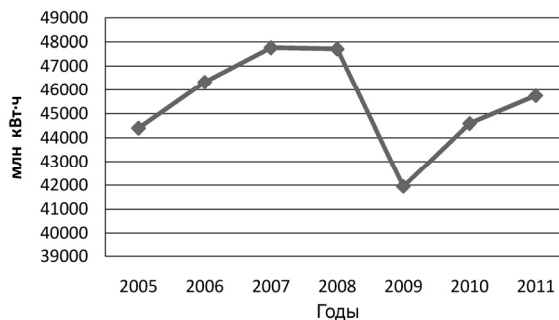


Рис. 2. Динамика годового электропотребления

Важно понять, какие процессы обуславливают вектор снижения и роста электропотребления и как они влияют на развитие системы.

В данной работе мы опираемся на техноценологический подход, являющийся одним из методов анализа и моделирования структуры больших технических систем, разработанный профессором Кудриным Б.И. [4, 5].

Основой указанного метода является представление статистических данных в виде ранговых распределений по параметру электропотребления, которые являются одной из фундаментальных закономерностей целостных систем [7], а также информационным показателем структурной сложности, определяющими стратегию энергоэффективного развития региона.

Электропотребление отдельного предприятия при использовании техноценологического подхода рассматривается не изолированно, а соотносится с другими потребителями, иерархически систематизированными [4–7].

Выявление тенденции электропотребления предприятий области, анализ параметров ранговых распределений создает основу оптимизации управления электропотреблением инфраструктуры региона, дает возможность более точно прогнозировать дальнейшее развитие электроэнергетического комплекса Свердловской области, оценить его устойчивость [5, 7].

Рассматриваемый техноценоз мы определяем как «Предприятия Свердловской области», объеди-

Таблица 1

Динамика ВРП Свердловской области

Наименование показателя	Годы						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ВРП Свердловской области, млрд руб.	475,5	653,9	820,8	944,4	838,8	1008,8	1200
Индекс физического объема ВРП в % к предыдущему году	109,5	111,5	109,4	102,5	88,4	109,8	109

Таблица 2

Динамика потребления электроэнергии [9]

Наименование показателя	Годы						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Электропотребление, млн кВт·ч	44394,6	46321,8	47761,8	47709,2	41947,8	44590	45750
В % к предыдущему году	–	104,34	103,11	99,891	87,92	106,3	102,6

ненные в отрасли (на примере 2686 предприятий).

Методика анализа структуры рангового распределения заключается в следующем.

1. В техноценозе (отрасли области) выделяются элементы (предприятия-особи) и исследуемый параметр – годовое электропотребление.

2. Предприятия ранжируются в порядке убывания величины электропотребления. Первый ранг присваивается предприятию с максимальным параметром [7].

Статистические данные анализируем за период 2005–2011 гг. [3].

Ранговое  $H$ -распределение описывается математическим выражением

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

где  $r$  – ранг объекта,  $W_1$  – величина электропотребления наиболее крупного объекта,  $\beta$  – характеристический показатель, определяющий степень крутизны кривой гиперболического  $H$ -распределения.

Характеристический показатель для всех выборок находится в пределах  $\beta=1,36-2,2$  (рис. 3).

Динамика характеристического показателя позволяет сделать вывод о ценологическом характере исследуемой совокупности предприятий Свердловской области. Кроме того, предел изменения  $\beta$  (1,36–2,2) отражает устойчивость структуры распределения электрохозяйства в целом по региону и этап стабильной работы техноценоза.

Однако заметный рост  $\beta$  в 2007 г. говорит об увеличении разрыва в электропотреблении между несколькими самыми крупными предприятиями и снижении темпов роста электропотребления основной массы малых и средних предприятий. С 2010 года благодаря программам поддержки малого и среднего бизнеса наблюдается его развитие ( $\beta$  снижается).

