

Список литературы

1. *Лычкина Н.Н.* Системы поддержки принятия решений для региональных органов власти // Реформы в России и проблемы управления. М., 2003. Вып.3.
2. *Lychkina N. N., Morozova Y.A., Shults D.N.* Stratification of Socio-economic Systems Based on the Principles of the Multi-modeling in a Heterogeneous Information-analytical Environment // 2nd. International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, Orlando, Florida, USA: International Institute of Informatics and Cybernetics, 2011.
3. *Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А.* Мультимодельный комплекс пенсионной системы как инструмент решения задач реформирования в социальной сфере // Вестн. гос. университета управления. 2011. №15.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ В ДОЛГОСРОЧНОМ ПЕРИОДЕ

М.Ю. Кулаков, Д.О. Науменко

*Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь*

Рассмотрены задачи прогнозирования потребления электроэнергии на макроуровне. Дан краткий обзор отечественных и зарубежных разработок. Представлены основные результаты разработки комплекса моделей и методики построения интегральных прогнозов, а также методы и подходы, использованные при создании комплекса. Приведены схемы моделей, основные уравнения, входящие и результирующие показатели, модельные и интегральные прогнозы, включая их ретроспективный анализ. Даны рекомендации по использованию методики, а также разработанных инструментальных средств.

Электроэнергия является одним из наиболее значимых продуктов промежуточного потребления страны и составляет весомую долю в затратах практически всех отраслей экономики. Дефицит электроэнергии в отдельных регионах и тем более в стране в целом неизбежно приводит к ограничению экономического роста [14].

Прогнозные долгосрочные оценки динамики электропотребления в развивающихся странах приобретают особую актуальность, так как являются важнейшим неотъемлемым элементом планов по долгосрочному развитию электроэнергетики и основой сбалансированного роста различных секторов экономики в будущем.

Масштабно проводимые реформы в сфере электроэнергетики КНР предъявляют к качеству прогнозов такие требования, как моделирование сценарных и интегральных долгосрочных прогнозов, возможность анализа последствий управляющих воздействий и изменений макроэкономических параметров.

Эти требования могут быть удовлетворены за счет разработки модельных комплексов, необходимость в которых неоднократно подчеркивалась ведущими отечественными учеными [3, 13, 15]. Вместо одной большой сложной и трудоемкой для анализа модели, включающей всю значимую информацию об исследуемом процессе, рациональным является построение комплекса более простых моделей, отражающего различные аспекты потребления электроэнергии в экономике Китая. Качество прогнозирования может быть улучшено за счет применения интегральных прогнозов, построенных на основе комплексов моделей.

Степень разработанности проблемы

Среди отечественных разработок моделей долгосрочного потребления электроэнергии следует выделить модели Института систем энергетики им. Мелентьева Сибирского отделения РАН, Института энергетических исследований РАН, ОАО «Институт «Энергосетьпроект» [15, 21]. Из зарубежных разработок можно назвать известную французскую модель MEDEE [25], модели PRIMES [32], VLEEM [33], получившие распространение в странах Западной Европы, американские модели NEMS [21], PURHAPS, INRAD, ISTUM, ORIM [15, 34], канадскую CREECEM [15] и др. Некоторые прикладные вопросы разработки инструментальных средств моделирования и прогнозирования рассмотрены в трудах сотрудников ЗАО «ПРОГНОЗ» [1, 2, 5, 7, 10, 11, 19, 20, 23].

Проблема долгосрочного прогнозирования потребления электроэнергии в КНР мало изучено в отечественной литературе. Отдельные аспекты освещены в работе д.э.н. А.Н. Анисимова [3] и в основном касаются использования эконометрических методов для моделирования динамики выработки электроэнергии. В своей работе он предложил использовать показатели объема промышленного производства, валового общественного продукта или национального дохода в качестве основных объясняющих переменных при оценке динамики спроса на электроэнергию.

Из зарубежных работ необходимо отметить исследование, проведенное главным экономистом Азиатского банка развития Во Q. Lin [24], который разработал и опубликовал прогноз долгосрочного потребления электроэнергии в КНР с 2002 по 2010 г. с применением эконометрического анализа, при этом сценарные и интегральные прогнозы не рассчитывались.

Группа ученых немецкого Института экономических исследований и Берлинского технологического института под руководством профессора Christian von Hirschhausen [26] разработала модели долгосрочного потребления электроэнергии КНР с 1997 по 2010 гг. Методологическим подходом явилось использование эластичности потребления электроэнергии по доходу и по цене для прогнозирования электропотребления в стране, секторах и энергосетях. Все параметры в моделях являлись экзогенными и задавались в качестве сценарных предпосылок, которые оставались постоянными на протяжении всего периода прогнозирования. Для каждой модели были выделены свои сценарии развития экономики: по темпам роста ВВП для прогнозирования спроса на электроэнергию в целом по Китаю (медленный – 4.0%, средний – 6.5% и быстрый – 9.0%); по скорости изменения структуры экономики для модели, дезагрегирующей электропотребление всей страны по секторам (медленное изменение, быстрое изменение). Особенность работы – учет структурных изменений в различных секторах экономики при прогнозировании электропотребления КНР.

Однако в вышеописанных работах были использованы модели, не охватывающие всего набора допустимых подходов по долгосрочному прогнозированию электроэнергии, математические методы использовались, как правило, только для анализа и моделирования отдельных аспектов потребления электроэнергии; отсутствовали интегрированные разработки, включающие экономико-математические модели и информационные базы, необходимые для

формирования сценарных прогнозов и выработки управленческих решений.

Вышеописанные модели прогнозирования электропотребления можно классифицировать по подходу к моделированию, или степени агрегации модели, следующим образом:

- агрегированные модели, или модели «сверху-вниз» (известные в зарубежной литературе как *top-down models*), обычно определяющие спрос на электроэнергию через агрегированные экономические показатели;
- декомпозированные модели, или «снизу-вверх» (*bottom-up models*), основанные на подробном описании технологий, используемых для потребления электроэнергии;
- смешанные модели, сочетающие элементы обоих вышеперечисленных типов моделей.

