

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРОСБЕРЕЖЕНИЯ В МАКРОРЕГИОНЕ

В статье на примере стратегии социально-экономического развития региона рассматриваются вопросы оценки стратегических прогнозов электропотребления с учетом возможных ситуаций в электросбережении. Предлагается некий методический способ такой оценки, базирующийся на использовании эконометрического и экономико-математического инструментария.

Ключевые слова: электропотребление, электросбережение, метод главных компонент, экономико-математические модели, стратегия Сибири.

Известно, что энергосбережение и энергоэффективность в последнее время в российском экономическом (и не только) лексиконе стали ключевыми словами. Повышение количественных значений этих показателей объявлено приоритетом внутренней политики российского государства, определены конкретные краткосрочные и долгосрочные меры ее реализации. В этой связи становится чрезвычайно интересным анализ разработанных стратегических прогнозов социально-экономического развития регионов России в части отображения этого приоритета в количественных параметрах развития. Проведем такой анализ на примере прогнозов электропотребления в Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 г. [1]. Прежде чем приступить к решению поставленной задачи, дадим характеристику сложившегося состояния в производстве и потреблении электроэнергии в Сибирском федеральном округе (СФО) в 2000-х гг. Оценку сложившейся ситуации определим на основании данных электробаланса СФО за 2000–2008 гг.¹

За анализируемый период потребление электроэнергии в регионе опережало ее выработку как по абсолютным величинам (в млн кВт), так и по темпам роста (рис. 1).

При росте потребления электроэнергии в регионе ее величина в рубле внутреннего регионального продукта СФО, измеренного в постоянных ценах 1995 г., неуклонно падала (рис. 2). Это означало опережающий рост экономики региона относительно темпов изменения электропотребления в 2000–2008 гг. Разумеется, не может быть речи об электросбережении.

В аналитических целях, для определения связей между динамикой электропотребления и динамикой производства основных потребителей за период 2000–2008 гг., были рассчитаны коэффициенты парной корреляции Пирсона. В матрицу корреляционного анализа были включены следующие показатели: валовой региональный продукт, основные фонды, степень износа основных фондов, продукция промышленного производства, мощность электростанций, выработка электроэнергии, продукция строительства, объем отправления грузов и пассажиров железнодорожным транспортом, продукция сельского хозяйства, оборот розничной торговли, объем платных услуг населению, объем услуг связи населению, объем коммунальных услуг населению, объем потребления электроэнергии, число использованных передовых производственных технологий, объем инвестиций и сальдированный финансовый результат.

¹ Отчетные данные ОАО УК «Сибирьэнерго».

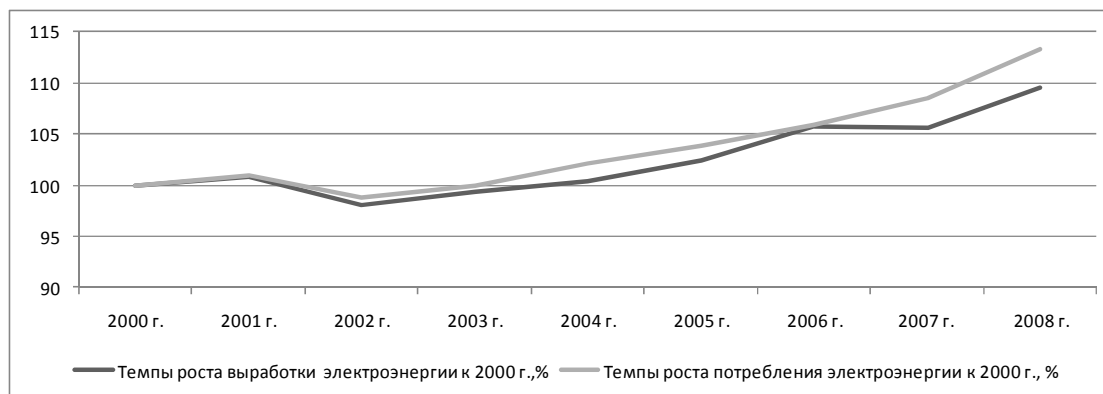


Рис. 1. Динамика выработки и потребления электроэнергии в СФО за 2000–2008 гг.