Ранговые распределения для 2009 и 2011 годов, описывающие соотношение в техноценозе «крупное-мелкое», в графическом виде представляющие собой ряд, где по оси абсцисс откладываются ранг объекта, по оси ординат – величину параметра, проиллюстрированы на рис. 4.

С 2006 по 2009 годы первый ранг принадлежал электроэнергетической отрасли. За ней вторым рангом расположились предприятия черной металлургии. Структура техноценоза меняется с 2010 года, когда происходит резкое снижение электропотребления в электроэнергетике.

Лидирующими по электропотреблению в 2011 году являются четыре отрасли: черная металлургия, железнодорожный транспорт, электроэнергетика и цветная металлургия.

Снижение характеристического показателя в этот период определено уменьшением отрыва крупных предприятий от средних и мелких по электропотреблению.

В 2010–2011 гг. самыми крупными потребителями электроэнергии ( $n=1$ ) в Свердловской энер-

госистеме являются металлургические предприятия (табл. 3).

На рис. 5 представлен результат ранжирования по электропотреблению предприятий Первоуральского городского округа, в состав которого входят предприятия черной металлургии [9].

Новой касте в структуре данного техноценоза составляют металлургические компании.

Чтобы осуществить анализ динамики процессов в техноценозе, необходимо перейти к структурно-топологической динамике [7].

Структурно-топологическая динамика строится добавлением к осям рангового распределения оси – времени (рис. 6).

Ранговая проекция системы координат отражает динамические свойства объекта, которые формируются под влиянием на этот объект динамики техноценоза в целом (рис. 7).

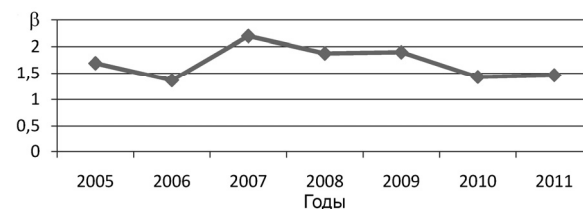


Рис. 3. Динамика характеристического показателя β

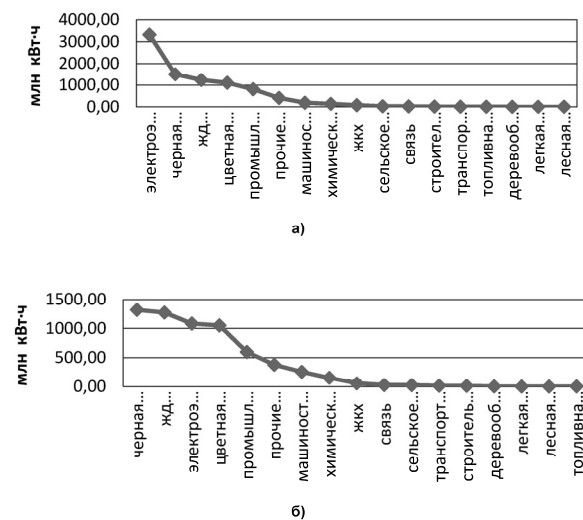


Рис. 4. Ранговое распределение предприятий Свердловской области по электропотреблению за 2009 (а) и 2011 (б) годы

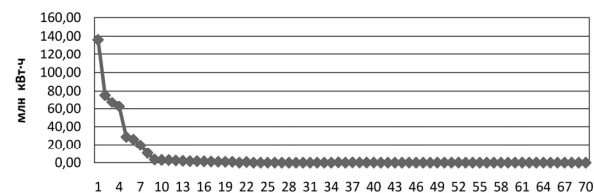


Рис. 5. Ранговое распределение предприятий по электропотреблению Первоуральского городского округа за 2011 год