Таблица дает представление о методах и используемых подходах долгосрочного прогнозирования потребления электроэнергии [34].

Методы и подходы к прогнозированию потребления электроэнергии в долгосрочном периоде.

Подход	Методы
Агрегированный	Эконометрические методы, модели общего экономического равновесия, методы линейного программирования
Декомпозированный	Методы линейного и нелинейного программирования, методы многоцелевой оптимизации, межотраслевые балансы, методы системной динамики
Смешанный	Методы линейного и нелинейного программирования (в том числе целочисленное программирование), эконометрические методы

Проблема построения интегральных прогнозов в научной литературе изучена достаточно хорошо [27], однако недостаточно применительно к долгосрочному прогнозированию потребления электроэнергии в КНР.

Цели и задачи исследования

Для решения вышеуказанных проблем авторами была поставлена цель – разработать комплекс моделей долгосрочного прогнозирования электропотребления КНР, на основе которого создать методику формирования интегральных прогнозов и произвести расчеты потребления электроэнергии для различных сценариев развития экономики.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих задач: разработка моделей с использованием альтернативных подходов, интеграция их в единый комплекс, построение хранилище данных статистической информации на основе аналитического комплекса «Прогноз-5» [18], интеграция комплекса моделей с хранилищем данных с последующим сценарным расчетом прогнозов долгосрочного электропотребления КНР, разработка методики формирования интегральных прогнозов с последующим расчетом и анализом результатов.

Для решения данных задач были использованы официальные данные Национального бюро статистики КНР, размещенные на открытом интернет-ресурсе бюро [35] за период с 1990 по 2010 г., отечественные и зарубежные литературные источники, а также аналитический комплекс «Прогноз-5» для обработки результатов исследования и расчета долгосрочных прогнозов электропотребления экономики КНР.

Результаты разработки комплекса моделей

Одним из авторов статьи в работе[16] был создан комплекс моделей прогнозирования электропотребления для Института исследования экономики при Государственной электроэнергетической корпорации Китая, включающий следующие модели с условными названиями: «модель электроемкости экономики», «модель электропотребления секторов экономики» и «модель регионального электропотребления».

Схематично взаимодействие моделей в комплексе представлено на рис. 1.

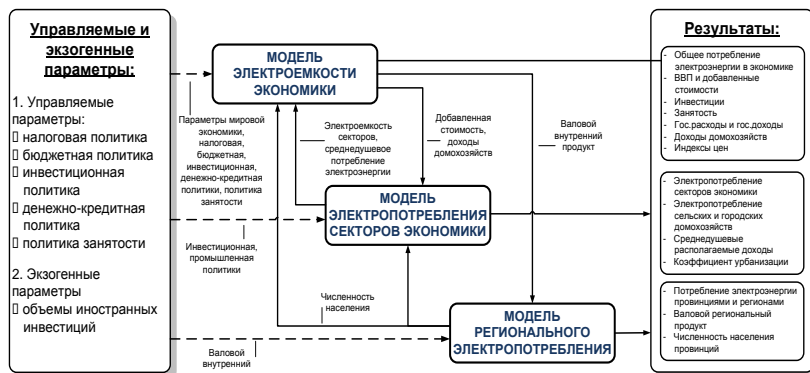


Рис. 1. Схема взаимодействия комплекса моделей

Между моделями существуют тесные взаимосвязи, которые осуществляют логическое, информационное и алгоритмическое единство. Комплекс моделей включает около 300 уравнений, из них порядка 100 – эконометрического, 200 – балансового типов. Каждая модель отражает свой аспект потребления электроэнергии в экономике Китая. Ниже представлено краткое описание каждой из моделей.

Модель электроемкости экономики

Модель электроемкости экономики предназначена для прогнозирования потребления электроэнергии в Китае при помощи метода прямого счета с использованием укрупненной структуры ключевых компонент, которые рассчитываются с использованием эконометрических методов, гармонично вписанных в систему уравнений модели.

Необходимо отметить, что метод прямого счета и его модификации получили наибольшее распространение в прогнозных оценках энергопотребления (в т. ч. электропотребления) [12, 14, 22]. В нем используется информация об укрупненных удельных нормах или обобщенных показателях расхода электроэнергии, а также плановые или прогнозные данные об объемах производства или развития отраслей народного хозяйства [4]. Поскольку достоверность прогнозов объемов производства и изменения удельных норм на отдаленную перспективу всегда остается недостаточно высокой, результаты расчетов электропотребления на перспективу обычно приводят в виде диапазона уровней (например, максимальный, средний и минимальный), или сценариев [4]. Точность метода прямого счета увеличивается в сочетании с эконометрическим подходом, что используется в зарубежных моделях, например, в системе моделей, состоящей из макроэкономической имитационной модели SLT, модели энергопотребления MEDEE и оптимизационной модели энергетики EFOM [21].

Модель электроемкости экономики представляет собой систему уравнений, отражающих взаимосвязи между реальным сектором, государственным сектором и домохозяйствами. Укрупненная схема модели электроемкости приведена ниже на рис. 2.

