

# СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ

УДК 621.311

М. Н Кулик, чл.-корр. НАН України, С. В. Шульженко, Б. А. Костюковський (Інститут общей енергетики НАН України, Київ.)

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОТРЕБНОСТИ УКРАИНЫ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ НА ОСНОВАНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА

*У статті розглянуті питання застосування міжгалузевго балансу для аналізу зміни енергоспоживання та оцінки перспективної потреби в паливно-енергетичних ресурсах в Україні. Визначені основні проблеми застосування методів аналізу та прогнозування з використанням міжгалузевго балансу в умовах перехідної економіки та запропоновано методику застосування міжгалузевго балансу для розв'язання цих задач.*

*В статье рассмотрены вопросы применения межотраслевого баланса для анализа изменений энергопотребления и оценки перспективной потребности в топливно-энергетических ресурсах Украины. Определены основные проблемы применения методов анализа и прогнозирования с использованием межотраслевого баланса в условиях переходной экономики и предложена методика применения межотраслевого баланса для решения этих задач.*

Доступность в необходимых объемах соответствующих топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на всех уровнях экономики, от общегосударственного до конкретного домашнего хозяйства, является важным условием, обеспечивающим возможность эффективного и стабильного экономического роста. В связи с высокой капиталоемкостью и достаточно длительными сроками ввода в эксплуатацию практически всех объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) оптимальным является такое его развитие, которое адекватно с учетом факторов надежности и энергобезопасности, покрывало бы потребность экономики в ТЭР. Обеспечение такого оптимального развития ТЭК требует, прежде всего, наличия надежного прогноза потребности экономики в ТЭР на длительную (25 — 40 лет) перспективу. Роль такого прогноза весьма существенна, поскольку:

- он является тем источником информации, который используют потенциальные инвесторы при принятии решения о целесообразности вкладывания средств в объекты ТЭК;

- заниженные объемы потребностей в ТЭР могут привести к недостаточному уровню развития ТЭК и, как следствие, вызвать энергетический голод экономики, либо неадекватное повышение цен на ТЭР, что будет являться сдерживающим фактором для её развития;

- завышенные объемы потребностей в ТЭР могут привести к нерациональному, "чрезмерному" расходованию инвестиционных ресурсов и "омертвлению" капитала со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями.

Для целей прогнозирования объемов потребности экономики в ТЭР традиционно используются различные методы:

- основанные на анализе тенденций в развитии экономики — применение различных регрессионных, экстраполяционных и других подобных моделей;

- основанные на обработке и анализе экспертных оценок о будущих направлениях и условиях развития эко-

номики, темпах научно-технического прогресса и т.д.;

- основанные на использовании оптимизационных моделей развития экономики и её отраслей;

- основанные на анализе межотраслевых балансов экономики и другие.

Важной особенностью задач прогнозирования является то, что применение каждого из методов имеет свои преимущества и недостатки, и невозможно однозначно выбрать наилучший метод. Такая особенность вызвана, прежде всего, постоянными изменениями в моделируемой системе, что вызывает необходимость учета при прогнозировании новых и снижения роли устоявшихся, принятых в качестве определяющих, факторов. Необходимо также отметить, что каждая национальная экономика обладает своими уникальными особенностями, что вызывает необходимость модификации практически любой модели прогнозирования, даже если она с большим успехом применялась для моделирования другой экономики.

Все вышеперечисленные методы можно успешно применять для условий стабильно развивающейся экономики. Значительно сложнее задача выбора методики либо построения модели прогнозирования решается в условиях реформируемой экономики (к которой относится и украинская экономика). Эта сложность обусловлена большим количеством факторов, основные из которых следующие:

- отсутствие четких приоритетов в развитии определенных отраслей экономики и, как одно из последствий, отсутствие устойчивых тенденций в развитии всей экономики;

- постоянное изменение законодательной и нормативно-правовой базы, методов управления экономикой и институтов, осуществляющих это управление;

- неустойчивость национальной валюты, экономически неоправданные скачки цен на товары и услуги;

- отсутствие стабильной инвестиционной политики.

