

Эконометрический анализ факторов спроса на электроэнергию в России.

1. Цель работы: выявление и количественная оценка факторов спроса на электроэнергию в России с целью построения среднесрочного прогноза электропотребления.

2. Задачи:

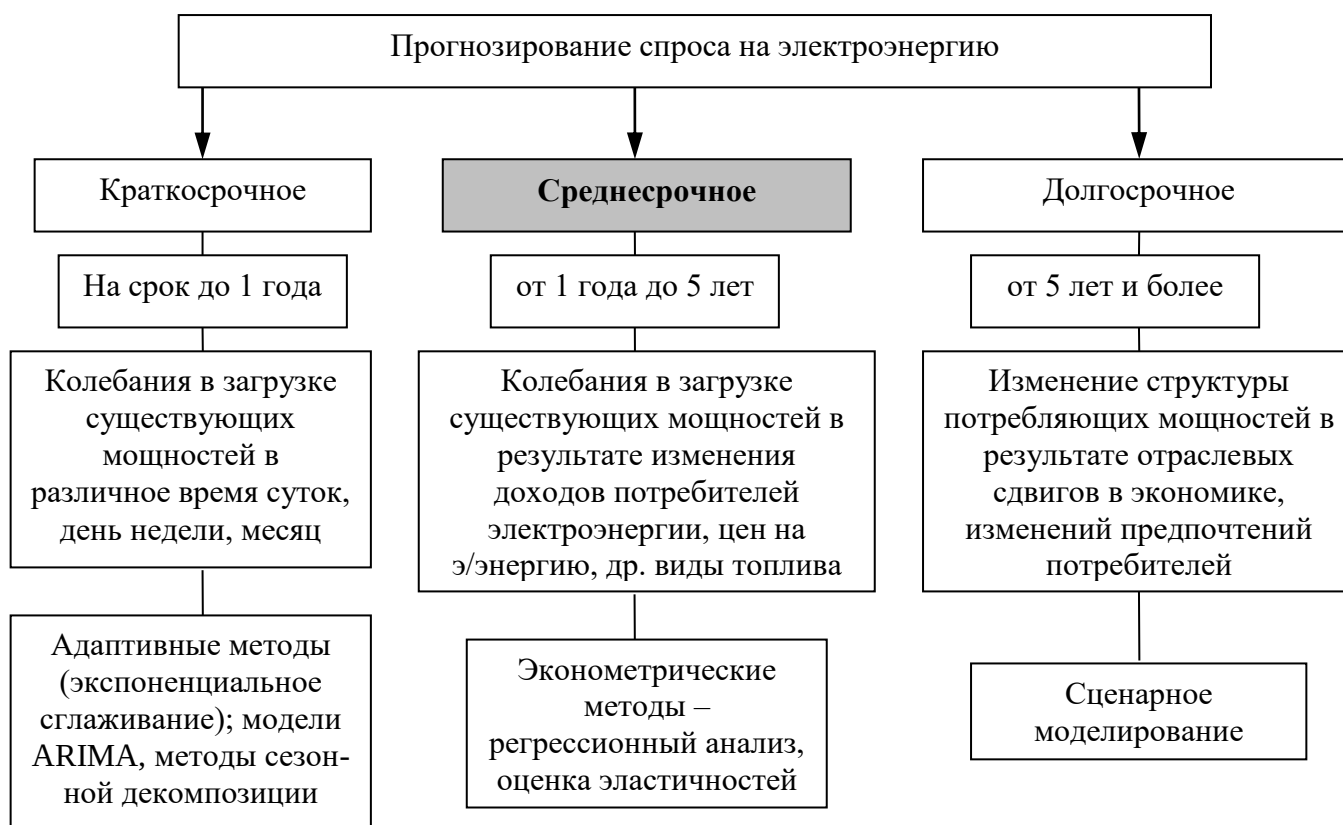
1. Обзор существующих зарубежных и отечественных работ по данной тематике.
2. Обоснование и оценка выбранных спецификаций модели спроса на электроэнергию
3. Построение прогноза спроса на электроэнергию в России до 2010 года.
4. Сравнение полученных прогнозов с существующими прогнозами спроса на электроэнергию в России.

3. Идейная постановка (актуальность) проблемы.

1) Период с 2001 до 2006 года: низкие темпы прироста спроса на электроэнергию, локальные кризисы. Независимые исследователи: необходимо скорректировать прогнозы спроса в большую сторону в связи с надвигающимся электроэнергетическим кризисом.

2) 2006 год: резкий рост спроса на 3,8%. РАО «ЕЭС»: пролонгация текущего шока на долгосрочную перспективу, необходимость развертывания инвестиционной программы по введению дополнительных энерго мощностей. Независимые исследователи: выяснение природы шока спроса, поиск альтернативных прогнозов спроса, научное обоснование их для того, чтобы понять обоснованность расходования средств на инвестиционную программу.

4. Место среднесрочных прогнозов спроса на электроэнергию в спектре прогнозов электропотребления.



5. Предпосылки появления эконометрических методов прогнозирования спроса на электроэнергию.

До 1970-х в США прогноз спроса – 7% в год. В 70-х резкий рост цен на энергию, замедление экономического роста → несоответствие прогнозных значений фактическим (NERC 5-7% в год, фактически – 2-3% в год, *Nelson, Peck* 1985) → появление структурных эконометрических методов.

А) Первая волна работ 1970 - 1980-е года: разработка базовых положений и методов.

Б) Современный этап 1990-е – по наше время: «украшение» работ современными мощными эконометрическими методами.

6. Краткий обзор работ, внесших наибольший вклад в развитие методов оценки среднесрочных эластичностей спроса на электроэнергию.

1951 Х. Хаутаккер (*Hendrik S. Houthakker*) первое эконометрическое исследование спроса на электроэнергию.

1962 Ф. Фишер, К. Кейзен (*Franklin M. Fisher, Carl Kaysen*) первыми отделили кратко- и среднесрочные эластичности спроса на электроэнергию от долгосрочных. В кратко- и среднесрочном периоде запас оборудования фиксирован, в зависимости от факторов меняются коэффициенты загрузки существующих мощностей. В долгосрочном периоде меняется запас оборудования.

А) Модель оценки кратко- и среднесрочных эластичностей:

W_{it} – совокупная мощность оборудования i -ого домохозяйства в момент времени t , измеренная в киловатт-часах.

q_{it} – величина фактически потребленной электроэнергии, которая зависит от коэффициентов загрузки различных видов техники.

u_{it} – коэффициенты загрузки.

i – номер наблюдения, t – период времени

$$q_{it} = u_{it} \cdot W_{it} = u_{it}(Y_{it}, P_{it}) \cdot W_{it} \quad (1)$$

Y_{it} – реальный доход на душу населения.

P_{it} – реальная цена электричества.

$$q_{it} = P_{it}^{\alpha} Y_{it}^{\beta} W_{it} \quad (2)$$

$$\ln q_{it} = \alpha \ln P_{it} + \beta \ln Y_{it} + \ln W_{it} \quad (3)$$

$$\frac{W_{it}}{W_{it-1}} = e^{\gamma_i} \quad (4)$$

$$\ln W_{it} - \ln W_{it-1} = \gamma_i$$

$$\ln q_{i,t} - \ln q_{i,t-1} = \gamma_i + \alpha_i (\ln P_{i,t} - \ln P_{i,t-1}) + \beta_i (\ln Y_{i,t} - \ln Y_{i,t-1}), \quad (5)$$

$\hat{\alpha}_i$ и $\hat{\beta}_i$ – это оценки кратко- и среднесрочных эластичностей спроса по цене и доходу.

Б) Модель оценки долгосрочных эластичностей:

Зависимая переменная: $\ln W_{it} - \ln W_{it-1}$

Объясняющие переменные: перечень экономических и демографических показателей.

1973 Х. Хаутаккер, Ф. Верлиджер, Д. Шинан (*Hendrik S. Houthakker, Philip K. Verleger, Dennis P. Sheenan*) предложили гипотезу частичной корректировки

$$\ln q_t - \ln q_{t-1} = \varphi (\ln q_t^* - \ln q_{t-1}) + \eta_t \quad (6)$$

q_t – фактическое потребление электричества в период t .

q_t^* – желаемое или равновесное потребление электричества.