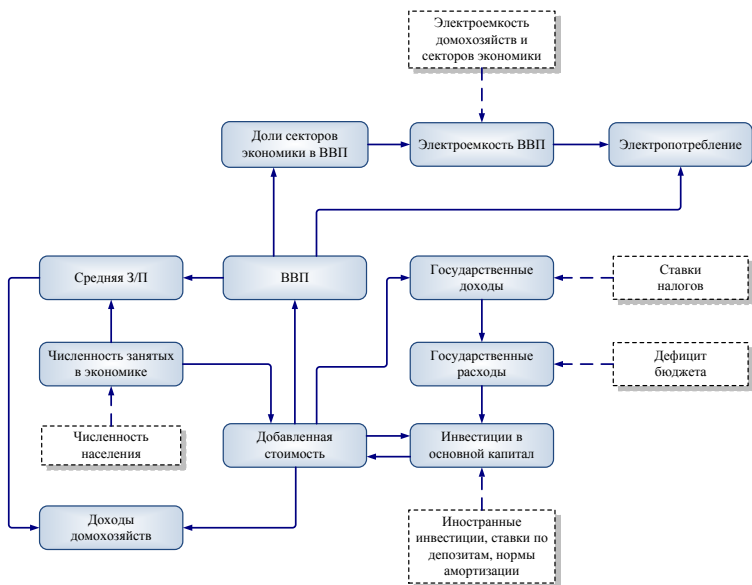


Рис. 2. Укрупненная схема модели электроемкости экономики

Основными входящими группами показателей являются налоговая политика (НДС, налог на бизнес), бюджетная политика (дефицит бюджета), денежно-кредитная политика (ставки по депозитам юридических лиц), параметры мировой экономики (иностранная инвестиция), прочие параметры модели (доли занятых в секторах экономики, доли инвестиций в сектора экономики, нормы амортизации основного капитала в секторах экономики).

Ключевыми результирующими показателями являются потребление электроэнергии в КНР, объем ВВП и составляющих его добавленных стоимостей секторов экономики, а также его электроемкость, инвестиции в основной капитал, численность занятых по секторам и доходы домохозяйств.

Система уравнений (1) содержит в себе основные зависимости модели электроемкости экономики²⁰:

²⁰ напротив каждого уравнения приведена таблица с оценками некоторых статических характеристик, полученных с помощью метода наименьших квадратов.

$$X46[t] = X47[t]*E48[t] + X49[t]*E50[t] * X51[t]*E52[t] + E53[t]$$

$$\ln(X27[t]) = 22,6028 + 0,1964 * \ln(X21[t]) + 1,3673 * \ln(X1[t])$$

$$\ln(X28[t]) = -1,1214 + 0,8354 * \ln(X4[t]) + 0,3746 * \ln(X23[t])$$

$$\ln(X29[t]) = -17,5502 + 0,1484 * \ln(X6[t]) + 2,6739 * \ln(X25[t])$$

$$\text{diff}(X8[t])^{21} = 2791,3347 + 1,4934 * \text{diff}(E10[t-1] + U13[t-1] + X28[t-1]) - 790,9831 * U15[t-1]$$

$$\text{diff}(X43 [t]) = - 570,4238 + 1230,8059 * \text{diff}(X30[t]/ X3[t])$$

$$\text{pch}(X44 [t])^{22} = -3,4862 + 0,8996 * \text{pch}(X43[t] * X3[t]/10000) + 0,3384 * \text{pch}(X27[t-1])$$

$$\text{diff}(X40 [t]) = -784,0328 + 1,3966 * \text{diff}(U41[t] * (X27[t] + X28[t])) + 5,5316 * \text{diff}(U42[t] * X29[t])$$

R ²	DW	Fstat
-	-	-
0,99	1,82	432,09
0,99	1,91	206,58
0,99	1,35	2247,98
0,96	1,79	137,09
0,97	2,01	241,19
0,89	2,18	62,75
0,95	1,50	133,26

где X1[t] – численность занятых в сельском хозяйстве, 10 тыс.чел.;

X3[t] – численность занятых в экономике, 10 тыс. чел.;

X4[t] – численность занятых в промышленности, 10 тыс.чел.;

X6[t] – численность занятых в сфере услуг, 10 тыс.чел.;

X8[t] – инвестиции в основной капитал, 100 млн юаней;

E10[t] – иностранные инвестиции в основной капитал, 100 млн юаней;

U13[t] – государственные инвестиции в основной капитал, 100 млн юаней;

U15[t] – ставка по депозитам юр.лиц на 3 года, %;

X21[t] – инвестиции в основной капитал в сельское хозяйство с учетом амортизации (накопленный итог), 100 млн юаней;

X23[t] – инвестиции в основной капитал в промышленность с учетом амортизации (накопленный итог), 100 млн. юаней;

X25[t] – инвестиции в основной капитал в сферу услуг с учетом амортизации (накопленный итог), 100 млн. юаней;

²¹ $\text{diff}(XN[t]) \equiv XN[t] - XN[t-1]$

²² $\text{Pch}(XN[t]) \equiv \frac{XN[t] - XN[t-1]}{XN[t-1]} \cdot 100$

X27[t] – добавленная стоимость сельского хозяйства, 100 млн юаней;
 X28[t] – добавленная стоимость промышленности, 100 млн юаней;
 X29[t] – добавленная стоимость сферы услуг, 100 млн юаней;
 X30[t] – ВВП (методов добавленных стоимостей), 100 млн юаней;
 U41[t] – ставка налога на добавленную стоимость, %;
 U42[t] – ставка налога на бизнес, %;
 X43[t] – средняя заработная плата, юаней;
 X44[t] – доходы домохозяйств, 100 млн юаней;
 X46[t] – электроемкость ВВП, кВт.ч / 10000 юаней;
 X47[t] – доля сельского хозяйства в ВВП;
 E48[t] – электроемкость сельского хозяйства, кВт.ч / 10000 юаней;
 X49[t] – доля промышленности в ВВП;
 E50[t] – электроемкость промышленности, кВт.ч / 10000 юаней;
 X51[t] – доля сферы услуг в ВВП;
 E52[t] – электроемкость сферы услуг, кВт.ч / 10000 юаней;
 E53[t] – потребление электроэнергии на члена домохозяйства, кВт.ч / 10000 юаней.

Обозначение каждой переменной состоит из численной и буквенной части. Число обозначает порядковый номер показателя внутри комплекса моделей, буква обозначает тип показателя:

- X – моделируемая переменная, значения которой рассчитываются в моделях;
- U – переменная, отражающая одно из управляющих воздействий правительства;
- E – экзогенная переменная, которая обычно задается в качестве сценарной предпосылки на периоде прогнозирования.

Модель электропотребления секторов экономики

Модель электропотребления секторов экономики построена по принципу, который уходит «корнями» в метод конечного использования, однако в данной модели потребители электроэнергии представлены в укрупненном виде, т.е. агрегированы до уровня секторов экономики и домохозяйств.