Влияние этих факторов на результаты прогнозирования выражается в большой степени неопределенности выходных прогнозных данных, получаемых путем формаль-

ного, механического применения моделей прогнозирования. Эта ситуация привела к следующим последствиям:

- более широкому использованию методов, основанных на экспертных оценках и методов, основанных на имитационных алгоритмах;
- внедрению вариантных (основанных, прежде всего, на темпах реформирования украинской законодательной базы) методов оценки перспективных уровней внутреннего валового продукта (ВВП), возможностей по привлечению инвестиций и, как следствие, уровней развития производственных мощностей и уровня конечного потребления различных ресурсов;
- сужению сферы применения оптимизационных моделей, широкое использование которых было характерно для плановой экономики.

В последнее время также изменяется семантическая нагрузка, собственно, на результаты прогнозирования. Если в плановой экономике данные прогнозирования позволяли отыскивать "узкие" места, препятствующие достижению намеченных целей, то в настоящее время смысл прогнозирования заключается в имитации развития экономики в соответствии с определенными допущениями о будущих условиях ее функционирования, а прогноз должен содержать, как минимум, следующую информацию:

- основные законодательные и нормативные предпосылки сценария развития экономики;
- прогнозный уровень ВВП экономики;
- прогнозные уровни цен на основные виды ресурсов и товаров;
- прогнозные объемы производства и внутреннего конечного потребления, а также импорта и экспорта основных видов ресурсов и товаров

При использовании оптимизационных и имитационных моделей баланс производства-распределения-потребления  $r$ -го ресурса экономикой в обобщенном виде записывается таким образом [1]:

$$O_r = \sum_{p \in P} \sum_{k \in K} \beta'_{rp} O_{rp} + \sum_{k \in K} (O_{r, k, p} + O_{r, k, exp} - O_{r, k, imp} + (O_{r, k, inc} - O_{r, k, disc})) \cdot \beta'_{rk} \quad (1)$$

где:  $T$  — горизонт прогнозирования, и соответственно  $t$ -конкретный этап прогнозирования,  $t \in T$ ;

$P$  — множество технологий, применяемых в экономике, и соответственно  $p$ -конкретная технология,  $p \in P$ ;

$R$  — множество ресурсов, обращающихся в экономике, и соответственно  $r$ -конкретный ресурс,  $r \in R$ ;

$K$  — множество рассматриваемых отраслей экономики, и соответственно  $k$ -конкретная отрасль,  $k \in K$ ;

$O_r$  — необходимый объем ресурса  $r$  в период  $t$  для всей экономики;

$\beta'_{rp}$  — удельное потребление ресурса  $r$  при использовании технологии  $p$ ;

$O_{rp}$  — объем производства ресурса  $r$  отраслью  $k$  с использованием технологии  $p$  в период  $t$ ;

$O_{r, k, p}$  — объем потребления ресурса  $r$  отраслью  $k$  не связанный с технологическими нуждами в период  $t$ ;

$O_{r, k, exp}$ ,  $O_{r, k, imp}$  — объем экспорта и, соответственно, импорта ресурса  $r$  в период  $t$

$O_{r, k, inc}$ ,  $O_{r, k, disc}$  — объем прироста/уменьшения запасов ресурса  $r$  в период  $t$  по отношению к периоду  $(t-1)$ ;

$\beta'_{rk}$  — усредненный по всей экономике коэффициент потерь ресурса  $r$  в период  $t$ .

Как видно, использование для прогнозирования необходимых для экономики объемов ресурса  $r$  требует знания

(либо предположения) будущих показателей, характеризующих как технологический аспект производственной базы экономики (напр.: удельные коэффициенты потребления ресурсов различными технологическими процессами), так и макроэкономических показателей (напр.: объемы импорта и экспорта). Наиболее корректные результаты при использовании выражения (1) можно получить при высокой степени детализации экономики (вплоть до технологических процессов). Однако, при этом резко возрастают требования к качеству фактических входных данных и к количеству необходимых уравнений связи между различными производственными единицами, что на практике ведет к необоснованному переусложнению модели. Рациональным является использовать отраслевой уровень агрегирования информации и построения моделей. В этом случае получать согласованные прогнозы развития отраслей и как следствие объемов необходимых для этого ресурсов можно с применением методик, основанных на использовании межотраслевого анализа.