Таблица 3

## Крупные потребители электроэнергии в Свердловской энергосистеме

Отрасль	№	Наименование предприятия
Производство продукции черной металлургии	1	ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (ООО «ЕвразХолдинг»)
	2	ОАО «Серовский ферросплавный завод» (принадлежит казахской ENRC)
	3	ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод» (ОК РУСАЛ)
	4	ЗАО «Нижнесергинский метизно-металлургический завод» (г.Ревда, г.Н.Серги и г.Березовский, принадлежит ОАО «НЛМК»)
	5	ОАО «ВИЗ-сталь» (ОАО «НЛМК»)
	6	ОАО «Металлургический завод им.Серова» (ОАО «УГМК»)
	7	ОАО «Первоуральский новотрубный завод» (группа ЧТПЗ)
	8	ОАО «Синарский трубный завод» (ОАО «ТМК»)
	9	ОАО «Северский трубный завод» (ОАО «ТМК»)

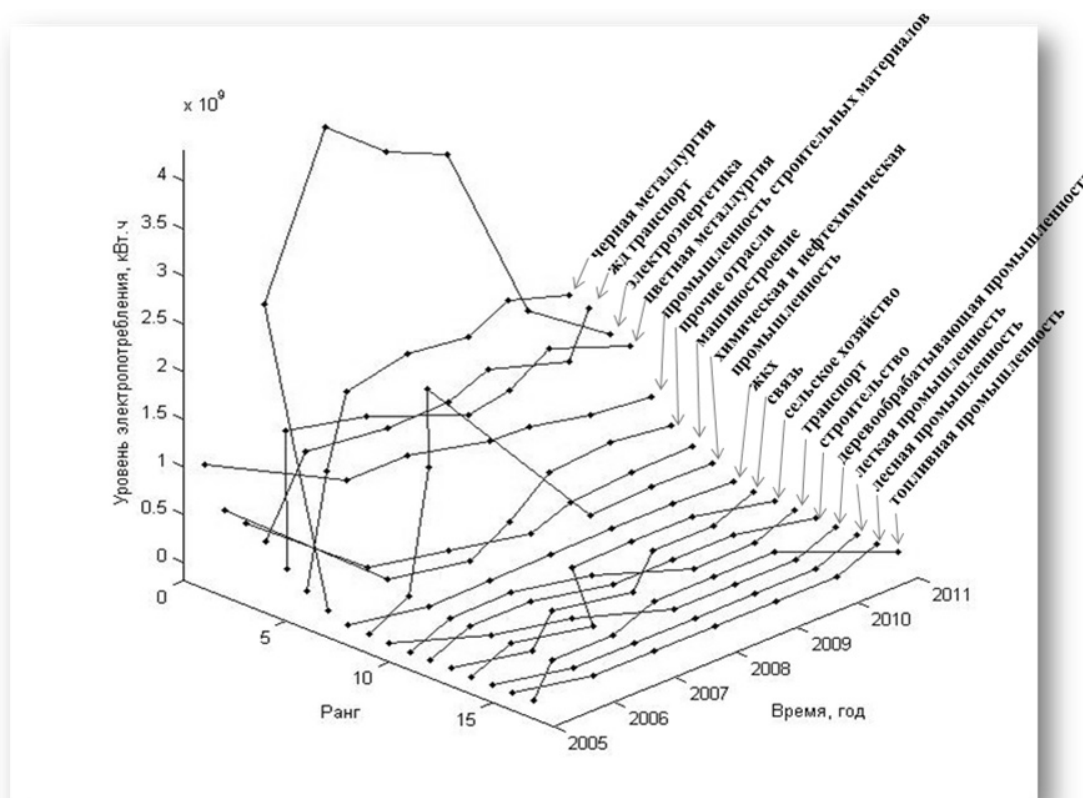


Рис. 6. Структурно-топологическая динамика рангового распределения электропотребления за 7 лет

Значительные изменения электропотребления в течение семи лет наблюдаются в электроэнергетике, черной металлургии, химической промышленности, сельском хозяйстве.

Рост электропотребления в черной металлургии Свердловской области обусловлен активным введением мощностей по производству:

- стали электропечной в 2007 году – 700 тыс. т, в 2009 году – 1298 тыс. т;
- проката черных металлов в 2010 году – 550 тыс. т [8].