Сам по себе метод конечного использования исходит из той предпосылки, что спрос на электроэнергию является производным, т.е. электроэнергия рассматривается не сама по себе, а в связи с источниками ее потребления [29].

Несомненным преимуществом метода конечного использования является его способность учитывать изменения технологий и энергоэффективности в явном виде, что позволяет отслеживать их сквозь всю модель и анализировать влияние на величину общего спроса [29]. Важно отметить относительную простоту

идентифицируемости уравнений модели, которые в большинстве случаев представляют собой простые уравнения балансового типа. Однако, с другой стороны, подобная детализация требует значительных массивов данных.

Как уже отмечалось выше, электроэнергия потребляется на определенные нужды. Эта особенность учитывается в моделях при помощи удельных единиц потребления электроэнергии. Таким образом, по своей природе метод конечного использования включает в явном виде те взаимосвязи, которые в эконометрических моделях учитываются имплицитно. Примером таких взаимосвязей могут служить изменения эффективности техники, количества приборов, интенсивности их использования и т.п. [29].

Метод конечного использования является одним из направлений применения моделей более широкого типа, построенных по принципу «снизу-вверх», известных в зарубежной литературе как *bottom-up models*.

Модель электропотребления секторов экономики представляет собой систему уравнений, описывающих динамику потребления электроэнергии в секторах экономики. Для упрощения модели отрасли также объединены в три основные группы: сельское хозяйство, промышленность и сфера услуг. Схема взаимовлияния показателей модели электропотребления секторов экономики приведена на рис. 3. Подобную структуру имеют модели, описанные в ряде работ зарубежных авторов [28, 31].

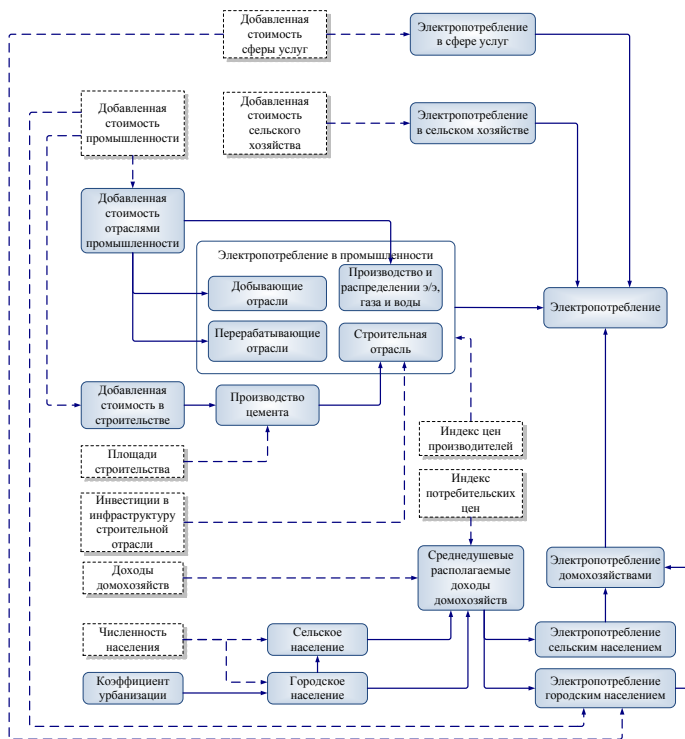


Рис. 3. Укрупненная схема модели электропотребления секторов экономики

Основными входящими группами показателей являются величины добавленных стоимостей секторов, объемы инвестиций в инфраструктуру строительной отрасли, площади строительства, отражающие экономическую активность в экономике, а также численность и доходы населения, играющие основную роль в моделировании электропотребления сектора домохозяйств.

Ключевыми результирующими показателями модели являются объемы потребляемой электроэнергии в секторах экономики, сельским и городским населением Китая, а также величины их электроемкостей.

Система уравнений (2) содержит основные зависимости модели электропотребления секторов экономики:

$$\begin{aligned}
 X54[t] &= 159,4694 + 0,0250 * E27[t] \\
 X55[t] &= 115,0248 + 0,0095 * E29[t] + 0,7497 * X55[t-1] \\
 \text{diff}(X56[t]) &= - 61,1096 + 0,8955 * \text{diff}(E28[t]) \\
 \text{diff}(X57[t]) &= 4,5800 + 0,2368 * \text{diff}(E28[t]) \\
 \text{diff}(X8[t]) &= 2791,3347 + 1,4934 * \text{diff}(E10[t-1]) + U13[t-1] + X58[t] = 12988,1700 + 7,5665 * X57[t] + 0,6898 * \text{diff}(U59[t-2]) \\
 \ln(X60[t]) &= -4,7799 + 0,8430 * \ln(X58[t]) + 0,0754 * \ln(U61[t]) \\
 X66[t] &= \text{ARIMA}(2,2,1) \\
 X77[t] &= - 0,0041 + 0,0201 * X75[t] / E34[t] / 100 + 0,0011 * \ln(X28[t] + X29[t]) \\
 \text{diff}(X78[t]) &= - 0,0002 + 0,0003 * X68[t] + 0,0063 X76[t] / E34[t]
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

R^2	DW	Fstat
0,95	2,10	213,17
0,99	2,13	1715,75
0,99	2,07	16302,58
0,90	2,33	241,16
0,99	2,43	839,23
0,99	1,98	1501,76
0,86	1,83	27,79
0,99	1,35	735,70
0,88	2,07	66,90

