

Таблица 1 – Расчеты основных показателей реального сектора экономики Республики Беларусь на 2008 год, % к 2007 г.

Показатель	Сценарии					
	0	1	2	3	4	5
gdp_t	109,83	109,79	109,83	109,81	109,83	109,72
$gdpprom_t$	114,15	114,12	114,26	114,14	114,16	114,10
$gdpagri_t$	109,12	109,11	109,15	109,11	109,13	109,10
$gdpcon_t$	123,23	123,23	123,23	123,23	123,23	123,23
$gdptc_t$	107,09	107,04	107,20	107,08	107,11	107,03
$gdptr_t$	113,98	113,82	113,62	113,88	113,99	113,33
$gdpho_t$	99,12	99,11	99,13	99,12	99,12	99,11
$gdpothert$	92,69	92,69	92,69	92,69	92,69	92,69
nt_t	103,96	103,96	103,96	103,96	103,96	103,96
inv_t	122,70	122,00	123,60	122,10	123,40	121,80
$vyprom_t$	110,70	110,58	110,86	110,69	110,71	110,56
$vvagri_t$	108,34	108,08	108,99	108,20	108,47	108,05
CG_t / gpi_t^b	112,49	112,48	112,50	112,48	112,49	112,48
CGF_t / gpi_t^b	114,74	114,73	114,75	114,73	114,74	114,73
$CGNF_t / gpi_t^b$	110,09	110,08	110,10	110,09	110,09	110,08
VIN_t / gpi_t^b	108,34	108,08	108,99	104,71	105,14	107,39
hh_t	5046,7	5039,9	5053,73	5044,87	5050,04	5039,40
fer_t	99,38	99,38	99,41	99,39	99,39	99,39
$PollEm_t$	100,79	100,79	100,83	100,80	100,80	100,81

на валовые выпуски в этих отраслях, была произведена корректировка ВДС указанных отраслей пропорционально изменению темпов роста продукции промышленности и сельского хозяйства.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод: предложенная макро модель обоснованна с точки зрения экономической теории и эконометрики, дает приемлемую точность прогнозов и может использоваться для сценарного прогнозирования показателей реального сектора белорусской экономики.

МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ БЕЛОРУССКОЙ ЭКОНОМИКИ³

М.К. Кравцов, д.ф.-м.н., профессор, А.А. Крукова
НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь (г. Минск)

Проблема моделирования макроэкономических процессов является одной из ключевых в современном мире и по-прежнему остается в центре внимания исследователей. В последнее время во многих странах мира активно развивается многокритериальный подход к моде-

³ Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Г08-039)

лированию и анализу таких процессов, основывающийся на моделях межотраслевого баланса (МОБ). В НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь также накоплен определенный опыт построения и использования многокритериальных моделей оптимизации на основе МОБ: для анализа и выбора оптимальной структуры белорусской экономики были разработаны двухкритериальная модель максимизации валового внутреннего продукта (ВВП) и минимизации потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), трехкритериальная модель максимизации ВВП, минимизации потребления ТЭР и максимизации внешнеторгового сальдо, а также четырехкритериальная модель, которая помимо трех вышеуказанных критериев содержит критерий минимизации выбросов углекислого газа, образующегося при сжигании топлива.

В настоящей статье предложена однокритериальная модель выбора оптимальной структуры белорусской экономики, которая представляет собой модификацию трехкритериальной модели. Эта модель позволяет проводить сценарные расчеты ВВП в Республике Беларусь в зависимости от изменения объема потребления ТЭР и внешнеторгового сальдо, что особенно важно в условиях мирового финансово-экономического кризиса.

Математическая модель задачи имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^n y_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n (a_{1j} + a_{2j}) x_j \leq Q, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n (s_i - r_i) \geq G, \quad (3)$$

$$Ax + y = x, \quad y = p + s - r, \quad (4)$$

$$s = Z(Ax + p), \quad r = D(Ax + p + s), \quad (5)$$

$$Bx \leq b, \quad (6)$$

$$x \leq (E + \alpha)\bar{x}, \quad x \geq (E - \alpha)\bar{x}, \quad x \geq 0, \quad (7)$$

$$(1 - \delta)y_i^0 \leq y_i \leq (1 + \delta)y_i^0, \quad \forall i \in N_1, \quad (1 + \delta)y_i^0 \leq y_i \leq (1 - \delta)y_i^0, \quad \forall i \in N_2, \quad (8)$$

где n — число отраслей; $A = (a_{ij})_{n \times n}$ — матрица коэффициентов прямых затрат; a_{1j} , a_{2j} — соответственно прямые затраты электро-, теплоэнергии и продукции топливной промышленности на производство единицы валовой продукции j -й отрасли; Q — верхняя граница объема потребления ТЭР в Республике Беларусь в анализируемом периоде; G — нижняя граница внешнеторгового сальдо Республики Беларусь в анализируемом периоде; E — единичная матрица порядка n ; $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ — вектор валовых выпусков отраслей (верхний индекс T означает транспонирование); $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ — вектор конечного использования продукции отраслей, определяющий отраслевую структуру ВВП со стороны спроса; $y^0 = (y_1^0, y_2^0, \dots, y_n^0)^T$ — вектор значений конечного использования продукции отраслей за базовый период; $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)^T$ — вектор экспорта продукции отраслей; $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)^T$ — вектор импорта продукции отраслей; $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)^T$ — вектор конечного потребления и валового накопления продукции отраслей; δ — средний темп изменения конечного использования по отраслям; N_1 (N_2) — множество отраслей, для которых значения конечного использования неотрицательны (неположительны) в анализируемом периоде ($N_1 \cup N_2 = N$, $N_1 \cap N_2 = \emptyset$, N — множество всех отраслей)⁴; $B = (b_{ij})_{m \times n}$ — матрица коэффициентов прямых затрат факторов производства (m — количество учитываемых факторов производства); $b = (b_1, b_2, \dots, b_m)^T$ — вектор объемов факторов производства; $Z = (z_{ij})_{n \times n}$, $D = (d_{ij})_{n \times n}$ — диагональные матрицы соответственно коэффициентов экспорта и импорта продукции отраслей ($z_{ij} = z_i$, $d_{ij} = d_i$, при $i = j$ и $z_{ij} = d_{ij} = 0$ при $i \neq j$); $\alpha = (\alpha_{ij})_{n \times n}$ — диагональная матрица