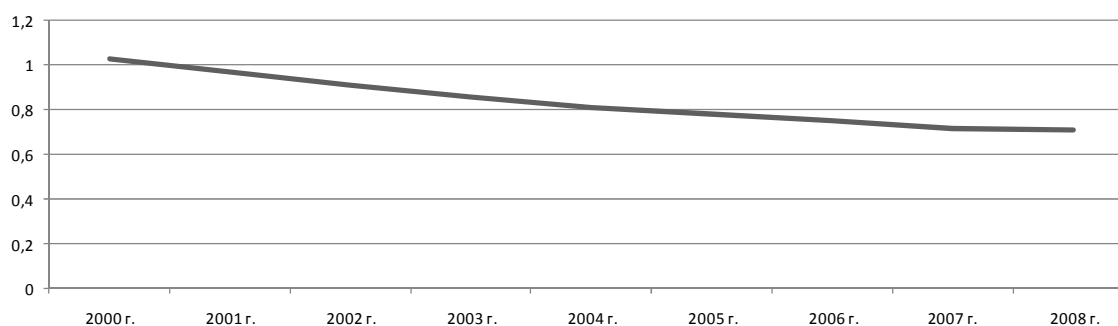


Рис. 2. Динамика потребленной электроэнергии (в кВт) в рубле ВРП СФО в постоянных ценах 1995 г.

Наиболее существенные связи показателя потребления электроэнергии наблюдались со следующими показателями: мощность электростанций – коэффициент корреляции Пирсона – 0,93 и объемами выработки электроэнергии – 0,94. Менее существенные связи наблюдались с величиной валового регионального продукта – 0,68, размером основных фондов – 0,74, объемом промышленного производства – 0,68. С остальными показателями коэффициенты корреляции Пирсона не превышали 0,6. Однако делать какие-то выводы относительно уровня независимости электропотребления необходимо с большой долей осторожности, для более корректного объяснения наблюдаемых корреляций необходимо более детальное представление структуры производства товаров и услуг в регионе. В табл. 1 показана структура потребления электроэнергии в СФО за анализируемый период.

Необходимо согласиться со специалистами Института экономики и организации промышленного производства СО РАН по поводу их заключения о том, что электропотребление [2] – «сложная многофакторная функция». Поэтому исследовать эту функцию и прогнозировать ее динамику следует с позиций системного подхода. Инструментарием для него могут служить аппараты эконометрического факторного анализа и экономико-математического моделирования, позволяющих, как известно, рассматривать экономические процессы во взаимосвязях влияющих параметров. В данной статье нами была осуществлена попытка оценить взаимовлияния экономики Сибирского Федерального округа и электропотребления с помощью указанных методов. Факторный анализ, а точнее метод главных компонент, позволил определить некоторые агрегированные показатели, построенные на системе основных показателей экономики, а экономико-математические методы способствовали оптимизации показателей гипотетических ситуаций, которые могут возникнуть в прогнозных динамиках электропотребления в макрорегионе. Экстремальные значения агрегированных показателей выступали как критерии оптимизации.

Таблица 1

Структура потребления электроэнергии в СФО, %

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Всего потреблено	100	100	100	100	100	100	100	100	100
в том числе									
в промышленности	58,7	58,7	58,9	58,4	59,3	52,7	57,2	57,8	57,2
в строительстве	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,9	1,2	1,0
в сельском хозяйстве	2,8	2,4	2,1	1,9	1,7	1,7	1,5	1,4	1,2
в сфере услуг населением	5,2	5,7	5,8	5,9	6,3	10,9	7,4	7,4	7,9
прочее	22,8	22,7	23,0	23,3	23,0	24,0	23,6	22,9	23,3

Для расчета агрегированных показателей были использованы все вышперечисленные статистические данные по регионам СФО, пересчитанные в удельные на рубль внутреннего валового продукта (сам внутренний региональный продукт пересчитан в душевой). Общий размер исходной матрицы для анализа составил 108 наблюдений (12 регионов СФО за 9 лет) и 18 переменных (статистических показателей). С помощью пакета SPSS методом главных компонент были получены три компонента, которые по наибольшим значениям факторных нагрузок на соответствующие показатели представляют капитальную, электроэнергетическую и структурную компоненты (табл. 2). Под капитальной понимается компонента, отображающая макроэкономические показатели СФО, под электроэнергетической – электроэнергетический баланс региона, а под структурной – состав потребителей электроэнергии. Результаты проведенного компонентного анализа можно считать вполне удовлетворительными. Значения компонент по годам анализируемого периода показывают на прямую связь между ними (рис. 3).

Так, динамика электроэнергетической компоненты практически повторяет динамику структурной компоненты. Существенную роль играет, конечно, показатель выработки электроэнергии. Тем не менее изменение статистического показателя потребленной электроэнергии в исходной матрице меняет и значения компонент достаточно заметно. Например, при предположении, что удельное потребление электроэнергии в регионах Сибири было бы ниже фактического на один процент в 2008 г., значения компонент в этом году снизилось бы на следующие величины: капитальная компонента на 0,05 %, электроэнергетическая на 0,26 %, а структурная на 0,04 %. Это означает, что агрегированный показатель – электроэнергетическая компонента – вполне может выступать в качестве индикатора энергосбережения, например, при условии сохранения набранных темпов роста экономических показателей.