где E27[t] – добавленная стоимость сельского хозяйства, 100 млн юаней;
 E28[t] – добавленная стоимость промышленности, 100 млн юаней;
 E29[t] – добавленная стоимость сферы услуг, 100 млн юаней;
 E34[t] – индекс потребительских цен;
 X54[t] – электропотребление в сельском хозяйстве, 100 гВт.ч.;
 X55[t] – электропотребление в сфере услуг, 100 гВт.ч.;
 X56[t] – добавленная стоимость отраслей промышленности, 100 млн юаней;
 X57[t] – добавленная стоимость в строительной отрасли, 100 млн юаней;
 X58[t] – производство цемента, 10000 тонн.;
 U59[t] – площади строительства, 10000 кв.км;
 X60[t] – потребление электроэнергии в строительстве, 100 гВт.ч.;
 U61[t] – инвестиции в инфраструктуру строительной отрасли, 100 млн юаней;
 X66[t] – коэффициент урбанизации населения, %;
 X68[t] – численность сельского населения, 10000 чел.;

- X75[t] – среднедушевые реальные располагаемые доходы городского населения, юаней;
- X76[t] – среднедушевые реальные располагаемые доходы сельского населения, юаней;
- X77[t] – среднедушевое потребление электроэнергии в городской местности, 10 000 кВт.ч /чел.;
- X78[t] – среднедушевое потребление электроэнергии в сельской местности, 10 000 кВт.ч / чел.

Модель регионального электропотребления

Модель регионального электропотребления предназначена для прогнозирования потребления электроэнергии в провинциях Китая, которые затем агрегируются до макроуровня. Хотя в основе региональных прогнозов заложены похожие методики моделирования процесса потребления электроэнергии, данная модель позволяет взглянуть на рассматриваемый процесс со стороны провинций Китая, рассмотреть изучаемый процесс еще с одной точки зрения.

Организация двухуровневого (страна – провинции) процесса прогнозирования потребления электроэнергии, предполагающего дополнение макропрогнозов с помощью данных провинций Китая является важной задачей для повышения качества прогнозов [6,8].

Модель представляет собой систему уравнений, описывающих динамику потребления электроэнергии в провинциях Китая, объединенных затем в шесть регионов, агрегирующих далее электропотребление до национального уровня. Схема взаимовлияния показателей модели регионального электропотребления приведена на рис. 4.

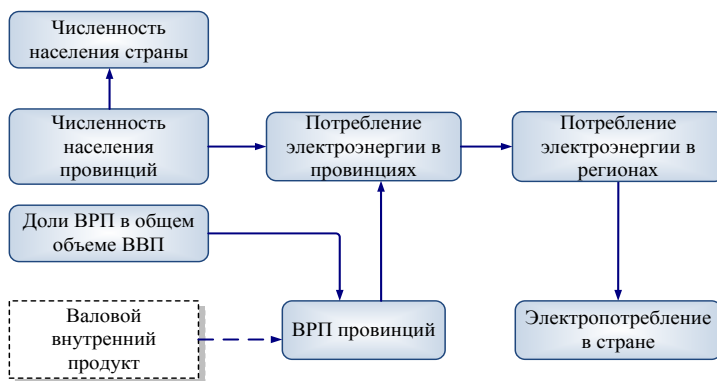


Рис. 4. Укрупненная схема модели регионального электропотребления

Основным входящим показателем является объем валового внутреннего продукта страны, который дезагрегируется на объемы ВРП, согласно экстраполированным долям провинций, нормированным на прогнозный период для соблюдения целостности данных. Допустимость подобной методики обоснована отсутствием резких скачков в динамике долей ВРП в ВВП и достаточной прогностической силой описывающих их уравнений. Использование долей регионов и их экстраполяция или прогнозирование являются часто используемым подходом в подобных задачах [6, 29].

Помимо объемов валового регионального продукта в модели также учтен демографический фактор в виде численности населения провинций, который прогнозируется с помощью трендов, преимущественно полиномиальных (четвертой степени) и линейных. Данные методики являются широко распространенными в мировой практике, тем более что для показателей численности населения накоплены более длинные фактические данные.

Величина потребления электроэнергии в провинциях рассчитывается с помощью произведения численности населения на душевой показатель электропотребления, который моделируется с помощью ВРП на душу населения. Подобную методику также можно встретить в исследованиях ключевых факторов электропотребления [30].

Система уравнений (3) модели регионального электропотребления²³:

$$\left\{ \begin{array}{l} X138[t]^{24} = -1,1165 * AR[1] - 0,5141 * AR[2] - \\ 0,3699 * MA[1] + 0,6300 * MA[2] \\ X185[t]^{25} = 0,5609 * AR[1] + 0,2802 * MA[1] \\ X229[t] = 0,0056 + 0,1667 * X263[t] / X185[t] + \\ 0,7612 * X229[t-1] \\ X281[t] = X229[t] * X185[t] \end{array} \right. \quad (3)$$

R ²	DW	Fstat
0,70	1,74	26,93
0,54	1,94	52,22
0,99	1,92	2778,91
-	-	-

где X138[t] – доля ВРП провинции Нинся в ВВП Китая;
X185[t] – численность населения провинции Нинся, 10000 чел.;

²³ Для примера расчета модели регионального электропотребления приведены уравнения для провинции Нинся.

²⁴ модель ARIMA(2,2,2)

²⁵ модель ARIMA(1,1,1)

X229[t] – среднедушевое потребление электроэнергии в провинции Нинся, 10 000 кВт.ч /чел.;

X263[t] – ВРП провинции Нинся, 100 млн. юаней;

X281[t] – потребление электроэнергии в провинции Нинся, 100 гВт.ч.

Ключевыми результирующими показателями данной модели являются объемы потребленной электроэнергии провинциями Китая.

Таким образом, данная модель также гармонично сочетает метод прямого счета и эконометрический инструментарий. Это позволяет применительно к данной модели сократить количество входящих переменных до всего лишь одного фактора – ВВП, несмотря на обилие расчетов, обусловленное количеством провинций Китая.

Результаты разработки методики интегральных прогнозов

На основе комплекса моделей (рис. 1) получены прогнозы долгосрочного потребления электроэнергии в КНР для различных сценарных условий развития.

Комплекс моделей позволяет получать прогнозы потребления электроэнергии по каждой модели, сценарию и варианту расчету. Множество моделей (модель электроемкости экономики, модель электропотребления секторов экономики, модель регионального электропотребления), сценариев (сценарий 1, сценарий 2, сценарий 3) и вариантов расчета (изолированный, комплексный) позволяет получить 18 модельных прогнозов на каждый год (рис. 5).