Межотраслевой анализ основан на использовании межотраслевого баланса (МОБ) [2]. МОБ Украины является таблицей, формируемой на основании статистических данных, включающей тридцать три (в соответствии с МОБ 1997 года [3]) "чистые" отрасли, т.е. сгруппированных по признаку производства определенного вида товара или услуги, а не по принципу принадлежности к отрасли "народного хозяйства". МОБ характеризует процессы воспроизводства, происходившие на протяжении отчетного периода (как правило, одного календарного года) в экономике в детальном отраслевом разрезе, и представлен в денежном выражении. МОБ состоит из трех основных частей, которые называются квадрантами:

- I квадрант характеризует производственные связи, которые установились между отраслями за отчетный период, равный одному календарному году и содержит объемы промежуточного потребления товаров и услуг;

- II квадрант отражает конечное использование ВВП, которое состоит из конечных потребительских затрат, происходивших в домашних хозяйствах, на общегосударственное управление, затрат некоммерческих организаций, обслуживающих домашние хозяйства, валового накопления основного капитала, изменения объемов запасов материальных оборотных средств, объема приобретенных ценностей, экспорта товаров и услуг;

- III квадрант отражает стоимостную структуру валовой добавленной стоимости (ВДС) и ВВП и включает объем оплаты труда наемных рабочих, валовой доход, смешанный доход, объем налоговых поступлений за исключением субсидий на производство.

Для целей моделирования и аналитических расчетов используют упрощенный, агрегированный МОБ, вид которого представлен в таблице.

В таблице I квадрант занимает первые  $n$  строк и  $n$  столбцов, II квадрант —  $n$  строк  $(n+1)$ -го столбца, III квадрант —  $n$  столбцов  $(n+1)$ -ой строки.

Наибольший интерес для целей анализа представляет I квадрант МОБ, поскольку каждый его элемент характеризует производственные взаимосвязи каждой отрасли со всеми остальными. В общем случае I квадрант МОБ — есть квадратная матрица, в каждом элементе которого содержится объем товаров и услуг, произведенный отраслью, с наименованием в строке, и переданный отрасли, с наименованием в столбце, в денежном выражении. Сумма всех элементов в определенной строке МОБ характеризует

объем промежуточного потребления всеми отраслями экономики Украины товаров и услуг, произведенных отраслью, с наименованием в строке, за отчетный период. Сумма всех элементов в определенном столбце МОБ характеризует объем промежуточного потребления отрасли с наименованием в столбце товаров и услуг (затраты) от всех отраслей за отчетный период.

В таблице определенная  $i$ -ая строка в  $(n+2)$ -ом столбце соответствует общему объему производства товаров и услуг  $i$ -ой отрасли и определяется в соответствии с формулой (2), а в  $(n+2)$ -ой строке определенный  $j$ -ый элемент соответствует общим затратам отрасли на производство всего объема производства товаров и услуг и определяется формулой (3):

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + F_i, \quad i = 1:n \quad (2)$$

$$X_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} + V_j, \quad j = 1:n \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) индекс  $i$  определяет строку в таблице, а индекс  $j$  — столбец.

Важным свойством МОБ является соответствие, с точностью до константы, элементов  $(n+2)$ -го столбца элементам  $(n+2)$ -ой строки, т.е. для любого фиксированного индекса  $i$  из диапазона  $1:n$  выполняется выражение (4):

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + F_i = \sum_{j=1}^n x_{ji} + V_i, \quad i = 1:n \quad (4)$$

Поставим в соответствие I квадранту МОБ матрицу  $A$  размера  $n \times n$  и определим каждый ее элемент  $a_{ij}$  при помощи выражения, приведенного в формуле (5):

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}, \quad i, j = 1:n \quad (5)$$

Матрицу  $A$  называют матрицей прямых затрат, а каждый ее коэффициент  $a_{ij}$  есть необходимое количество товаров и услуг, вырабатываемое  $i$ -ой отраслью экономики для производства единичного объема товаров и услуг  $j$ -ой отраслью экономики.