Рассмотрим возможность обобщенной электроэнергетической оценки Стратегии социально-экономического развития Сибири до 2020 г. (далее – Стратегия). В региональном разделе Стратегии дана информация по всем регионам СФО в разрезе следующих групп показателей в сопоставимых ценах за 2010, 2015 и 2020 г.: группа 1 – размеры и структура ВРП в разрезе добавленной стоимости по основным видам экономической деятельности (промышленность, строительство, сельское хозяйство, транспорт и связь, прочие); группа 2 – потребление электроэнергии в разрезе основных потребителей (потери, промышленность, строительство, сельское хозяйство, транспорт и связь, прочие и население); группа 3 – среднегодовые темпы прироста по пятилетиям: ВРП, инвестиций по видам деятельности, занятых в экономике, электропотребление.

По стратегическим прогнозам темпы роста ВРП СФО значительно опережают темпы роста электропотребления (рис. 4), т. е. по Стратегии получается существенное снижение электроэнергоёмкости ВРП СФО – почти в три раза к концу прогнозного периода (рис. 5). Спе-

Таблица 2

Максимальные величины факторных нагрузок на статистические показатели СФО
в компонентном анализе за 2000–2008 гг.*

Показатель	Компоненты		
	капитальная	электроэнергетическая	структурная
ВРП	0,80	–	–
Основные фонды	0,74	–	–
Промышленное производство	–	–	0,75
Мощность электростанций	–	0,94	–
Выработка электроэнергии	–	0,96	–
Продукция строительства	–	–	0,89
Отправление пассажиров железнодорожным транспортом	–	–	0,89
Продукция сельского хозяйства	–	–	0,68
Оборот розничной торговли	–	–	0,84
Объем платных услуг населению	–	–	0,85
Объем услуг связи населению	–	–	0,88
Объем коммунальных услуг населению	–	–	0,82
Потреблено электроэнергии	–	0,95	–
Число использованных передовых производственных технологий	–	–	0,75
Инвестиции в основной капитал	0,88	–	–

* В таблицу не включены значения факторных нагрузок меньше 0,7.



Рис. 3. Динамика значений компонент в ретроспективном анализе (2000–2008 гг.)

циально ли это прогнозируется как повышение энергоэффективности сибирской экономики, остается неясным из текста Стратегии. По регионам, и в целом по СФО, не приводятся прогнозы производства электроэнергии, а имеются данные только по количеству федеральных, межрегиональных и региональных инвестиционных проектов, обеспечивающих реализацию «Стратегии Сибири 2020» в области электроэнергетики, без указания размеров мощностей. Число всех проектов достигает без малого трех десятков.