$0 < \varphi \leq 1$ – коэффициент корректировки.

$$\ln q_t^* = \alpha + \beta_1 \ln x_{1t} + \beta_2 \ln x_{2t} + \dots + \beta_k \ln x_{kt} + \varepsilon_t, \quad (7)$$

где $x_{1t}, \dots, x_{kt}$ – факторы спроса (например, уровень дохода, цены), определяющие желаемое потребление электроэнергии

$$\ln q_t^* = \frac{1}{\varphi} \ln q_t + \frac{\varphi - 1}{\varphi} \ln q_{t-1} - \frac{1}{\varphi} \eta_t. \quad (8)$$

Правая часть уравнения (7) подставляются в уравнение (8) и получившееся уравнение переписывается в виде следующей спецификации:

$$\ln q_t = \alpha\varphi + (1-\varphi)\ln q_{t-1} + \beta_1\varphi\ln x_{1t} + \beta_2\varphi\ln x_{2t} + \dots + \beta_k\varphi\ln x_{kt} + \nu_t, \quad (9)$$

$$\frac{\partial \ln q_t}{\partial \ln x_{it}} = \beta_i\varphi \quad - \text{краткосрочная эластичность спроса на электроэнергию по } x_{it}.$$

В среднесрочном периоде $\varphi \rightarrow 1$, следовательно, $\beta_i\varphi \rightarrow \beta_i$, что представляет собой оценку среднесрочной эластичности спроса на электроэнергию по параметру x_i .

Данная спецификация в англоязычной литературе – flow-adjustment model: потребление в текущем периоде зависит от потребления в предыдущем.

1975 Р. Хелворсен (*Robert Halvorsen*) предложил оценивать систему одновременных уравнений функций спроса и предложения электроэнергии. Простейший пример:

$$Q_t^S = \alpha_1 + \alpha_2 P_t + \varepsilon_t$$

$$Q_t^D = \beta_1 + \beta_2 P_t + \beta_3 Y_t + \varepsilon_t$$

$$Q_t = Q_t^D = Q_t^S$$

Современный этап развития эконометрических методов

- Анализ **коинтегрированности** рядов, построение модели корректировки ошибок с целью обнаружения устойчивой связи между потреблением электроэнергии и его детерминантами. (*Hondoyiannis 2004; Hultedahl, Joutz 2004*)

Пример: $Q_t \sim I(1)$,

$Y_t \sim I(1)$

Необходимо построить регрессию вида $Q_t = \beta_1 + \beta_2 Y_t + \varepsilon_t$

Тогда если $\varepsilon_t \sim I(0)$, то ряды Q_t и Y_t коинтегрированы.

Модель корректировки ошибок: $\Delta Q_t = \beta_1 + \beta_2 \Delta Y_t + \beta_3 \varepsilon_{t-1} + u_t$, если $\beta_3 < 0$ и значима, то связь устойчива.

- Применение на одних данных методов оценки только спроса (flow-adjustment model) и методов оценки систем одновременных уравнений (спроса и предложения) (*Kamerschen, Porter 2004*)
- Применение **VAR моделей** для оценки функции спроса (*Hultedahl, Joutz 2004*).

$$\text{Пример: } Z_t = \begin{pmatrix} Q \\ P \\ Y \end{pmatrix}_t = \Pi_0 + \sum_{i=1}^k \Pi_i Z_{t-i} + \sum_{j=1}^m \Theta_j X_{t-j} + E_t$$

Здесь вектор Z – эндогенные переменные, которые предполагается, зависят сами от себя, например, потребление электроэнергии, доход, цены электроэнергии, а вектор X – экзогенные переменные, например, температура, цены других видов топлива

- Применение **векторных моделей корректировки ошибок** (VEC model – vector error correction model) (*Zachariadis, Pashourtidou 2007*)

$$\Delta Q_t = \beta_{01} + \beta_{11} \Delta Q_t + \beta_{21} \Delta Y_t + \beta_{31} \Delta P_t + \beta_{41} \Delta TDD_t + \beta_{51} (Q_t + bY_{t-1} + cP_{t-1} + d) + u_{1t}$$

$$\text{Пример: } \Delta Y_t = \beta_{02} + \beta_{12} \Delta Q_t + \beta_{22} \Delta Y_t + \beta_{32} \Delta P_t + \beta_{42} \Delta TDD_t + \beta_{52} (Q_t + bY_{t-1} + cP_{t-1} + d) + u_{2t}$$

$$\Delta P_t = \beta_{03} + \beta_{13} \Delta Q_t + \beta_{23} \Delta Y_t + \beta_{33} \Delta P_t + \beta_{43} \Delta TDD_t + \beta_{53} (Q_t + bY_{t-1} + cP_{t-1} + d) + u_{3t}$$

- Применение **моделей ARDL** – autoregressive distributed lags (*Halicioglu 2007*):

$$\text{Пример ARDL}(1,1,1): Q_t = \beta_1 + \beta_2 Y_t + \beta_3 Y_{t-1} + \beta_4 Q_{t-1} + u_t$$

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \approx iid(0, \sigma^2)$$

7. Классификация работ посвященных оценке эластичностей спроса на электроэнергию.

Критерий №1: Тип спроса

- со стороны жилищного сектора
- со стороны коммерческого сектора и торговли
- со стороны промышленности
- со стороны национальной экономики (всех отраслей)

Критерий №2: Уровень агрегации (единица наблюдений)

- домашнее хозяйство
- (производственное предприятие)
- город
- компания-поставщик электроэнергии
- регион (штат)
- страна

Критерий №3: Тип данных

- пространственная выборка
- временной ряд
- панельные данные

Критерий №4: Тип зависимой переменной

- потребление электроэнергии всеми экономическими субъектами, составляющими данный тип спроса
- потребление электроэнергии на одного экономического субъекта
- расходы на электроэнергию на одного экономического субъекта

Критерий №5: Тип включенной цены на электроэнергию

- средняя цена
- предельная цена

Критерий №6: Спецификация уравнения регрессии

- позволяющая оценить один тип эластичностей
- позволяющая оценить два типа эластичностей (кратко- и среднесрочные), flow-adjustment model
- оценка одновременных уравнений функций спроса и предложения электроэнергии
- оценка VAR-моделей
- оценка VEC-моделей
- оценка моделей распределенных лагов с авторегрессионной компонентой, ARDL

Критерий №7: периодичность данных

- годовые
- квартальные
- помесечные

Таблица 1. Классификационная таблица работ посвященных оценке эластичностей спроса на электроэнергию.

Тип данных	Уровень агрегации (единица наблюдений)				
	домашнее хозяйство	город	компания- поставщик электроэнергии	регион (штат)	страна
Спрос со стороны жилищного сектора					
пространст венная выборка	Lee, Singh 1994	Houthakker 1951		Anderson 1973	
		Wilson 1971		Yang 1978	
временной ряд			Murray, Spann, Pulley, Beauvais 1987	Lakhani, Bumb 1978	Houthakker, Taylor 1970
					Hondoyiannis 2004
					Holtedahl, Joutz 2004
					Kamerschen, Porter 2004
					Halicioglu 2007
панельные данные			Lyman 1973	Fisher, Kaysen 1962	
				Mount, Chapman, Tyrell 1973	
				Houthakker, Verleger, Sheenan 1973	
				Halvorsen 1975	
				Westley 1984	
Спрос со стороны коммерческого сектора и торговли					
временной ряд			Murray, Spann, Pulley, Beauvais 1987	Lakhani, Bumb 1978	
панельные данные			Lyman 1973	Mount, Chapman, Tyrell 1973	
Спрос со стороны промышленности					
пространст венная выборка				Anderson 1971	
временной ряд			Murray, Spann, Pulley, Beauvais 1987	Lakhani, Bumb 1978	Baxter, Rees 1968
					Kamerschen, Porter 2004
панельные данные			Lyman 1973	Mount, Chapman, Tyrell 1973	
Спрос со стороны национальной экономики (всех отраслей)					
временной ряд			Murray, Spann, Pulley, Beauvais 1987		Kamerschen, Porter 2004
					Лукаш, Поливин, Савин 2006

Источник: составлено автором.