Поскольку из выражения (5) следует, что  $x_{ij} = a_{ij} * X_j$ , то выражение (2), с учетом (5), можно представить в виде (6), либо в матричном виде (7):

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} * X_j + F_i, \quad i = 1:n \quad (6)$$

$$X = A * X + F \quad (7)$$

В выражении (7)  $X$  соответствует  $(n+2)$ -му столбцу таблицы, а  $F$  —  $(n+1)$ -му столбцу, и эти векторы содержат общие объемы производства и объемы конечного потребления товаров и услуг по отраслям экономики.

Решение уравнения (7) относительно вектора  $X$  будет иметь вид:

$$X = (E - A)^{-1} * F \quad (8)$$

где  $E$  — единичная матрица размера  $n \times n$ .

Аналитический смысл выражения (8) заключается в возможности вычислить объем производства продукции по отраслям экономики в зависимости от изменений объемов конечного спроса на продукцию и услуги той или иной отрасли, либо в зависимости от изменений межотраслевых коэффициентов  $a_{ij}$  матрицы  $A$ . Важным свойством такого решения является то, что в нем учитывается эффект "распространения", который заключается в изменении потребности в продукции всех отраслей при изменении конечного спроса либо при внедрении ресурсосберегающих/ресурсоемких технологий хотя бы в одной отрасли. Например, для химической и нефтехимической отрасли — внедрение технологий, снижающих потребность в электроэнергии, ведет к снижению объемов, закупаемой у электроэнергетики продукции, что влечет снижение спроса на продукцию топливной промышленности со стороны электроэнергетики, что влечет снижение потребности в продукции, как машиностроения, так и собственно электроэнергетики со стороны топливной промышленности и т. д.

Методика варьирования величиной объема конечного спроса является очевидной, поэтому подробнее остановимся на рассмотрении возможности изменения коэффициентов  $a_{ij}$ .

Каждый элемент из I квадранта МОБ представляет собой сумму следующих составляющих, каждая из которых оценивается по ценам потребления с учетом торгово-транспортной наценки и налогов на продукцию (в основном за исключением налога на добавленную стоимость):

1. Стоимость товаров и услуг, которую потребила экономическая единица (отрасль) за отчетный период;
2. Условно-начисленную оплату услуг финансовых посредников;
3. Затраты на командировки, за исключением суточных;
4. Приобретение производителями малоценных и быстроизнашиваемых предметов;

### Структура таблицы межотраслевого баланса

Производство Затраты	Отрасль 1	Отрасль 2	...	Отрасль n	Конечное потребление	Объем производства
Отрасль 1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1n}$	$F_1$	$X_1$
Отрасль 2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2n}$	$F_2$	$X_2$
.....	.....	.....	...	.....	.....	.....
Отрасль n	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nn}$	$F_n$	$X_n$
Добавленная стоимость	$V_1$	$V_2$	...	$V_n$		
Объем производства	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$		

5. Арендные платежи за здания, сооружения, машины и оборудование;

6. Сумма приобретенного вооружения, обмундирования и питания для вооруженных сил.

Таким образом, если известна дифференциация в абсолютных величинах каждого элемента I квадранта МОБ, то можно рассчитать удельную составляющую каждой статьи и записать каждый элемент I квадранта МОБ в виде (9), а каждый элемент матрицы A в виде (10).

$$X_{ij} = (\eta_{ij}^1 + \eta_{ij}^2 + \eta_{ij}^3 + \eta_{ij}^4 + \eta_{ij}^5 + \eta_{ij}^6) * X_{ij}, \quad i = 1 \div n, j = 1 \div n, \quad (9)$$

$$a_{ij} = (\eta_{ij}^1 + \eta_{ij}^2 + \eta_{ij}^3 + \eta_{ij}^4 + \eta_{ij}^5 + \eta_{ij}^6) * a_{ij}, \quad i = 1 \div n, j = 1 \div n. \quad (10)$$

В формуле (9) и (10) коэффициенты  $\eta^{1ij} - \eta^{6ij}$  соответствуют удельным коэффициентам для каждой из вышперечисленных составляющих элемента I квадранта МОБ и матрицы A, и очевидно, что для этих удельных коэффициентов выполняется соотношение:

$$1 = \eta_{ij}^1 + \eta_{ij}^2 + \eta_{ij}^3 + \eta_{ij}^4 + \eta_{ij}^5 + \eta_{ij}^6, \quad i = 1 \div n, j = 1 \div n. \quad (11)$$