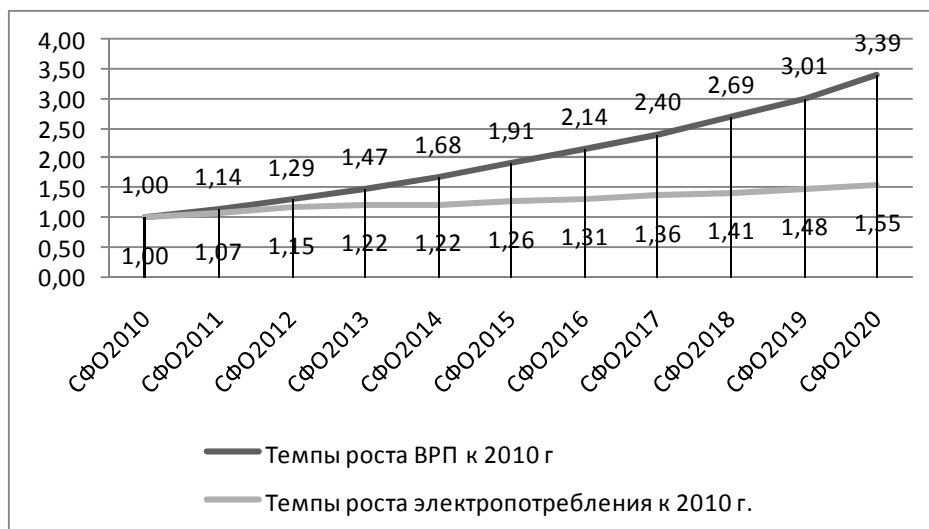


Рис. 4. Динамика роста ВРП и электропотребления в СФО по Стратегии

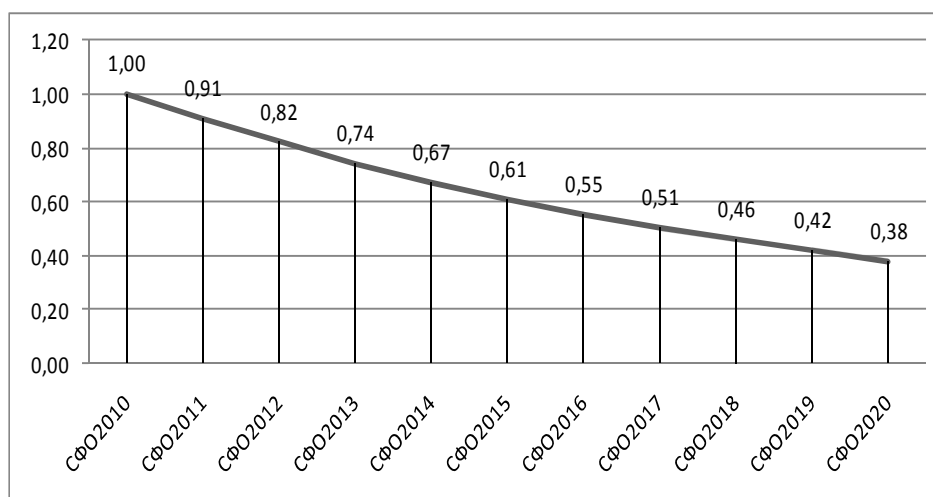


Рис. 5. Темпы снижения электроэнергоемкости ВРП СФО по Стратегии

В исходную матрицу для компонентного анализа были включены все показатели по регионам СФО в Стратегии, плюс данные по мощностям и производству электроэнергии, рассчитанные по приведенным темпам роста для всего периода прогнозирования (2010–2020 гг.).

В итоге исходная матрица для компонентного анализа состояла из 19 показателей – переменных – и 132 наблюдений (2010–2020 гг. по 12 регионам СФО). В результате расчетов компонентный анализ выявил четыре компоненты с суммарной дисперсией равной 87 % от общей (табл. 3).

По сравнению с ретроспективным компонентным анализом ретроспективных данных (см. табл. 2) компонентный анализ данных Стратегии выделил отдельно из структурной сельскохозяйственную компоненту и вместо капитальной – инвестиционную. Отметим, что показатель «инвестиции в основной капитал» в ретроспективном анализе также имел существенную факторную нагрузку – 0,88, поэтому в целом можно сказать, что содержательно в обоих анализах выделились близкие по экономическому смыслу агрегированные показатели. Их динамика показана на рис. 6.

Таблица 3

Максимальные величины факторных нагрузок на показатели в компонентном анализе Стратегии развития СФО до 2020 г. *

Показатель	Компоненты			
	электро-энергетическая	инвестиционная	сельскохозяйственная	структурная
Промышленность	–	–	–	0,63
Строительство	–	–	–	0,66
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	–	–	0,82	–
Транспорт и связь	–	–	–	0,79
Прочие отрасли	–	–	–	0,62
Среднегодовые темпы прироста инвестиций – добыча полезных ископаемых	–	0,97	–	–
Среднегодовые темпы прироста инвестиций – обрабатывающие производства	–	0,96	–	–
Среднегодовые темпы прироста инвестиций – производство и распределение электроэнергии, газа и воды	–	0,93	–	–
Потери электроэнергии	0,89	–	–	–
Потребление электроэнергии – промышленность	0,95	–	–	–
Потребление электроэнергии – строительство	0,91	–	–	–
Потребление электроэнергии – сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	0,07	–	0,90	–
Потребление электроэнергии – транспорт и связь	0,70	–	–	–
Потребление электроэнергии – прочие отрасли (без населения)	0,81	–	–	–
Потребление электроэнергии населением	0,77	–	–	–
Мощности по электроэнергии	0,95	–	–	–
Производство электроэнергии	0,94	–	–	–

* Пропущены показатели с факторными нагрузками ниже 0,6.



Рис. 6. Динамика средних региональных значений компонент по компонентному анализу Стратегии развития СФО до 2020 г.

Графики на рис. 6 практически точно отображают прогнозную динамику показателей развития регионов СФО и в обобщенном виде дают представление об общих для СФО в целом траекториях изменения основных экономических показателей развития макрорегиона.