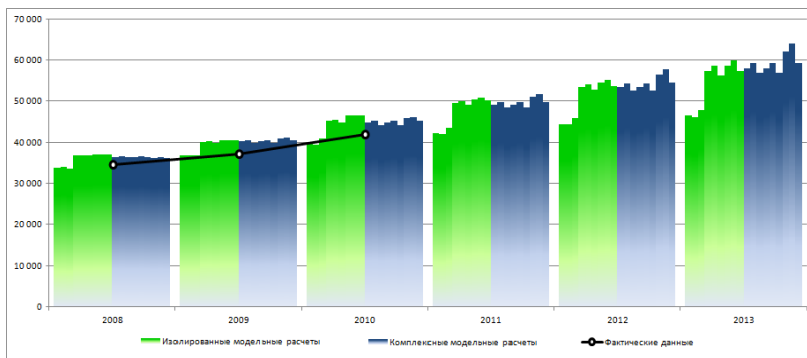


Рис. 5. Прогнозы электропотребления для различных моделей и сценариев развития экономики с использованием изолированного и комплексного метода расчета, 100 гВт.ч.

При изолированном варианте расчета каждая модель используется без учета взаимосвязей с другими моделями.

Комплексный вариант расчета предполагает, что часть экзогенных параметров становятся моделируемыми, их значения которых передаются из одной модели в другую.

Сценарий 1 соответствует плановым показателям, отраженным в 5-летних государственных планах, публикуемых официальным информационным агентством правительства КНР [36]. Сценарий 2 (3) отличается отклонениями входящих переменных относительно сценария 1 в лучшую (худшую) сторону.

Интегральный прогноз представляет собой объединение множества прогнозов потребления электроэнергии, полученных в рамках каждой модели комплекса, в один. Интегральные прогнозы позволяют повысить точность суждений о будущем состоянии объекта или процесса за счет коррекции ошибок, которые возникают при неверных предположениях, смещенных оценках или ошибках в данных [27].

Одним из авторов статьи в работе [17] предложена следующая методика расчета интегральных прогнозов потребления электроэнергии, учитывающая различные модели, сценарии и варианты расчета:

$$Y[t] = \frac{1}{n \cdot m \cdot l} \cdot \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^2 X_{ijk} [t] \cdot a_i \cdot b_j \cdot c_k, \quad (1)$$

где $i = (1..3)$ – индекс модели;

$j = (1..s)$ – индекс сценария;

$k = (1..2)$ – индекс варианта расчета;

$n = (1..3)$ – количество моделей, участвующих в расчете;

$m = (1..s)$ – количество сценариев, участвующих в расчете;

$l = (1..2)$ – количество вариантов расчета;

$a_i = [0..1]$ – вес модели;

$b_j = [0..1]$ – вес сценария;

$c_k = [0..1]$ – вес варианта расчета;

$X_{ijk} [t]$ – прогнозная величина электропотребления модели i , по сценарию j , методом k в момент времени t , 100 ГВт.ч;

$Y [t]$ – интегральный прогноз электропотребления в момент времени t , 100 ГВт.ч.

Коэффициенты a и c можно рассматривать как некую степень доверия эксперту данной модели или варианту расчета, а смысл коэффициента b можно трактовать в терминах вероятности наступления того или иного сценария, участвующего в расчете. В связи с этим на коэффициенты a , b и c налагаются ограничения целостности на знак и сумму, равную единице:

$$\sum_i a_i = 1, \sum_j b_j = 1, \sum_k c_k = 1, a_i \geq 0, b_j \geq 0, c_k \geq 0. \quad (2)$$

Для задания управляемых параметров была применена методика простого среднего, т.е. ненулевые коэффициенты a_i , b_j и c_k задавались равными весами. Несмотря на свою простоту данная методика зарекомендовала себя как надежный способ улучшения для повышения качества долгосрочных прогнозов электропотребления.

На рис. 6 приведены интегральные прогнозы потребления электроэнергии в КНР в графической форме:

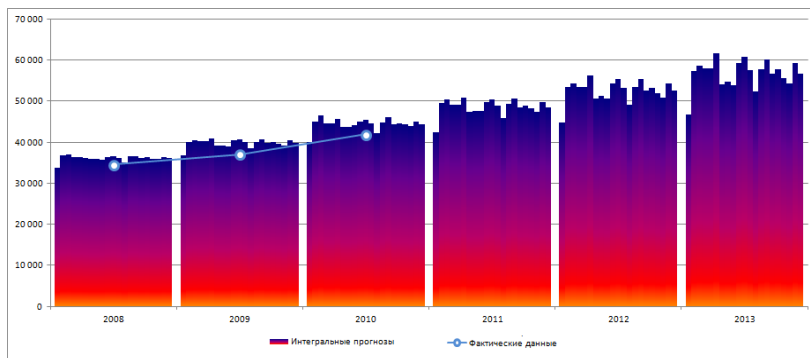


Рис. 6. Интегральные прогнозы долгосрочного потребления электроэнергии в КНР с учетом различных моделей, сценариев и вариантов расчета, 100 ГВтч.

Сравнительный анализ достоверности модельных и интегральных прогнозов проводился на основании ex-post анализа за период с 2008 по 2010 г., так как комплекс моделей был внедрен в виде подсистемы моделирования и прогнозирования потребления электроэнергии в Институте исследования экономики при Государственной электроэнергетической корпорации Китая в конце 2008 г.

Модельные прогнозы

Анализ достоверности модельных прогнозов, проведенный с использованием методики средней абсолютной ошибки прогноза (MAPE), показал, что 3 модельных прогноза, полученных в рамках модели электроемкости экономики при изолированном варианте расчета для сценария 1, сценария 2 и сценария 3 (2.80, 2.71 и 2.04% соответственно), можно отнести к очень хорошим[9].