Только на Северском трубном заводе, в рамках реконструкции трубных заводов области, в 2009 г. была установлена машина непрерывного литья заготовок на 950 тыс. т [8].

В сельском хозяйстве рост электропотребления в 2008 и 2009 годах обусловлен введением новых производственных помещений для крупного рогатого скота, свиней и птицы.

Однако сравнивая характер динамики электропотребления по Свердловской области (см. рис. 2), индекс физического объема ВРП (см. рис. 1), особенно в кризисный 2009 год, с электропотреблением предприятий по отраслям (рис. 6, 7), можно сделать вывод, что ряд из них устойчиво развивались и оказались не подвержены кризисным явлениям. К ним относятся легкая, лесная, топливная отрасли промышленности, значительного падения объемов производства в которых не произошло.

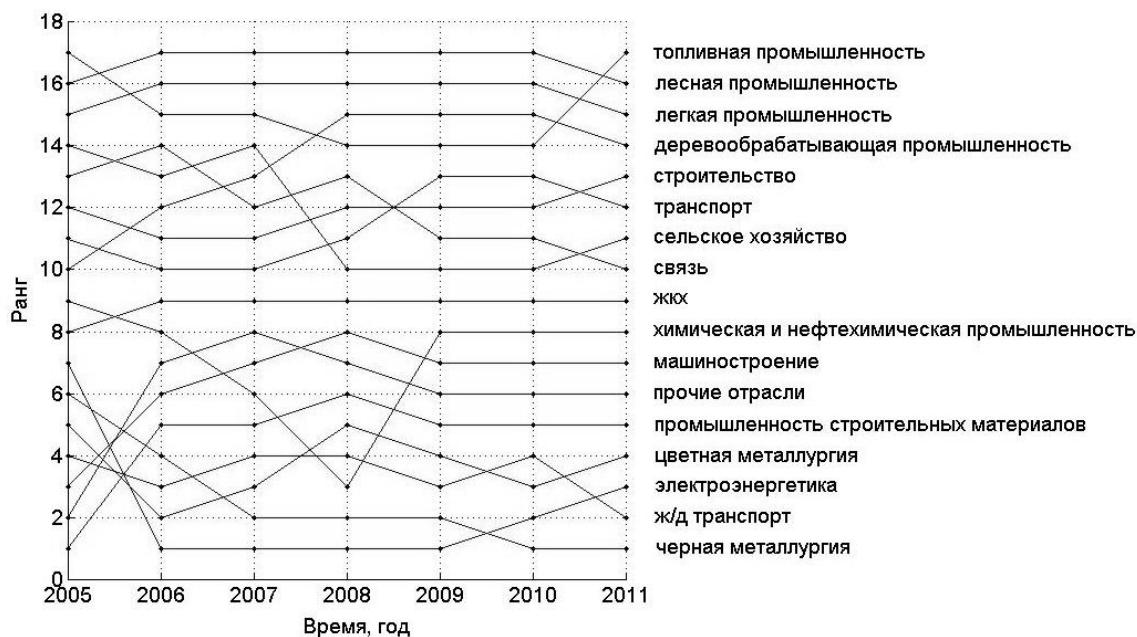


Рис. 7. Структурно-топологическая динамика рангового распределения по электропотреблению в ранговой проекции координат

Снижение ранга (рост электропотребления) в этих отраслях в 2008–2009 годах не означает повышение объема потребления, а свидетельствует об общем снижении электропотребления всех других отраслей. К 2011 году по ранговому показателю электропотребления эти отрасли вернулись в исходное положение 2005–2006 гг.

Таким образом, при техноценологическом подходе к анализу электропотребления нивелируется (сглаживается) влияние кризисных пиков, что позволяет производить анализ, а затем прогноз экономического анализа развития региона, отраслей (видов экономической деятельности) более точно.