Естественным продолжением экспериментальных расчетов является компонентный анализ для всего аналитического периода с 2000 по 2020 г. Отметим, что в Стратегии по регионам даются не объемы производства продукции по видам экономической деятельности, а показатели добавленной стоимости по тем же видам экономической деятельности. Поэтому в ретроспективной части матрицы также использовались последние. По нашему мнению, это в определенном смысле снизило качество эксперимента, так как объемы производства более корректно взаимодействуют с энергопотреблением, нежели объемы добавленной стоимости. В объединенной матрице сохранились все переменные, но значительно увеличилось число наблюдений. Компонентный анализ выявил следующие главные компоненты: структурная, электроэнергетическая, сельскохозяйственная и транспортная. Не проявилась в отличие от компонентного анализа Стратегии инвестиционная компонента. Транспортная компонента имела самую низкую долю в общей дисперсии (1,002 %), и максимальная факторная нагрузка падала только на показатель электропотребления. Поэтому эта компонента была выпущена из рассмотрения. Выявление сельскохозяйственной компоненты, как в анализе Стратегии, так и в анализе данных за весь анализируемый период, требует особого осмысления, также необходимо отметить, что это нельзя объяснить теснотой связи между производством сельхозпродукции и потреблением электроэнергии отраслью (коэффициент Пирсона для этой пары равен всего 0,59).

На рис. 7 показана динамика средних значений компонент для СФО в целом. Конфигурация графиков в общем повторяет как сложившуюся динамику экономических показателей, так и их прогнозных значений, предусмотренных Стратегией.



Рис. 7. Динамика средних значений компонент по СФО в целом за период с 2000 по 2020 г.

Следует, однако, отметить, что в отличие от Стратегии в компонентном анализе за весь период значительно меньше крутизна динамики электроэнергетической компоненты, а монотонный характер самой кривой роста электроэнергетической компоненты подтверждает определенную нейтральность этого агрегированного показателя по отношению к прогнозным изменениям в экономике макрорегиона. То же самое наблюдается и по прогнозным показателям валового регионального продукта и электропотребления СФО (см. рис. 3). Тем не менее складывается впечатление, что при разработке Стратегии энергосбережение не рассматривалось как ключевой параметр эффективности экономики. Главное внимание уделялось прогнозам региональных макропоказателей (это видно как из прогнозных траекторий ВРП и основных видов экономической деятельности, так и траекторий структурной компоненты), а прогнозы электропотребления строились на экстраполяции сложившихся трендов в ретроспективе. Предполагаем, что данное утверждение может вызвать критику со стороны авторов регионального разреза Стратегии, но если наше утверждение близко к действительности, то мы имеем возможность анализа некоторого множества гипотетических вариантов или ситуаций в электроэнергопотреблении в СФО и тем самым вариантов уровней энергоэффективно-

сти экономики региона, рассматривая заложенный в Стратегии уровень энергоэффективности в виде базового.

Вариантный анализ удобно проводить с помощью линейнопрограммного аппарата экономико-математического моделирования. Для этих целей нами были использованы две модели – в вариантной постановке и с непрерывными переменными.

Экономическая постановка первой задачи заключалась в следующем: из сформированного множества вариантов прогнозного состояния экономики СФО в целом с электроэнергетическими характеристиками необходимо определить такой, который удовлетворял бы заданным ограничениям при максимальном значении, например, структурной или минимальном значении электроэнергетической компонент.

Вторую задачу можно сформулировать так: определить такие размеры удельного потребления электроэнергии по видам экономической деятельности в СФО в целом, которые удовлетворяли бы заданным ограничениям на общие объемы потребления электроэнергии по соответствующим видам экономической деятельности в макрорегионе при достижении, например, минимума электроэнергетической компоненты.

Особенностью поставленных задач является необходимость использовать для расчетов суммарных за весь анализируемый период экономических показателей и средними за этот же период значениями компонент в целом по СФО (для задач в целом по макрорегиону), которые исчисляются по средним среди регионов СФО за каждый год анализируемого периода.

Рассмотрим первую задачу. Каждый вариант гипотетических уровней электропотребления включал показатели, представленные в табл. 4.

Для удобства чтения все числа в таблице округлены до триллионов рублей. В расчетной матрице данные по вариантам различаются в десятках миллиардов рублей.

Вариант 1 представляет множество гипотетических вариантов со снижением электропотребления всех отраслей и населения на 10 % относительно суммарной электроемкости ВРП по Стратегии, снижаются также потери электроэнергии на 10 %.

Вариант 2 – представитель множества гипотетических вариантов со снижением электропотребления соответственно суммарному потреблению за весь анализируемый период, но потери и объемы потребления электроэнергии населением растут в соответствии со Стратегией.

Вариант 3 – представитель множества гипотетических вариантов со структурой ВРП и ростом потерь и потребления населением по Стратегии. Общий объем электропотребления по вариантам снижается за счет процессов электросбережения, но потери и объемы потребления электроэнергии населением растут в соответствии со Стратегией.

Варианты 4 и 5 – представители множества гипотетических вариантов с ростом электропотребления в соответствии со Стратегией (вариант 4) и структурой экономики по суммарным объемам видовой добавленной стоимости за весь период прогнозирования (соответственно вариант 5), но условно предполагаемые как варианты без электросбережения.