Прогнозами хорошего качества [9] можно назвать все остальные модельные прогнозы, так как при расчете сценарных прогнозов в рамках модели электроемкости экономики, модели электропотребления секторов экономики и модели регионального электропотребления полученная средняя абсолютная процентная ошибка находится в диапазоне 6.04 – 9.33%.

Интегральные прогнозы

Анализ достоверности интегральных прогнозов, проведенный с использованием методики средней абсолютной ошибки прогноза (MAPE), показал, что 6 интегральных прогнозов, полученных в рамках усреднения результатов модели электроемкости экономики при изолированном варианте расчета (2.52%), за счет усреднения каждого из сценариев по всем моделям при изолированном варианте расчета (4.65, 4.84, 4.77%), усреднения результатов первой модели по сценариям и вариантам расчета (2.19%) и усреднения всех моделей и сценариев при изолированном варианте расчета (4.75%), можно отнести к очень хорошим[9].

Прогнозами хорошего качества [9] можно назвать все остальные интегральные прогнозы, так как полученная средняя абсолютная процентная ошибка находится в диапазоне 5.59 – 9.33%.

Рекомендации по использованию методики

Для повышения точности расчетов с учетом средних относительных ошибок проведенных интегральных прогнозов авторы рекомендуют использовать следующие правила:

- придавать наибольший вес модели электроемкости экономики, и наименьший вес модели регионального электропотребления ($a_1 > a_2 > a_3$);
- устанавливать больший вес для изолированного варианта расчета моделей в рамках всего комплекса ($c_1 > c_2$);
- сценарии рассматривать как равноправные ($b_1 \approx b_2 \approx b_3$).

На рис. 7 представлен график средних относительных ошибок прогноза для 10 лучших модельных и интегральных расчетов электропотребления.

Из графика следует, что 10 лучших интегральных прогнозов имеют меньшую среднюю относительную ошибку (на 0.74%), а значит, повышают точность вычислений.

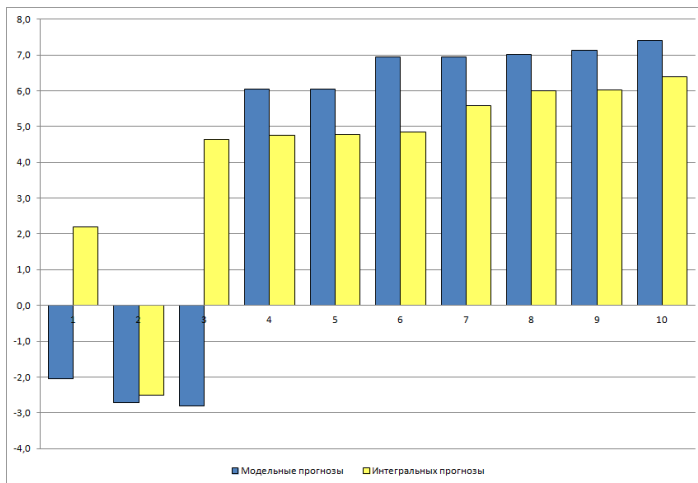


Рис. 7. Средние относительные ошибки лучших 10 модельных и интегральных прогнозов, %

Заключение

Комплекс моделей и его программная реализация были использованы при создании подсистемы моделирования и прогнозирования развития электроэнергетики в Институте исследования экономики при Государственной электроэнергетической корпорации Китая, где авторы участвовали в проведении обучения специалистов института программному комплексу в сентябре 2008г.

Описанный модельный комплекс прогнозирования потребления электроэнергии Китая позволяет получать долгосрочные прогнозы искомого показателя. В сочетании со сценарным подходом и методикой построения интегральных прогнозов данный модельный комплекс представляет собой эффективный инструментарий, способный улучшить качество прогнозов и принимаемых решений.

Интегральные прогнозы по сравнению с модельными являются более достоверными при использовании комплекса моделей, отражающего разные аспекты процесса потребления электроэнергии. Использование данной методики рекомендуется для поддержки принятия решений на государственном уровне в сфере электроэнергетики.

Описанные в данной работе подходы и программные разработки на основе аналитического комплекса «Прогноз-5» могут быть применены для прогнозирования потребления электроэнергии других экономик мира.

Список литературы

1. Андрианов Д.Л., Селянин А.О., Ситников Д.В. Система поддержки принятия решений «Прогнозирование социально-экономического развития регионов» // Методология регионального прогнозирования: тез. докл. Всероссийской науч.-практ. конф. М., 2002. С.
2. Андрианов Д.Л., Селянин А.О. Принципы формирования информационной системы социально-экономического развития субъектов Российской Федерации // Региональная экономика: теория и практика. 2006. №5. С. 26-29.
3. Анисимов А.Н. Эконометрический анализ развития КНР / АН СССР. – М.: Наука, 1991. 104 с.
4. Белобров В., Калибердин А., Тепленичев А., Эдельман В. Прогнозирование нагрузок в электрических сетях: анализ отечественного опыта // Энергорынок. 2007. № 5 (42).
5. Беляев М.С. Информационно-аналитическая система мониторинга, анализа и прогнозирования макроэкономических показателей // Актуальные проблемы взаимодействия реального и финансового секторов экономики: сб. науч. ст. / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2006. С. 55 – 58 .
6. Веселов Ф.В., Волкова Е.А., Макарова А.С., Терентьев Ю.Г. Среднесрочное прогнозирование развития электроэнергетики в рыночных условиях // Пятые Мелентьевские теоретические чтения. – Москва, 2004.
7. Ивлиев С.В. Некоторые проблемы идентификации линейных регрессионных моделей экономических процессов // Экономическая кибернетика: математические и инструментальные методы анализа, прогнозирования и управления: сб. ст. / Перм. ун-т. Пермь, 2002.