8. Включение объясняющих переменных в функцию спроса

- Доход (или выпуск) и цены на электроэнергию исходя из функции спроса (все авторы):

$$Q_t^D = \beta_1 + \beta_2 P_t + \beta_3 Y_t + \varepsilon_t$$
- Цены других видов топлива – заменителей электроэнергии. Чаще всего включают цену газа, редко – цену угля, кокса, нефти (Anderson 1971, 1973)
- Переменные характеризующие климатические условия: 2 типа
 - А) Средняя температура января и июля (Anderson 1973; Mount, Chapman, Tyrell 1973)

Б) HDD и CDD – heating degree days, cooling degree days – количество дней обогрева (охлаждения)

$$HDD = \sum_{i=1}^n \max(0, T^* - t_i), \quad CDD = \sum_{i=1}^n \max(0, t_i - T^*)$$

n – количество дней во временном промежутке (месяце, квартале, году),

T^* - пороговая температура,

- для Испании T^* составляет 18,3°C (Moral-Carcedoa, Vicens-Otero 2005),
- для Тайваня T^* (CDD)=23 °C и 27 °C (Holtedahl, Joutz 2004)
- для Израиля T^* (HDD)=10 °C, T^* (CDD)=25°C (Beenstock, Goldin, Nabot 1999)
- для Ливана T^* (HDD)=18,6 °C, T^* (CDD)=23,3 °C (Nasr, Badr, Dibeh 2000)
- для Кипра T^* (HDD)= 18°C, T^* (CDD)=22°C (Zachariadis, Pashourtidou 2007)
- Специфические переменные характерные для определенного типа спроса.
 - А) Спрос со стороны развивающихся экономик на длительном временном промежутке: включается **уровень урбанизации** как показатель, характеризующий экономическое развитие.
 - Тайвань 1958-1995 (Holtedahl, Joutz 2004)
 - Турция 1968-2005 (Halicioglu 2007)
 - Б) Спрос со стороны промышленности или коммерческого сектора и торговли: включается уровень занятости в этих секторах.
 - В) Спрос со стороны населения: среднее количество комнат на 1 д/х, среднее количество членов семьи, доля одинокохозяйствующих единиц и т.п.

9. Оценка эластичностей спроса на электроэнергию для России.

9.1. Обоснование выбора спецификации модели спроса на электроэнергию.

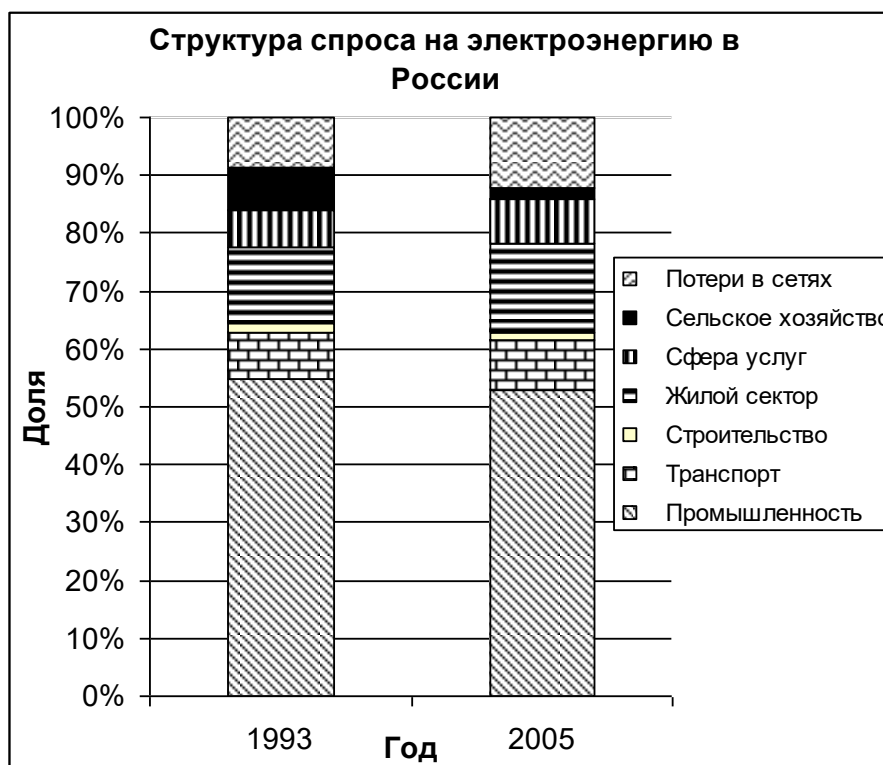
А) Выбор типа спроса (критерий №1)

Наиболее разработанные методы (из табл. 1) оценки эластичностей спроса со стороны жилищного сектора.

В России а) доля жилищного сектора относительно мала (см. рис. 1)

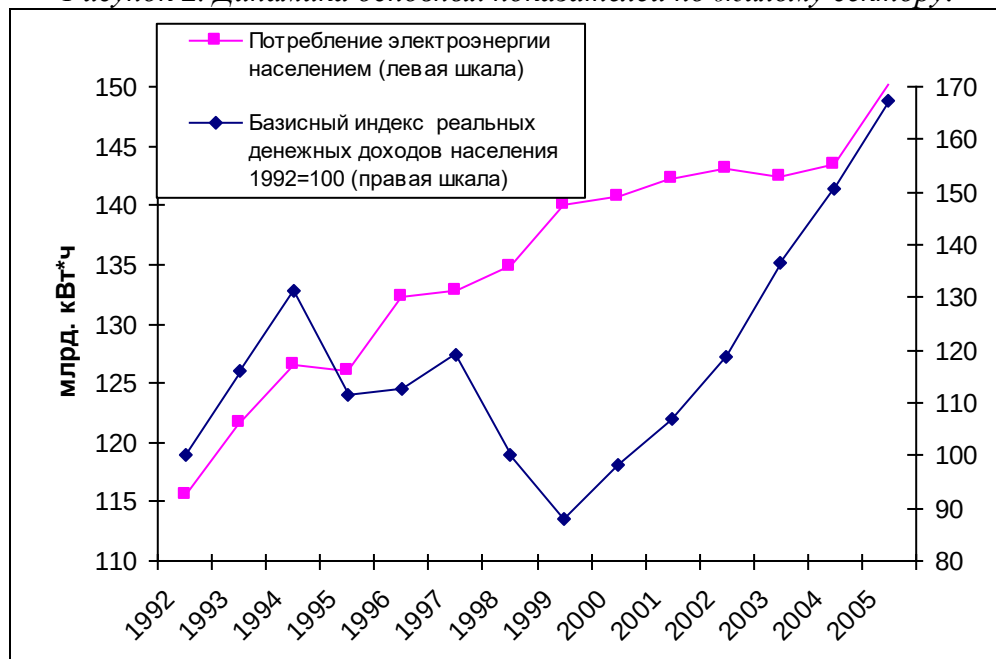
б) нет связи между потреблением э/э жилым сектором и реальными доходами населения (см. рис.2).

Рисунок 1. Структура спроса на электроэнергию в России.



Источник: построено автором.

Рисунок 2. Динамика основных показателей по жилому сектору.



Источник: построено автором на основе данных ИЭФ, www.cir.ru, www.hse.ru и собственных расчетов.

Вследствие «неправильного» поведения жилищного сектора были оценены эластичности спроса со стороны национальной экономики (всех отраслей) России.

Б) Выбор уровня агрегации, типа данных из актуальности.

В) Выбор спецификации уравнения регрессии (эконометрических методов)

- Только со стороны спроса
- Не оценивались одновременные уравнения, VAR-модели, VEC-модели, так как эти методы предполагают наличие влияния выпуска на цены. В России цены по настоящее время регулируются государством (до 2006 года доля нерегулируемых цен равнялась 0, в 2006 – 5%, в 2007 – 15%).

9.2. Описание выбранной модели спроса на электроэнергию.

Тип спроса: со стороны национальной экономики (всех отраслей)

Уровень агрегации: страна

Тип данных: временной ряд

Тип зависимой переменной: потребление электроэнергии всеми экономическими субъектами, составляющими данный тип спроса

Тип включенной цены на электроэнергию: средняя цена

Спецификация уравнения регрессии

- позволяющая оценить один тип эластичностей

Модель Фишера-Кейзена: $\ln q_t - \ln q_{t-1} = \gamma + \alpha(\ln P_t - \ln P_{t-1}) + \beta(\ln Y_t - \ln Y_{t-1})$

- позволяющая оценить два типа эластичностей (кратко- и среднесрочные), flow-adjustment model

Модель частичной корректировки: $\ln q_t = \alpha\phi + (1-\phi)\ln q_{t-1} + \beta_1\phi\ln P_t + \dots + \beta_k\phi\ln Y_t + v_t$,

Периодичность данных

- годовые
- квартальные

9.3. Оценка эластичностей спроса на электроэнергию в России на основе годовых данных.