Можно сказать, что множества вариантов 1–3 условно относятся к оптимистическим с разным уровнем оптимизма, а множества вариантов 4–5 к пессимистическим. Все множества содержали по шесть гипотетических вариантов с вариациями показателей относительно базового варианта, построенного по фактическим данным за 2000–2009 гг. и по данным Стратегии за 2010–2020 гг., т. е. за период с 2000 по 2020 г.

По данной задаче было проведено тринадцать решений («Поиск решений» в М. Excel). Четыре решения получены при следующих условиях: минимум электроэнергетической компоненты, ВРП не ниже прогнозируемого по Стратегии, электроемкость добавленной стоимости промышленного производства не ниже 0,05 кВт/ч на рубль, потери электроэнергии не выше 500 000 млн кВт/ч, потребление электроэнергии населением последовательно не выше 490 000, 495 000, 497 000, 499 000 млн кВт/ч (оптимизированных решений выше последней величины при остальных заданных условиях не существует). Так как структура задачи удовлетворяла условиям линейности, были получены двойственные оценки или теневые цены отдельных ограничений: на потребление населением, переменные и ВРП (табл. 5).

Таблица 4

Фрагмент матрицы задачи в вариантной постановке

Показатели	Варианты					
	базовый	1	2	3	4	5
ВРП	106,6	106,6	106,6	106,6	106,6	106,6
электроёмкость ВРП	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Промышленность	37,7	37,7	37,7	38,0	37,7	37,7
электроёмкость промышленности	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Строительство	6,5	6,5	6,5	7,2	6,5	6,5
электроёмкость строительства	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	7,0	7,0	7,0	6,5	7,0	7,0
электроёмкость сельского хозяйства	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Транспорт и связь	14,0	14,0	14,0	13,4	14,0	14,0
электроёмкость транспорта и связи	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Прочие отрасли	41,4	41,4	41,4	41,5	41,4	41,4
электроёмкость прочих отраслей	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Потери электроэнергии (млн кВт ч)	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Потребление электроэнергии всего, в том числе	2,9	4,0	4,3	4,3	4,6	4,8
промышленность	0,1	2,6	2,8	2,8	3,0	3,1
строительство	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
транспорт и связь	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
прочие отрасли (без населения)	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
потребление населением	4,9	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Структурная компонента	91,9	91,7	91,6	91,6	91,9	91,9
Электроэнергетическая компонента	24,3	24,1	23,7	23,7	23,8	23,9
Сельскохозяйственная компонента	28,9	28,6	27,7	27,7	27,8	27,9

Полученные решения описывают следующую ситуацию: экономика СФО развивается по темпам как ВРП в целом, так и его отраслевых составляющих согласно Стратегии, но гипотетически интенсивно протекает процесс электросбережения на предприятиях основного потребителя электроэнергии – промышленного производства – с одновременным заметным

Таблица 5

Показатели, на которые ставились ограничения,
и значения теневых цен на эти ограничения

Показатель	Базовое состояние	Решение			
		1	2	3	4
ВРП, трлн руб.	106,6	106,6	106,6	106,6	106,6
Электроемкость промышленности	0,077	0,060	0,061	0,061	0,062
Потери электроэнергии, млн кВт/ч	469 869	490 585	495 616	497 565	499 620
Потребление населением, млн кВт/ч	446 763	490 000	495 000	497 000	499 000
Теневые цены ограничений на:					
потери электроэнергии		0	0	0	0
переменные		0	-158 311	-152 264	-152 121
потребление населением		1,83	2,42	2,58	2,66
электроемкость промышленности		0	0	0	0
ВРП		0,21	148 511	142 426	142 705
Электроэнергетическая компонента	2 429 961	2 351 380	2 352 590	2 353 002	2 353 533

ростом потребления электроэнергии населением. Такая ситуация может иметь место, так как рост благосостояния населения России, в том числе и Сибири (по крайней мере по прогнозам Правительства РФ), может вызвать растущую динамику электропотребления в перспективе. А промышленные и другие потребители в конце концов будут вынуждены активизировать работы в области энергосбережения – жизнь заставит. В этой ситуации интересным является поведение теневых цен. Положительные значения этих цен для главных ограничений показывают общую уязвимость ситуации – любое повышение ВРП приведет к увеличению критериального показателя – электроэнергетической компоненты, причем на значительные величины по мере увеличения потребления населением. Растут по мере увеличения объемов потребления населением и положительные теневые цены ограничения на этот показатель. Сам же минимум критериального показателя также возрастает. В целом такое развитие событий, связанных с электроэнергетической компонентой и электропотреблением, делает данную ситуацию неэффективной. Значения теневых цен показывают на очевидность активизации энергосберегающих процессов в сфере потребления населением, большую часть которой занимает жилищно-коммунальное хозяйство.