8. Институт энергетических исследований РАН – Результаты исследований. [Электронный ресурс].
URL: http://www.esco-ecosys.ru/2005_10/art67.pdf
(дата обращения: 27.10.2011)
9. *Качественные свойства различных подходов к прогнозированию социально-экономических показателей РФ* / М. Турунцева, Т. Киблицкая - ИЭПП М., 2010. 148 с.
10. *Кулаков М.Ю.* Макроэкономическая модель Российской Федерации // *Экономическая кибернетика: методы и средства эффективного управления (к 30-летию кафедры экономической кибернетики)*: сб. ст. Пермь, 2000.
11. *Кулаков М.Ю.* Применение сценарного подхода к прогнозированию макроэкономических показателей // *Экономическая кибернетика: математические и инструментальные методы анализа, прогнозирования и управления*: сб. ст./ Перм. ун-т. Пермь, 2002 г.
12. *Куленов Н.С.* Электрификация жилищ (методы и модели прогнозирования). Алма-Ата: Наука, 1984.
13. *Малахов В.А.* Подходы к прогнозированию спроса на электроэнергию в России // *Проблемы прогнозирования*. – 2009. – № 2.
14. *Методология разработки перспектив развития электроэнергетики* [Электронный ресурс].
URL: <http://www.eriras.ru/institute-publications/13/19>
(дата обращения: 18.10.2011).
15. *Методы и модели прогнозных взаимосвязей энергетики и экономики* / Ю.Д. Кононов, Е.В. Гальперова, Д.Ю. Кононов и др. – Новосибирск: Наука, 2009. 178 с.
16. *Науменко Д.О.* Разработка комплекса моделей долгосрочного прогнозирования потребления электроэнергии в Китайской Народной Республике // *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*, 2011. №10. URL: <http://www.uecs.ru>
17. *Науменко Д.О.* Разработка методики формирования интегральных прогнозов потребления электроэнергии в Китайской Народной Республике на основе комплекса моделей // Там же.
18. Свидетельство Российского агентства по патентам и товарным знакам № 2005610980 от 22.04.2005 об официальной регистрации программы для ЭВМ «Аналитический комплекс “Прогноз-5” (АК “Прогноз-5”)».
19. *Селянин А.О., Андрианов Д.Л.* Информационно-аналитическая система мониторинга, анализа и прогнозирования социально-экономического развития субъекта Российской Федерации //

- Региональные и муниципальные проекты электронной России: тез. докл. Всероссийской науч.-практ. конф. М., 2002.
20. *Селянин А.О.* К вопросу о прогнозировании основных показателей социально-экономического развития // Экономика и управление: актуальные проблемы и поиск путей решения: тр. Всерос. конф./ Перм. гос. ун-т. Пермь, 2001. – С. 84.
 21. *Системные* исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ–ИСЭМ / отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2010. 686 с.
 22. Современные проблемы электрификации быта / отв. ред. Ю.М. Коган. М.: Наука, 1987.
 23. *Шульц Д.Н., Нилова Е.В.* Программный комплекс моделирования и прогнозирования экономики Китая // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2007): матер. VI Междунар. науч.-практ. конф., Томск: Изд-во Том.ун-та, 2007.
 24. *Bo Q. Lin.* Electricity Demand in the People’s Republic of China: Investment Requirement and Environmental Impact.// – ERD Working Paper 2003 N. 3.
 25. *Cheature B., Lapillone B.* The MEDEE Approach: Analysis and Long-Term Forecasting of Final Energy Demand of Country. France, 1978.
 26. *Hirschhausen von Christian, Andres Michael.* Long-Term Electricity Demand in China - From Quantitative to Qualitative Growth? // Energy Policy. 2000. №28, P. 231-241.
 27. *Menezes de Lilian M., Bunn Derek W, Taylor W.* Review of Guidelines for the Use of Combined Forecasts. // European Journal of Operational Research/ 2000., №120, pp. 190-204.
 28. *Load Forecast.* Technical Document. Vol. 2. Energy Vision. 2020. United States. – 1994. URL: http://www.tva.gov/environment/reports/energyvision2020/ev2020_vol2td5.pdf (дата обращения: 25.10.2011).
 29. *Northern York Region Electricity Supply Study Submission to the Ontario Energy Board. Exhibit B: Load Forecast & CDM Options Northern York Region.* Canada. 2005.
 30. *Regional Balkans Infrastructure Study and Generation Investment Study. Vol. 2: Electricity Demand Forecast. Final Report.* 2004.
 31. *The 4th Basic Plan of Long Term Electricity Supply & Demand (2008 – 2022).* Ministry of Knowledge. Korea. – 2004.
 32. *The PRIMES Energy System Model Summary Description.* – National Technical University of Athens. – European Commission Joule-III Programme. URL: <http://www.e3mlab.ntua.gr/manuals/PRIMsd.pdf> (дата обращения: 15.10.2011)

33. *VLEEM* – Very Long Term Energy Environmental Modelling. Final Report. 2002.
34. *We, Y-M., Wu G., Fan Y. and Liu L-C.* (2006) Progress in energy complex system modelling and analysis // International Journal of Global Energy Issues, 2006. Vol. 25, N. 1/2, P.109–128.
35. URL: <http://www.stats.gov.cn/english/statisticaldata/index.htm>
36. URL: <http://www.xinhuanet.com/>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОТАЦИЙ НА ПОДДЕРЖКУ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ БЮДЖЕТОВ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Е.Б. Овчаров, Е.Ю. Березина

*Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Пермь*

В целях выравнивания бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2004 г. №670 была утверждена методика распределения дотаций, образующих Федеральный фонд финансовой поддержки субъектов РФ.

Однако она нуждается в совершенствовании, поскольку при существующих особенностях финансовой политики распределение средств между субъектами РФ не всегда справедливо и эффективно.

Целью совершенствования методики распределения дотаций на поддержку мер по обеспечению сбалансированности бюджетов субъектов Российской Федерации является повышение эффективности системы федеральной финансовой поддержки бюджетов субъектов Российской Федерации, а именно:

- создание стимулирующего эффекта дотаций для повышения сбалансированности бюджетов субъектов РФ;*
- создание предпосылок для конкурентной борьбы в экономическом развитии субъектов РФ;*
- повышение прозрачности распределения дотаций.*

© Е.Б. Овчаров, Е.Ю. Березина, 2011