Зависимая переменная: *потребление электроэнергии* по России за год (**KWH**, млрд. кВт-ч).

Объясняющие переменные:

1. *реальный ВВП* в ценах 2000 года (**YR**, в млрд. руб.)
2. *реальные средние цены производителей электроэнергии* на конец года в ценах 2000 года (**P**, руб. за тыс. кВт-ч.).
3. Средние *температуры января и июля* рассчитаны как средневзвешенные по электропотреблению регионов России температуры января и июля в регионах (**JAN**, **JUL**, в градусах Цельсия).

Таблица 2. Основные результаты по модели Фишера-Кейзена, годовые данные.

Зависимая переменная $\Delta \text{LN}(\text{KWH})$, порядок интегрируемости - I(0)									
Спецификация	Sample	Объясняющие переменные					Константа	Adj R-squared	Prob (F-stat)
		$\Delta \text{LN}(\text{YR})$	$\Delta \text{LN}(\text{P})$	$\Delta \text{LN}(\text{JAN})$	AR(1)	MA(1)			
		I(0)	I(0)	I(0)					
1	1995-2007	0,419*	-0,049*		-0,38**		-0,006*	0,826	0
2	1994-2006	0,448*	-0,039*			-0,99*	-0,007*	0,942	0
3	1994-2007	0,467*					-0,007**	0,85	0
4	1998-2006	0,249*		0,027*			0,006	0,848	0,001

Источник: составлено автором с использованием пакета EViews.

Примечание

* - коэффициент значим на 5% уровне

** - коэффициент значим на 10% уровне

Розовым цветом выделены эластичности по реальным ценам

Синим цветом выделены эластичности по реальному ВВП

Логарифм абсолютного значения температуры января.

Приведем для понимания таблицы в явном виде конечный результат по спецификации 2.

$$\Delta \text{LN}(\text{KWH}) = -0,007 - 0,039 \cdot \Delta \text{LN}(\text{P}) + 0,448 \cdot \Delta \text{LN}(\text{YR}) - 0,99 \cdot \mu_{t-1}$$

$$\text{Adjusted R-squared} = 0,942$$

Таблица 3. Основные результаты по модели частичной корректировки, годовые данные.

Зависимая переменная LNKWH , порядок интегрируемости - I(1)									
Спецификация	Sample	Объясняющие переменные					Константа	Adj R-squared	Prob (F-stat)
		$\text{LNKWH}(-1)$	LNYR	LNP	LNJAN	MA(1)			
		I(1)	I(1)	I(1)	I(1)				
1	1993-2006	0,848*		-0,101*			1,669*	0,87	0
2	1993-2005	0,271*	0,233*	-0,034*		-0,978*	3,061*	0,991	0
3	1993-2006	0,291*	0,269*				2,398*	0,958	0
4	1998-2006		0,333*		0,025*		3,731*	0,993	0

Источник: составлено автором с использованием пакета EViews.

Примечание:

* - коэффициент значим на 5% уровне

** - коэффициент значим на 10% уровне

В каждой спецификации ряды коинтегрируемы.

Розовым цветом выделены эластичности по реальным ценам.

Синим цветом выделены эластичности по реальному ВВП.

Зеленым цветом выделен показатель (1 - параметр корректировки).

Приведем для понимания таблицы в явном виде конечный результат по спецификации 2.

$$\text{LNKWH} = 3,061 + 0,271 \cdot \text{LNKWH}_{-1} - 0,034 \cdot \text{LNP} + 0,233 \cdot \text{LNYR} - 0,978 \cdot \mu_{-1}$$

$$\text{Adjusted R-squared} = 0,991, \text{ все коэффициенты значимы на 5\% уровне.}$$

9.4. Оценка эластичностей спроса на электроэнергию для России на основе квартальных данных.

Описание рядов данных.

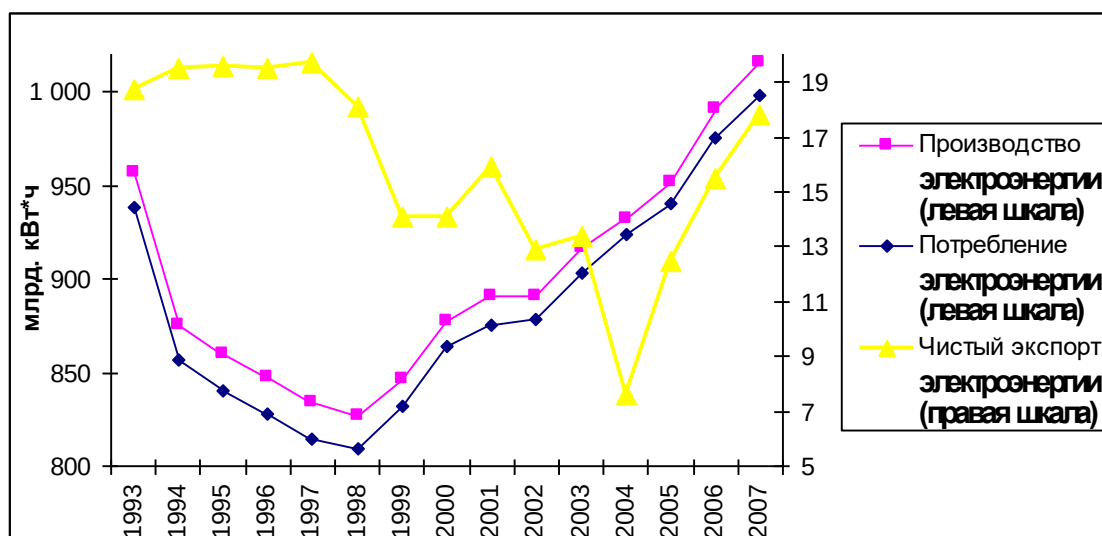
Зависимые переменные:

1. **производство электроэнергии** в России за квартал скорректированное на сезонность (**KWH_trend**, млн. кВт-ч).
2. **производство электроэнергии** в России за квартал **НЕ** скорректированное на сезонность (**KWH**, млн. кВт-ч).

Объясняющие переменные:

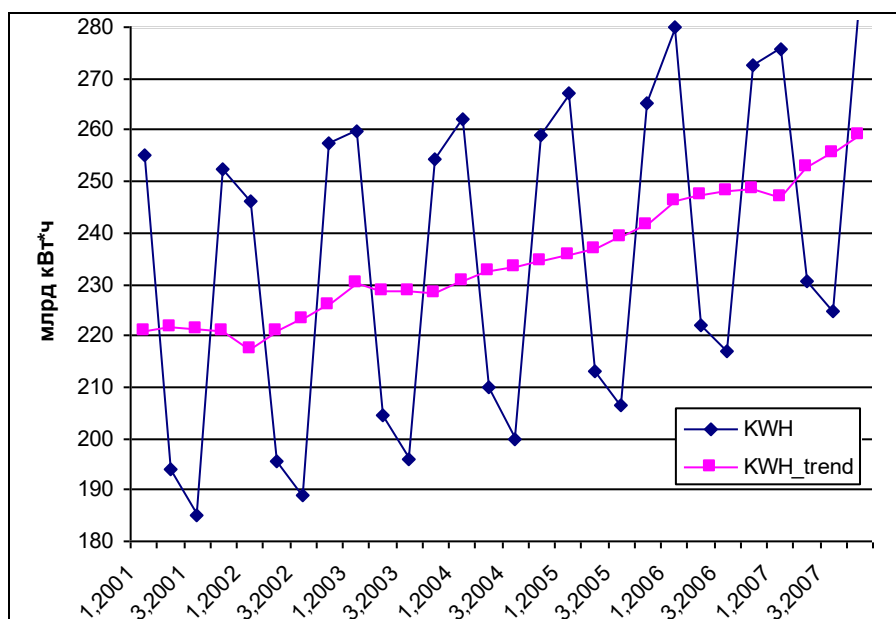
1. **реальный ВВП** в 1 квартала 2003 года для квартальных данных (**YR**, в млрд. руб.)
2. **реальные средние цены производителей на электроэнергию**, отпущенную различным категориям потребителей в ценах 1 кв. 2003 года (**P**, руб. за тыс. кВт-ч.).
3. **Среднеквартальная температура** рассчитана как средневзвешенная по электропотреблению регионов России среднеквартальная температура в столицах регионов (**TEMP**, в градусах Кельвина = °C+273,15).