Два решения отражали крайние ситуации: 1) неограниченность увеличения электропотребления всеми потребителями при соблюдении роста и структуры экономики СФО по Стратегии и минимизации электроэнергетической компоненты; 2) непревышение уровня электропотребления всеми потребителями, предусмотренного Стратегией при максимизации электроэнергетической компоненты (табл. 6).

Как видно из табл. 6, в первом решении с неограниченным увеличением электропотребления положительные теневые цены были получены для ограничений на потери, на объемы потребления сельским хозяйством, охотой и лесным хозяйством и на размер ВРП. Теневая цена потерь показывает, что при заданных условиях Стратегии потери достигают максимальной границы, их увеличение приведет к снижению эффективности в экономике, измеренной по электроэнергетической компоненте. Выделяется достаточно высокой теневая цена ограничения на потребление сельским хозяйством, охотой и лесным хозяйством. Получается так, что при реализации Стратегии нежелателен рост электропотребления этого вида эконо-

мической деятельности в Сибири. Возможно, причиной является несбалансированность роста добавленной стоимости и электропотребления в Стратегии. Некоторое искажение может дать и использование показателя добавленной стоимости, а не объемов отгруженной продукции сельского хозяйства. Тем не менее, в любом случае, эта информация может оказаться весьма полезной при разработке долгосрочных прогнозов электросбыта в макрорегионе.

Во втором решении с условием непревышения объемов потребления электроэнергии всеми потребителями и максимизацией электроэнергетической компоненты положительные теневые цены показывают на увеличение системной эффективности от увеличения электропотребления в строительстве. Это решение показывает нижнюю границу как электроемкости ВРП, так и потребления во всех видах экономической деятельности и населением. Оба решения дают представление о некотором интервале объемов потребления в границах Стратегии.

Ряд решений был получен в процессе расчетов для последовательной оценки максимально возможных объемов электропотребления по видам экономической деятельности при неизменности темпов роста и структуры ВРП, предусмотренных Стратегией, и минимизации электроэнергетической компоненты (табл. 7). Эти решения были предназначены для определения теневых цен ограничений роста электропотребления отдельными потребителями с целью определения эффективности этого роста и направлений энергосбережения.

Таблица 6

«Крайние» ситуации в электропотреблении СФО

Показатель	Стратегия	Ситуация с неограниченным ростом потребления	Ситуация с минимально возможным объемом потребления
Электроемкость ВРП	0,046	0,047	0,044
Потери электроэнергии (млн кВт/ч)	469 869	469 869	435 959
промышленность	2 898 455	2 949 033	2 783 750
строительство	57 847	61 523	57 847
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	90 396	90 396	85 837
транспорт и связь	335 042	335 872	317 778
прочие отрасли (без населения)	595 441	611 578	573 545
потребление населением (млн кВт/ч)	446 764	455 124	417 818
Потребление электроэнергии, всего (млн кВт/ч)	4 893 815	4 973 396	4 672 535
электроэнергетическая компонента	24 300	23 754	24 101
Теневые цены ограничений на			
потери электроэнергии		0,4	0,0
потребление промышленностью		0,0	0,0
потребление строительством		0,0	2,1
потребление сельским хозяйством, охотой и лесным хозяйством		14,6	0,0
потребление транспорта и связи		0,0	0,0
потребление прочими отраслями (без населения)		0,0	0,0
потребление населением		0,0	0,0
ВРП		0,2	0,2

Таблица 7

Значения теневых цен (безразмерные величины)
в оптимизированных решениях с максимально возможными
уровнями потребления отраслей экономики

Теневые цены ограничений на	Значение
Потребление промышленностью	0,450
Потребление строительством	2,339
Потребление сельским хозяйством, охотой и лесным хозяйством	16,093
Потребление транспортом и связью	4,393
Потребление прочими отраслями (без населения)	2,132
Потребление населением	1,827

Как видно из табл. 7, все потребители имеют положительные оценки ограничений на уровень потребления, подтвердилась высокая положительная теневая цена ограничения на потребление сельским хозяйством, охотой и лесным хозяйством при минимизации электроэнергетической компоненты. Отметим, что сельскохозяйственная компонента выделилась как отдельная и в компонентном анализе самой Стратегии, хотя доля потребления электроэнергии этой отраслью не превышает 1,5 % от общего потребления электроэнергии в макрорегионе, т. е. этот вид экономической деятельности не играет существенной роли в энергетической составляющей экономики. Поэтому выделение сельскохозяйственной компоненты и резкое отличие теневой цены требует дополнительных исследований или уточнения исходной информации. В любом случае высокая теневая цена ограничения на потребление электроэнергии в сельском хозяйстве определяет значимость электросберегающих процессов в нем.