Для целей прогнозирования потребности экономики Украины в топливно-энергетических ресурсах наибольший интерес представляет коэффициент  $\eta^{1ij}$  — стоимость товаров и услуг, которую потребила j-ая экономическая единица (отрасль) от i-ой экономической единицы (отрасли) за отчетный период для производства единичного объема товаров или услуг. Величину  $\eta^{1ij}$  для конкретного периода t можно представить в виде:

$$\eta_{ij}^1 = \sum_{r=1}^k \beta_{ij}^r c_i^r + \gamma_{ij}^1. \quad (12)$$

где:

R — множество рассматриваемых энергетических ресурсов, и соответственно r-конкретный энергетический ресурс,  $r \in R$ ;

$\beta_{ij}^r$  — удельное прогнозное потребление r-го энергетического ресурса, предоставленного отраслью i для производства единичного объема продукции отраслью j в период t в натуральном выражении;

$c_i^r$  — прогнозные изменение цены на r-ый энергетический ресурс, произведенный отраслью i в период t по отношению к базовому периоду  $t_0$ , в удельных единицах;

$\gamma_{ij}^1$  — прогнозная стоимость потребляемых ресурсов, произведенных отраслью i (за исключением энергетических) для производства единичного объема продукции отраслью j в период t в стоимостном выражении.

Таким образом, для построения прогноза необходимо знать энергоёмкости для всех отраслей

экономики Украины, а также цены на продукцию отраслей в базовом году  $t_0$  (например в 1997г.) и сформировать варианты изменения в будущем энергоёмкости, цен на энергоресурсы и стоимости прочих, неэнергетических ресурсов по отношению к базовому году.

Для прогнозирования потребности экономики Украины в топливно-энергетических ресурсах достаточно представить в виде (9) и (10), с учетом (12), коэффициенты четырех строк I квадранта МОБ и матрицы A (им соответствуют отрасли топливно-энергетического комплекса — электроэнергетика, нефтегазовая, угольная и прочая топливная промышленность) и варьируя коэффициентами  $\beta^{1ij}$  и  $c_i^r$ , безусловно с учетом доступных технологических возможностей, можно получить "новую", прогнозную матрицу A. Сделав предположение о неизменности объемов конечного спроса, либо применив прогнозные данные об уровнях конечного спроса на продукцию отраслей, и подставив эти данные в выражение (8) можно рассчитать прогнозные объемы производства товаров и услуг (и в том числе: потребность в топливно-энергетических ресурсах) в денежном выражении. Для получения объемов потребности в топливно-энергетических ресурсах в натуральном выражении можно воспользоваться выражением:

$$O_i^r = \left[ \frac{O_i^{tr}}{X_i^{tr}} \right] \cdot \left[ \frac{X_i^{tr}}{c_i^{tr}} \right], \quad (13)$$

где:

$O_i^{tr}$  — объем необходимого производства r-го энергетического ресурса отраслью i в период t в натуральном выражении;

$O_i^{0r}$  — объем производства r-го энергетического ресурса отраслью i в базовый период  $t_0$  в натуральном выражении;

$X_i^{0r}$  — объем производства r-го энергетического ресурса отраслью i в базовый период  $t_0$  в денежном выражении;

$X_i^{tr}$  — объем прогнозного производства r-го энергетического ресурса отраслью i в период t в денежном выражении;

$c_i^{tr}$  — изменение цены на r-ый энергетический ресурс, произведенный отраслью i в период t по отношению к базовому периоду  $t_0$ , в удельных единицах.

Необходимо отметить, что использование данной методики автоматически дает сбалансированные между всеми отраслями экономики объемы потребности в товарах и услугах.

1. Ковалко М.П., Рапцун М.В., Кулик М.М., Єрохін О.О. Україна на шляху до енергетичної ефективності. - Київ: Агенство з раціонального використання енергії та екології, 1997. - 228 с.

2. Кубонива М., Табата М., Табата С., Хасэбэ Ю. Математическая экономика на персональном компьютере. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 304 с.

3. Міжгалузевий баланс України за 1997 рік в цінах споживачів (таблиця Витрати-Випуск) — Київ: Державний комітет статистики України, 1998. — 56 с.