Рисунок 3. Динамика производства, потребления и чистого экспорта электроэнергии в России.



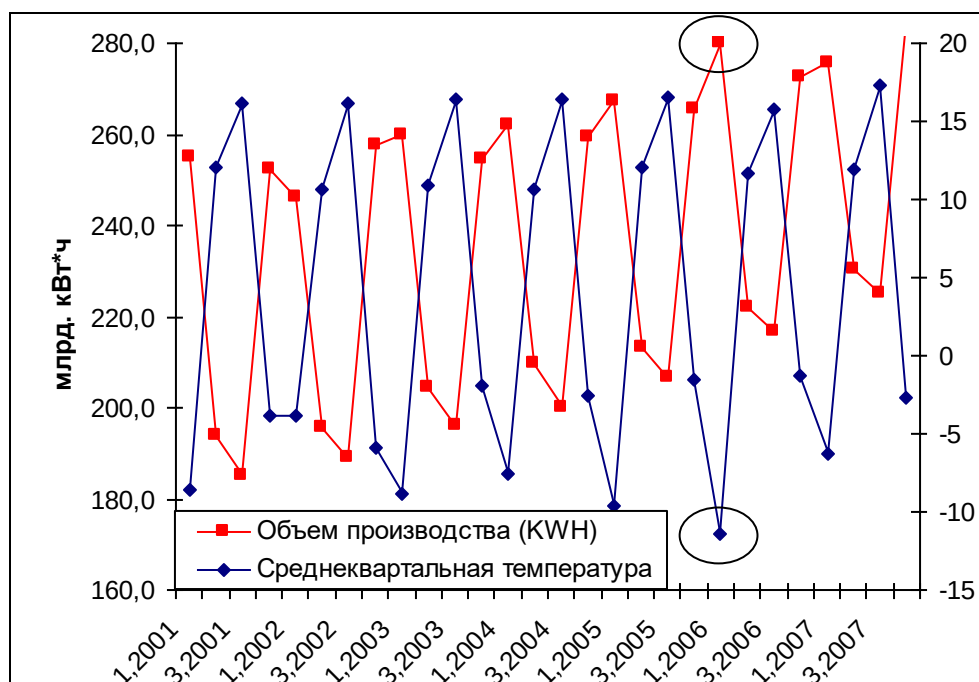
Источник: построено автором.

Рисунок 4. Динамика поквартального производства электроэнергии (KWH) и скорректированного на сезонность производства электроэнергии (KWH_trend).



Источник: построено автором.

Рисунок 5. Связь производства электроэнергии, НЕкорректированного на сезонность, и среднеквартальной температуры.



Источник: построено автором.

Таблица 4. Основные результаты по модели частичной корректировки, квартальные данные с зависимой переменной – LNKWH_trend.

Зависимая переменная LNKWH_trend, порядок интегрируемости - I(1)							
Спецификация	Sample	Объясняющие переменные			Константа	Adj R-squared	Prob (F-stat)
		LNKWH_trend(-1)	LNRYR	LNP			
		I(1)	I(1)	I(1)			
1	2001:2-2007:4	0,59*	0,16*		3,75*	0,976	0
2	2001:1-2007:4		0,34*	-0,06**	9,93*	0,969	0

Источник: составлено автором с использованием пакета EViews.

Примечание:

* - коэффициент значим на 5% уровне

** - коэффициент значим на 10% уровне

В каждой спецификации ряды коинтегрируемы.

Розовым цветом выделены эластичности по реальным ценам.

Синим цветом выделены эластичности по реальному ВВП.

Зеленым цветом выделен показатель (1 - параметр корректировки).

Приведем для понимания таблицы в явном виде конечный результат по спецификации 2.

$$LNKWH_TREND = 9,93 + 0,34LNRYR - 0,06LNP$$

$$\text{Adjusted R-squared} = 0,969$$

Все коэффициенты значимы на 10% уровне значимости, ряды коинтегрируемы.

Таблица 5. Основные результаты по модели частичной корректировки, квартальные данные с зависимой переменной – LNKWH.

Зависимая переменная LNKWH, порядок интегрируемости - I(1)						
Спецификация	Sample	Объясняющие переменные		Константа	Adj R-squared	Prob (F-stat)
		LNRYR	LNTEMP			
		I(1)	I(1)			
1	2001:1-2007:4	0,41*	-3,4*	28,16*	0.962	0

Источник: составлено автором с использованием пакета EViews.

Примечание:

* - коэффициент значим на 5% уровне

В спецификации ряды коинтегрируемы.

9.5. Выводы по основным факторам электропотребления в России.

- Главным детерминантом потребления электроэнергии в России является ВВП.
- Эластичность электропотребления по ценам невелика либо влияние отсутствует.
- Зимние аномалии температуры влияют на потребление электроэнергии.
- Связь электропотребления с летними температурами не обнаружена.

10. Обоснование климатической природы шока спроса на электроэнергию в 2006 году.

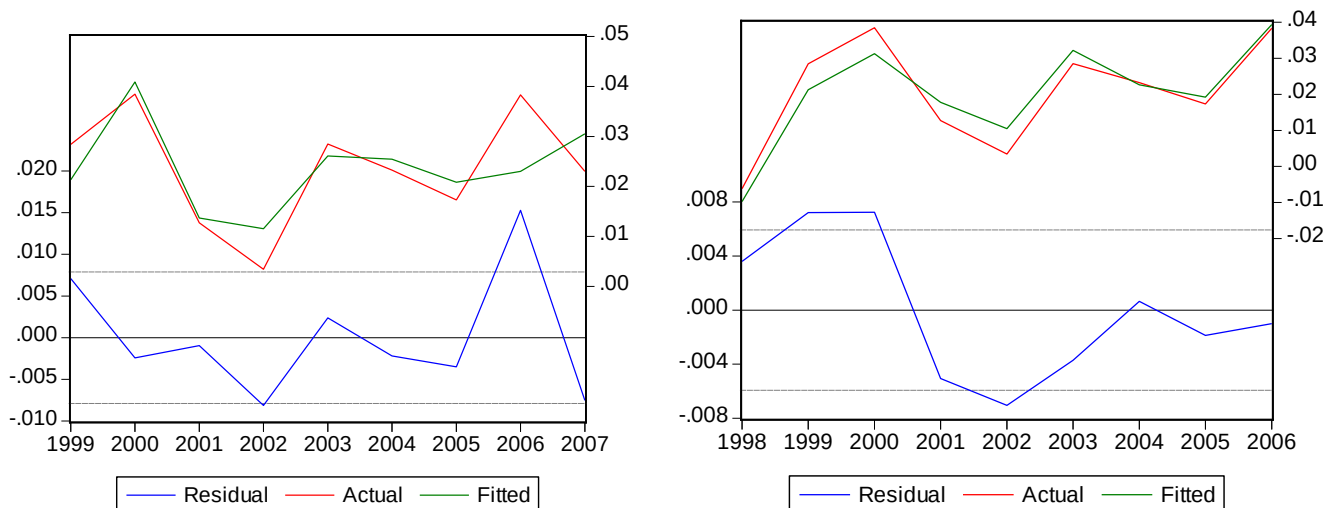
10.1. На основе годовых данных.

Таблица 6. Регрессии по модели Фишера-Кейзена на основе годовых данных на периоде экономического роста в России с включением \ невключением температурной переменной.

Зависимая переменная $\Delta \text{LN}(\text{KWH})$, порядок интегрируемости - $I(0)$						
Спецификация	Sample	Объясняющие переменные		Константа	Adj R-squared	Prob (F-stat)
		$\Delta \text{LN}(\text{YR})$	$\Delta \text{LN}(\text{JAN})$			
		$I(0)$	$I(0)$			
1	1999-2007	0,552*		-0,014	0,525	0,016
2	1998-2006	0,249*	0,027*	0,006	0,848	0,001

Источник: составлено автором.

Рисунок 6. Графики остатков регрессий, фактических и модельных зависимых переменных в спецификации 1 (слева) и спецификации 2 (справа).



Источник: построено автором.

10.2. На основе квартальных данных.