В зависимости от ранга электропотребления (рис. 7) наибольший вклад в энергосбережение в прогнозных показателях следует ожидать в следующих отраслях: черная металлургия, железнодорожный транспорт, электроэнергетика, цветная металлургия, строительные материалы. Наименьший результат – в лесной, легкой, топливной промышленности.

## Выводы

1. Применение техноценологического подхода дает математический инструмент, позволяющий рассмотреть структуру и динамику электропотребления предприятий Свердловской области в трех плоскостях: временной период, уровень электропотребления и интенсивность электропотребления.

2. Результаты данного исследования могут быть использованы органами государственной власти и местного самоуправления при анализе и прогнозировании социально-экономического раз-

вития региона и муниципальных образований.

3. Полученные результаты работы позволяют осуществлять расчеты и прогнозы темпов снижения электроемкости (энергоемкости) ВРП. Наибольший вклад в энергосбережение в прогнозных показателях следует ожидать в черной металлургии, железнодорожном транспорте, электроэнергетике, цветной металлургии, строительных материалах, наименьший – в лесной, легкой, топливной промышленности.

## Литература

1. Постановление от 2 июля 2010 г. № 1022-ПП о внесении изменений в региональную программу по энергосбережению и повышению энергетической эффективности свердловской области на 2010–2015 годы и целевые установки на период до 2020 года, одобренную постановлением правительства Свердловской области от 24.03.2010 N 472-ПП «О региональной программе по энергосбережению и повышению энергетической эффективности свердловской области на 2010 – 2015 годы и целевых установках на период до 2020 года».

2. Постановление 24 мая 2010 г. № 821-ПП «Об утверждении программы развития электроэнергетического комплекса Свердловской области 2010–2015 годы и на перспективу до 2020 года».

3. Потребление топливно-энергетических ресурсов крупными и средними организациями Свердловской области в 2010 г.: информационная записка. – Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Свердловской области. – Екатеринбург, 2011. – 19 с.

4. Кудрин, Б.И. Введение в технетику / Б.И. Кудрин. – 2-е изд. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 552 с.

5. Кудрин, Б.И. Ценология. Технетика. Электрика / Б.И. Кудрин. – <http://www.kudrinbi.ru>

6. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов: компьютерная монография / В.И. Гнатюк. – М.: Изд-во ТГУ – Центр системных исследований. 2005, 2011. – <http://gnatukvi.ru/ind.html>.

7. Фуфаев В.В. Структурно-топологическая самоорганизация s-распределений электропотребления техноценозов (на примере организаций региона, предприятий отрасли и регионов России) / В.В. Фуфаев. – <http://www.kudrinbi.ru>.

8. Свердловская область в 2006–2010 годах: Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы статистики по Свердловской области. – Екатеринбург, 2011.

9. [www.ersds.e-burg.ru](http://www.ersds.e-burg.ru)

Поступила в редакцию 20.02.2012 г.

**Федорова Светлана Владимировна** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизированных систем электроснабжения, проректор, Российский государственный профессионально-педагогический университет, г. Екатеринбург. Область научных интересов – стратегия энергоэффективности предприятий, организаций, учреждений. Контактный телефон: 8 (343) 382-70-29.

**Fedorova Svetlana Vladimirovna** is a Candidate of Science (Engineering), an associate professor, a head of Automated Systems of Electric Supply, Vice-rector of the Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg. Research interests: energy efficiency strategy of enterprises, organizations, institutions. Telephone: 8 (343) 382-70-29.

**Третьяков Анатолий Петрович** – доцент, Институт экономики и управления, Российский государственный профессионально-педагогический университет, г. Екатеринбург. Область научных интересов – экономика, энергосбережение. Контактный телефон: 8 (343) 382-70-29.

**Tretiakov Anatoliy Petrovich** is an Associate Professor of Economics and Management Institute of the Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg. Research interests: economics and energy conservation. Telephone: 8 (343) 382-70-29.