Расчеты по вариантной модели показали, что использование этой модельной конструкции в анализе гипотетических прогнозных ситуаций в электропотреблении Сибири позволяет определять возможные направления уточнения прогнозов, оценки этих ситуаций, контуры электросбережения. Вариантная модель выступает как определенный способ формирования и обработки (оптимизации) экспертной информации в виде экспертных сценариев развития электропотребления в регионе, позволяющий, берем на себя смелость сказать, более корректно, качественно и объективно относительно других способов экспертной оценки принимать решения на уровне интегрированных энергетических компаний или властных структур макрорегионов.

Перейдем к описанию второй задачи – задачи с непрерывными переменными. В качестве переменных во всех решениях выступали удельные величины электропотребления каждого из включенных в матрицу задачи потребителей. В решениях последовательно по потребителям левые части уравнений строго приравнивались с задаваемыми в виде ограничений (правых частей) значениям электропотребления, предусмотренным в Стратегии. Предполагалось, что такая постановка задачи позволит определить поведение теневых цен или изменение эффективности электросбережения каждого из потребителей. В результате серии решений получилась следующая картина (табл. 8).

Решение 1 в таблице соответствует постановке задачи со строгим равенством левой и правой частей строки электропотребление «прочими отраслями».

Решение 2 – для строк «прочие отрасли» и «промышленность».

Решение 3 – для строк «прочие отрасли», «промышленность» и «транспорт и связь».

Решение 4 – для строк «прочие отрасли», «промышленность», «транспорт и связь» и «сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство»

Решение 5 – для строк «прочие отрасли», «промышленность», «транспорт и связь», «сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство» и «строительство».

Решение 6 – для всех строк потребителей, включая строку «население».

Базовое решение соответствует постановке задачи с отсутствием нижней границы электропотребления всеми потребителями

Таблица 8

Теневые цены (безразмерные величины) ограничений на электропотребление в решениях с непрерывными переменными

Показатель	Решение						
	базовое	1	2	3	4	5	6
Промышленность	0,00	0,00	0,63	0,81	0,83	0,99	1
Строительство	-4,83	-4,83	-1,17	-0,08	0,00	0,93	1
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	-4,40	-4,40	-1,01	0,00	0,07	0,94	1
Транспорт и связь	-1,69	-1,69	0,00	0,50	0,54	0,97	1
Прочие отрасли	0,09	0,09	0,66	0,83	0,84	0,99	1
Население	-83,49	-83,49	-30,41	-14,65	-13,49	0,00	1

Из табл. 8 видно, что по мере «ужесточения» задачи или «приближения» к показателям Стратегии общая эффективность уменьшается, при этом установление равенства для какого-либо потребителя делает неэффективным увеличение потребления электроэнергии для него (отрицательная теневая цена становится положительной, приводящей к увеличению целевой функции). Решение 6, соответствующее постановке равенства электропотребления всех потребителей параметрам Стратегии, дает отрицательную характеристику электроэнергетической части Стратегии: с точки зрения минимизации электроэнергетической компоненты при соблюдении всех параметров развития Сибири, предусмотренных Стратегией, (попытка учета фактора электросбережения) любое увеличение электропотребления (в пределах устойчивости решений задачи) приведет к увеличению функционала или к уменьшению эффективности рассматриваемой системы. Отметим заметное сходство решений данной задачи с решениями задачи в вариантной постановке.

Разумеется, такой вывод справедлив только для исходных данных (Стратегия развития Сибири до 2020 г.), условий и критериев оптимизации, использованных для описанных оптимизационных расчетов. Добавление любых других условий приведет к новой задаче и другим решениям. Тем не менее можно сделать заключение: на наш взгляд, использование агрегированных показателей, учитывающих совокупное воздействие всех показателей, применяемых в расчетах, на электропотребление в регионе с последующей оптимизацией этого процесса является достаточно удобным методическим способом анализа стратегических вариантов электропотребления и электросбережения в регионе.

Список литературы

1. Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года. Проект (по состоянию на 25.03.2010). URL: <http://www.sibfo.ru/strategia/strdoc.php>
2. Электропотребление Сибирского федерального округа / Ин-т экономики и организации промышленного производства СО РАН. Новосибирск, 2007.

Материал поступил в редколлегию 23.06.2010

D. V. Vershinin

STRATEGIC ISSUES OF CONSUMPTION AND SAVING OF ELECTRICAL ENERGY IN MEZOREGIONE

In the article on the strategy of socio-economic development of the region deals with evaluation of strategic forecasting electrical energy consumption in the light of possible situations of its savings. Methodical way of such an assessment, based on the use of econometric and economic and mathematical tools.

Keywords: consumption, saving electricity, the method of principal components, economic and mathematical models, the strategy of Siberia.