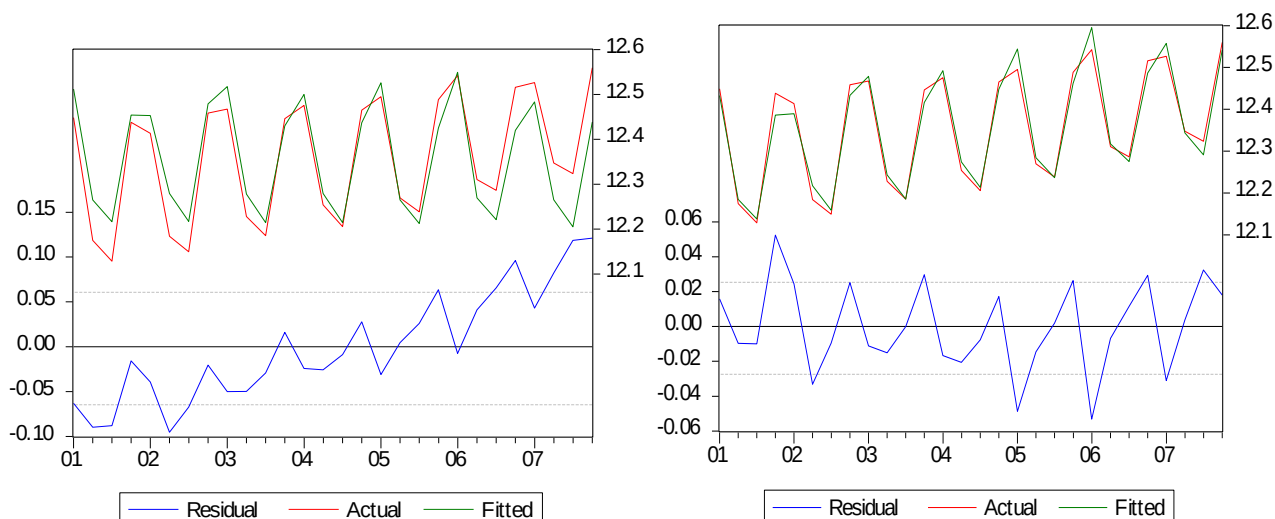
Связь производства электроэнергии, НЕскорректированного на сезонность, и среднеквартальной температуры (см. график 5). 1 квартал 2006 года: резкое понижение среднеквартальной температуры сопровождается всплеском производства электроэнергии (в кружках).

Модель в таблице 5: ЛУЧШАЯ спецификация. Повышательный тренд потребления электроэнергии объясняется повышательным трендом ВВП (YR очищен от сезонности), сезонные колебания электропотребления объясняются сезонными колебаниями среднеквартальной температуры.

Таблица 7. Регрессии на основе квартальных данных по России с включением \ невключением реального ВВП.

Зависимая переменная LNKWH , порядок интегрируемости - $I(1)$						
Спецификация	Sample	Объясняющие переменные		Константа	Adj R-squared	Prob (F-stat)
		LNYR	LNTEMP			
		$I(1)$	$I(1)$			
1	2001:1-2007:4		-3,3*	30,97*	0,791	0
2	2001:1-2007:4	0,41*	-3,4*	28,16*	0,962	0

Рисунок 7. Графики остатков регрессий, фактических и модельных зависимых переменных в спецификации 1 (слева) и спецификации 2 (справа).



Источник: построено автором.

11. Прогнозирование среднесрочного спроса на электроэнергию в России до 2010 года

11.1. на основе годовых данных.

В качестве базового сценария прогнозирования объясняющих переменных были использованы прогнозы ЦМАКП основных макроэкономических показателей до 2011 года.

Таблица 8. Макроэкономические параметры прогноза электропотребления.

	Динамика ВВП, темпы прироста в % к пред. году	Индекс-дефлятор ВВП в % к пред. году	Индекс цен на электроэнергию
2008	107,3	118,6	119,4
2009	106,7	110,8	125,4
2010	106,2	111,4	120,6

Источник: ЦМАКП.

2 варианта спецификаций эконометрических моделей:

- 1) включение в модель в качестве регрессора ТОЛЬКО реального ВВП;
- 2) включение в модель как реального ВВП, так и реальных цен на электроэнергию.

Таблица 9. Матрица прогнозных значений.

	Спецификация без реальных цен		Спецификация с реальными ценами	
	Средний темп прироста к пред. периоду в %	потребление в 2010 году, млрд кВт*ч	Средний темп прироста к пред. периоду в %	потребление в 2010 году, млрд кВт*ч
Модель Фишера-Кейзена	2,4	1072	2	1054
	(спецификация 1, таблица 2)		(спецификация 3, таблица 2)	
Модель частичной корректировки	2,2	1067	1,8	1049
	(спецификация 2, таблица 3)		(спецификация 3, таблица 3)	

Источник: составлено автором на основе данных www.cir.ru и с использованием пакета EViews.

Основные выводы по построенным прогнозам по годовым данным:

- Прогнозные значения потребления электроэнергии по различным спецификациям (Фишера-Кейзена и модель частичной корректировки) близки друг к другу.
- Прогноз с включением цен на электроэнергию ниже, чем без учета цен.

11.2. на основе квартальных данных.

В качестве базового сценария прогнозирования объясняющих переменных были использованы прогнозы ЦМАКП основных макроэкономических показателей до 2011 года.

Прогнозирование было осуществлено по двум значимым моделям, представленных в разделе «Анализ эластичностей по России в целом на основе квартальных данных».

2 варианта спецификаций эконометрических моделей:

- 1) включение в модель в качестве регрессора ТОЛЬКО реального ВВП;
- 2) включение в модель как реального ВВП, так и среднеквартальной температуры.

Таблица 10. Прогнозирование по квартальным данным

Год	Спецификация без температуры Спецификация 1, таблица 4		Спецификация с температурой Спецификация 1, таблица 5			
			На прогнозном периоде температура равняется средней за 2001-07 гг		На прогнозном периоде температура как в 2006г	
	Потребление в год, млрд кВт*ч	Темп прироста спроса, в %	Потребление в год, млрд кВт*ч	Темп прироста спроса, в %	Потребление в год, млрд кВт*ч	Темп прироста спроса, в %
2008	1047	4,9	1051	5,3	1060	6,2
2009	1073	2,5	1080	2,8	1089	2,8
2010	1100	2,5	1108	2,6	1117	2,6

Источник: построено автором с использованием пакета EViews

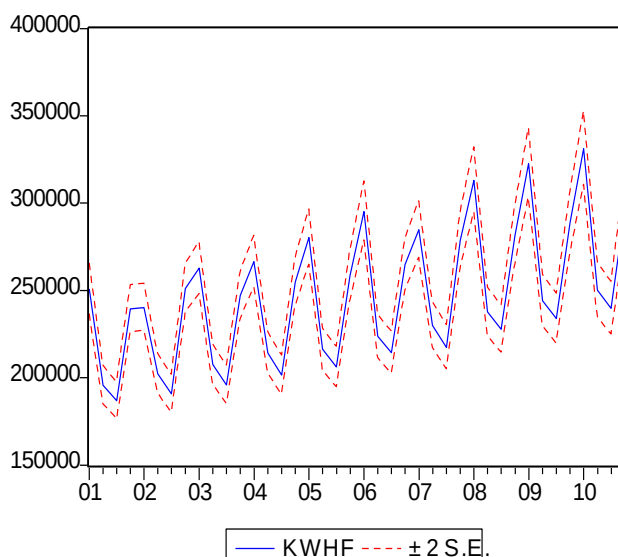
Основные выводы по построенным прогнозам по квартальным данным:

- Прогнозы по спецификациям с температурой выше
- При более холодной зиме прогнозы спроса на электроэнергию выше

Объяснение различий между прогнозами по годовым и по квартальным данным

- Квартальные данные учитывают последние тенденции в экономике (2001-2007гг)
- Высокие прогнозные темпы прироста спроса по квартальным данным в 2008 году объясняются а) более высокими прогнозными темпами прироста ВВП – см. табл. 8, б) низким ростом спроса в 2007 году.

Рисунок 8. График прогнозных значений потребления электроэнергии, Нескорректированного на сезонность по спецификации с температурой, на прогнозном периоде температура как в 2006г .



Источник: построено автором.

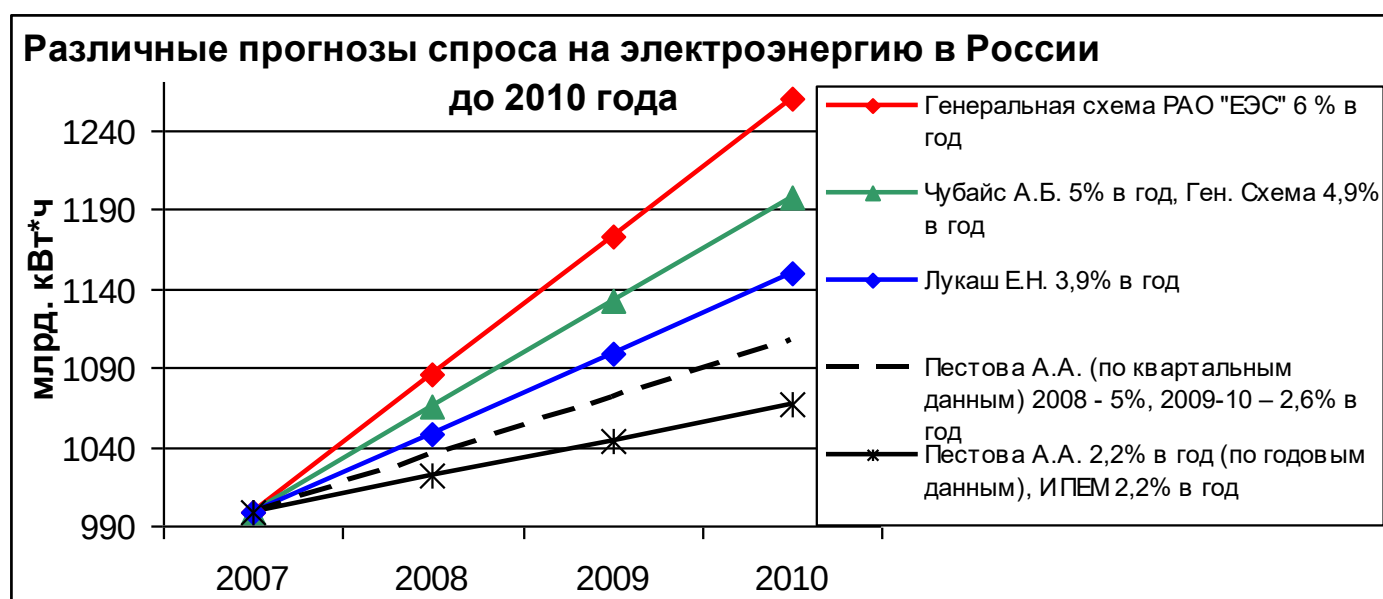
12. Сравнение полученных прогнозов с прогнозами из других источников.

Таблица 11. Сводная таблица прогнозов спроса на электроэнергию из различных источников

№ п/п	Автор	Дата	Прогноз спроса к 2010 году, Млрд. кВт*ч	Среднегодовой темп прироста до 2010 года, %	Применяемые методы прогнозирования
1	А. А. Пестова. Эконометрический анализ факторов спроса на электроэнергию в России. МГУ им. Ломоносова	14.05.2008	1049-1072	1,8-2,4	Эконометрические модели в различных спецификациях, прогноз ВВП - сценарий ЦМАКП
			1100-1117	2008 -5% 2009-10 – 2,6%	
2	Е. Н. Лукаш, О. С. Поливин, В. В. Савин. Надвигающийся электроэнергетический кризис в России: сроки и масштабы. МГУ им. Ломоносова	11.11.2006	1148,7	3,9	Модель частичной корректировки (эластичность спроса по ВВП = 0,33). Прогноз ВВП – удвоение 2000-10
3	А. Б. Чубайс. Новая инвестиционная программа. РАО «ЕЭС России»	13.02.2007	1198	5	Экстраполяция краткосрочных тенденций (2006 года) на среднесрочную перспективу.
4	Б. Ф. Вайнзихер. «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года». Предложения РАО «ЕЭС России»	05.04.2007	1197 – 1260 (базовый – максимальный)	4,9 – 6 (базовый – максимальный)	
5	В. Б. Христенко. «Об обеспечении экономики страны электроэнергией и газом». МинПромЭнерго	30.11.2006	1067 - 1198	2,1 - 5	2,1 – экстраполяция тенденций 2000 – 2005
					5 – экстраполяция тенденций 2006 с учетом заявок на подключение
6	Ю. З. Саакян, Н. В. Порохова. Прогнозирование в электроэнергетике и новые факторы роста спроса на электроэнергию. ИПЕМ	12.2007	1066	2,2	На основе средней эластичности электропотребления по ВВП за 1998-2007гг (0,3) и прогнозов ВВП МЭРТ

Источник: составлено автором.

Рисунок 9. Различные прогнозы спроса на электроэнергию в РФ до 2010 года.



Источник: построено автором.

1) Прогнозы РАО основаны на краткосрочном шоке (прирост спроса на электроэнергию – 3,9% против в среднем 2,1% в 2000-2005 гг). Резкое увеличение спроса на электроэнергию в 2006 году не было тенденцией (в 2007 году темп прироста спроса составил 2,3%).

2) Для того чтобы в базовом варианте иметь средний рост спроса на электроэнергию на уровне 4% в год, темпы роста ВВП должны быть выше 10% в год (при текущей эластичности – см. рис. 9)

Рисунок 9. Динамика эластичностей электропотребления по ВВП в России.



Источник: построено автором.

3) Генеральная схема прогнозирует увеличение эластичности к ВВП до 0,8 к 2010 году. Показатель эластичности достаточно консервативен и устойчив и вряд ли может резко измениться в краткосрочной перспективе. По мнению экспертов ИПЕМ, нет оснований для его значительного роста, так как в среднем по миру последние 50 лет он имел тенденцию к снижению, а высокие значения эластичности электропотребления характерны для периода индустриализации.

Таблица 12. Параметры Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 года.

Показатели	2005 г.	2006–2010 г.		2011–2015 г.		2016–2020 г.	
		Базовый	Макси-мальный	Базовый	Макси-мальный	Базовый	Макси-мальный
Параметры социально-экономического развития							
Среднегодовой рост ВВП,%	6,4	6,2	7,1	6,2	7,5	6,2	7,5
Индекс промышленного производства, %	4,0	4,5	5,0	4,9	5,4	5,0	5,9
Прогноз электропотребления							
Потребление электроэнергии, млрд кВт·ч	941	1197	1260	1426	1600	1710	2000
Среднегодовой темп роста, %	1,8	4,9	6,0	3,6	4,9	3,7	4,6
Эластичность к ВВП, %/%	0,28	0,8	0,85	0,58	0,65	0,59	0,61
Электроёмкость ВВП, % от 2005 г.	100	94	96	83	84	74	73

Источник: ИПЕМ.

ВЫВОД: Прогнозы РАО «ЕЭС» до 2010 года завышены, так как существует устойчивая тесная связь между спросом на электроэнергию и ВВП, а также устойчивая эластичность электропотребления по ВВП. Была доказана климатическая природа шока электропотребления в 2006 году.

Последствия завышенных прогнозов РАО «ЕЭС»:

- принятие инвестиционной программы РАО «ЕЭС» по вводу мощностей до 2010 года (исходя из роста спроса – 5%)
- разработка генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 года (рост спроса до 2010 года 5-6%)

Источники инвестиционной программы РАО «ЕЭС»

А) тарифные источники

Б) средства, привлеченные от продажи генерирующих компаний внешним инвесторам (механизм – «обязаловка»)

Возможная цепочка развития последствий реализации масштабной инвестиционной программы.

а) рост тарифов

РАО «ЕЭС России» утвердило инвестиционную программу по вводу дополнительных генерирующих мощностей на 2006 – 2010 гг. исходя из прогнозов роста спроса 5-6% в год в объеме 29 ГВт стоимостью 3 трлн руб. По расчетам ИПЕМ, каждый процент ошибки в прогнозе - это дополнительно 2 млрд. долл. инвестиций в год. А учитывая, что 1/3 программы – это тарифные источники, рост тарифов неизбежен. Расчеты ИПЕМ показывают, что для реализации этой инвестиционной программы тарифы на электроэнергию должны расти на 20 – 25% в год.

Последние данные: На последнем заседании под руководством премьера Виктора Зубкова правительство принято решение повысить ставки тарифов на продукцию естественных монополий, в том числе на электроэнергию. В 2008-2011 гг. цены на электроэнергию в среднем вырастут примерно в 2,1 раза. Прежний вариант повышения энерготарифов был в среднем на 10 п. п. ниже (старый вариант — 15-16% в 2009 г., 13-15% в 2010 г.). Для населения с 2009 г. электричество будет ежегодно дорожать на четверть (прежний вариант — на 15-18%).

Таблица 13. Параметры роста тарифов на электроэнергию в 2008-2011 гг.

%		2008	2009	2010	2011
Средние конечные цены для потребителей	А*	16,7	26	22	18
	В**	19,6	25,4	20,6	19,3
Регулируемые тарифы		112	19	13-14	16
Регулируемые тарифы для населения		14	25	25	25

Источник: «Коммерсант».

* В среднем за год к предыдущему году

** Декабрь к декабрю

б) сжатие спроса

Результатом роста цен на электроэнергию может стать вывод из эксплуатации производств, теряющих конкурентоспособность, дальнейшее падение конкурентоспособности отечественных производителей, а значит — сокращение темпов роста ВВП.

в) дальнейшее снижение электропотребления

Быстрый рост тарифов, сопровождающийся сжатием спроса, может привести, по расчетам ИПЕМ, к дальнейшему снижению прироста энергопотребления в течение 3-4 лет с нынешних 2,2% в год до 1,5-1,8% (см. прогнозы по спецификациям с реальными ценами по годовым данным).

г) обострение проблем с ликвидностью банковской системы страны в условиях быстрого роста тарифов.

В условиях быстро растущих тарифов на услуги естественных монополий правительство не будет значительно повышать прогноз инфляции, будет стараться удерживать ее на уровне 10% и ниже. Единственным оставшимся методом для борьбы с инфляцией останется «зажим» предложения денег, что может негативно сказаться на ликвидности банковской системы.

13. Выводы.

- На основе спецификаций, принятых в мировой практике, были оценены эластичности спроса на электроэнергию в России
- ВПЕРВЫЕ в эконометрический анализ факторов спроса на электроэнергию в России были включены температурные переменные
- Доказана климатическая природа шока спроса на электроэнергию в 2006 году в России
- Построены прогнозы электропотребления до 2010 года, альтернативные РАО и МинПромЭнерго

14. Список использованной литературы.

1. Anderson, K. P. Residential Energy Use: An Econometric Analysis. The Rand Corporation (R-1297-NSF), October 1973.
2. Anderson, K. P. Toward Econometric Estimation of Industrial Energy Demand: An Experimental Application to the Primary Metals Industry. The Rand Corporation (R-719-NSF), December 1971.
3. Baxter, R. E. and Rees, R. Analysis of the Industrial Demand for Electricity // Economic Journal, Vol. 78 (June 1968), pp. 277-298.

4. Beenstock, M., Goldin, E., Nabet, D. The demand for electricity in Israel // *Energy Economics* 21 (1999) pp. 168–183.
5. Fisher, F. M. and Kaysen, C. A Study in Econometrics: The Demand for Electricity in the United States. Amsterdam: North Holland Publishing Co.. 1962.
6. Halicioglu, F. Residential electricity demand dynamics in Turkey // *Energy Economics* 29 (2007) pp. 199–210
7. Halvorsen R. Residential Demand for Electric Energy // *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 57, No. 1, (Feb., 1975), pp. 12-18
8. Holtedahl P. and Joutz F. L. Residential electricity demand in Taiwan // *Energy Economics* 26 (2004) pp.201–224
9. Hondroyannis, George. Estimating residential demand for electricity in Greece // *Energy Economics* 26 (2004) pp. 319– 334.
10. Houthakker, H. S. and Taylor, L. D. Consumer Demand in the United States, 2nd ed. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1970.
11. Houthakker, H. S. Some Calculations of Electricity Consumption in Great Britain // *Journal of the Royal Statistical Society (A)*. Vol. 114. Part 111 (1951). pp. 351-371.
12. Houthakker, H. S., P. K. Verleger, and D. I. Sheehan. Dynamic Demand Analysis for Gasoline and Residential Electricity // *American Journal of Agricultural Economics*, May 1974, 412-27.
13. Kamerschen, D. R. and Porter, D. V. The demand for residential, industrial and total electricity, 1973–1998 // *Energy Economics* 26 (2004) pp. 87–100
14. Lakhani, H.D. and BUMB B. Forecasting Demand for Electricity in Maryland: An Econometric Approach // *Technological forecasting and social change* 11 (1978) pp. 237-261.
15. Lee, Ray-Shine; Singh, Nirvikar. Patterns in Residential Gas and Electricity Consumption: An Econometric Analysis // *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 12, No. 2. (Apr., 1994), pp. 233-241.
16. Lyman, R. A. Price Elasticities in the Electric Power Industry. Department of Economics, University of Arizona, October 1973.
17. Moral-Carcedo, J. and Vicens-Otero, J. Modelling the non-linear response of Spanish electricity demand to temperature variations // *Energy Economics* 27 (2005) pp. 477– 494
18. Mount, T. D., Chapman, L. D. and Tyrrell, T. J. Electricity Demand in the United States: An Econometric Analysis. Oak Ridge National Laboratory (ORNL-NSF-49), Oak Ridge, Tenn.. June 1973.
19. Murray, Michael P.; Spann, Robert; Pulley, Lawrence; Beauvais, Edward. The Demand for Electricity in Virginia // *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 60, No. 4. (Nov., 1978), pp. 585-600.
20. Nasr, G.E., Badr, E.A., Dibeh, G. Econometric modeling of electricity consumption in post-war Lebanon. *Energy Economics* 22 (2000), pp. 627–640.
21. Nelson, Charles R. and Peck, Stephen C. A Retrospective Analysis of the NERC Summary Forecasts // *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 3, No. 3, (Jul., 1985), pp. 179-187
22. Taylor, L. D. The Demand for Electricity: A Survey // *The Bell Journal of Economics*, Spring 1975, 74-110.
23. Westley, Glenn D. Electricity Demand in a Developing Country // *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 66, No. 3. (Aug., 1984), pp. 459-467.
24. Wilson J. W. Residential Demand for Electricity // *Quarterly Review of Economics and Business*, Vol. 11. No 1 (Spring 1971). pp. 7-22.
25. Yang, Yung Y. Temporal Stability of Residential Electricity Demand in the United States // *Southern Economic Journal*, Vol. 45, No. 1. (Jul., 1978), pp. 107-115.
26. Zachariadis, T., Pashourtidou, N. An empirical analysis of electricity consumption in Cyprus. *Energy Economics* 29 (2007), pp. 183–198.
27. Сайт высшей школы экономики. URL: <http://www.hse.ru/> Раздел «Наука». Экономико-статистические базы данных.
28. Сайт УИС Россия. URL: <http://www.cir.ru/>
29. Сайт Министерства экономического развития России. URL: <http://www.economy.gov.ru/>
30. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Основы эконометрики.
31. Доугерти К. Введение в эконометрику. - М.: ИНФРА-М, 1997.
32. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. – М.: Дело, 2004.
33. Берндт Э. Практика эконометрики: классика и современность. Глава 7. «Спрос на электроэнергию: структурный подход и применение методов временных рядов». М.: – Юнити-Дана, 2005.
34. Саакян Ю. З., Порохова Н. В.. Прогнозирование в электроэнергетике и новые факторы роста спроса на электроэнергию // *Академия Энергетики* № 6 [20] декабрь 2007.

35. Катышев П.К., Пересецкий А.А., Чернавский С.Я., Эйсмонт О.А. Влияние повышения тарифов на природный газ и электроэнергию на отрасли российской экономики.
36. Egorova S., Volchkova N. and Tourdyeva N.. Sectoral and regional analysis of industrial electricity demand in Russia // Working Paper #. – Moscow, New Economic School, 2004.
37. Эйфельд М.А. Эконометрическое моделирование спроса на энергоресурсы в России.
38. Е.Н. Лукаш, О.С. Поливин, В.В. Савин «Надвигающийся электроэнергетический кризис в России: сроки и масштабы». 2006.
39. Об обеспечении экономики страны электроэнергией и газом. Презентация В.Христенко 30.11.2006
40. Energy Industry: Retarding or Driving Force for Economic Advancement? Презентация А. Чубайса 13.02.2007
41. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года. Презентация Б. Вайнзихера 05.04.2007
42. О перспективах развития электроэнергетики Российской Федерации. Презентация МинПромЭнерго 07.06.2006.