⁴ В группу N_2 в 2007 г. вошли черная, цветная металлургия и топливная промышленность.

темпов прироста выпусков отраслей, в которой $\alpha_{ij} = 0$ при $i \neq j$, а $\alpha_{ij} = \alpha_i$ при $i = j$ – темп прироста выпуска i -й отрасли, который определяется как $\alpha_i = \frac{|x_i - \bar{x}_i|}{\bar{x}_i}$. Здесь

$\bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)^T$ — вектор валовых выпусков отраслей за базовый период, а $\bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)^T$ — вектор валовых выпусков отраслей в сопоставимых ценах за период, предшествующий базовому.

Всюду ниже предполагается, что матрица A является продуктивной. Такое предположение позволяет матричное уравнение $Ax + y = x$ записать в виде $x = (E - A)^{-1}y$. Будем также предполагать, что $d_i \neq 1$, $z_i \neq -1$, $i = 1, 2, \dots, n$.

Введем следующие обозначения:

$W = (E - A)^{-1}$; $(Wy)_j$ — j -й элемент вектора Wy ; w_{ij} — элемент матрицы W ;

$e = (\underbrace{1, 1, \dots, 1}_n)$;

$\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n)$, где $\gamma_j = \sum_{i=1}^n (a_{1i} + a_{2i})w_{ij}$;

$\eta = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$, где $\eta_j = \sum_{i=1}^n \frac{z_i - d_i - z_i d_i}{(1 + z_i)(1 - d_i)} w_{ij}$;

$y^+(\delta) = (y_1^+(\delta), y_2^+(\delta), \dots, y_n^+(\delta))^T$, где $y_i^+(\delta) = \begin{cases} (1 + \delta)y_i^0, & \text{если } i \in N_1, \\ (1 - \delta)y_i^0, & \text{если } i \in N_2, \end{cases}$

$y^-(\delta) = (y_1^-(\delta), y_2^-(\delta), \dots, y_n^-(\delta))^T$, где $y_i^-(\delta) = \begin{cases} (1 - \delta)y_i^0, & \text{если } i \in N_1, \\ (1 + \delta)y_i^0, & \text{если } i \in N_2. \end{cases}$

Используя эти обозначения, модель (1) — (8) можно записать в виде:

$$f(y) = \langle e, y \rangle \rightarrow \max, \quad (9)$$

$$Cy \leq c, \quad (10)$$

$$\text{где } C = \begin{bmatrix} \gamma \\ -\eta \\ BW \\ W \\ -W \\ E \\ -E \end{bmatrix}, \quad c = \begin{bmatrix} Q \\ -G \\ b \\ (E + \alpha)\bar{x} \\ -(E - \alpha)\bar{x} \\ y^+(\delta) \\ y^-(\delta) \end{bmatrix}, \quad \langle a, b \rangle \text{ — скалярное произведение векторов } a \text{ и } b.$$

Пусть $y^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_n^*)^T$ — оптимальный план задачи (9) — (10). Тогда векторы валовых выпусков (x^*), промежуточного потребления (Π^*), конечного потребления и валового накопления (p^*), экспорта (s^*) и импорта (r^*) рассчитываются по формулам соответственно $x^* = (E - A)^{-1}y^*$, $\Pi^* = Ax^*$, $p^* = (E + Z - D - DZ)^{-1}[y^* - (Z - D - DZ)(Ax^*)]$, $s^* = Z(Ax^* + p^*)$, $r^* = D(Ax^* + p^* + s^*)$.

Статистической базой модели (1) — (8) является отчетный МОБ Республики Беларусь за 2007 год в разрезе 31 отрасли экономики в основных ценах⁵. На основе данных отчетного МОБ были определены коэффициенты прямых затрат a_{ij} матрицы A ($a_{ij} = x_{ij}/x_j$), коэффициенты матриц экспорта Z и импорта D : $z_i = s_i / (\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + p_i)$,

⁵ Отрасли «Продукты нефтяной промышленности», «Продукты газовой промышленности», «Уголь», «Горючие сланцы и торф» были сгруппированы в одну отрасль «Топливная промышленность»

$d_i = r_i / (\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + p_i + s_i)$, где x_{ij} — поставки продукции из i -й отрасли в j -ю; s_i , r_i — соответственно объемы экспорта и импорта i -й отрасли.

В качестве первичных факторов производства в ограничениях (6) были рассмотрены труд и капитал. Информация о среднесписочной численности работников и использовании основного капитала по отраслям для расчета коэффициентов прямых затрат факторов производства b_{kj} в этих ограничениях была взята из статистического сборника Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, «Численность и заработная плата работников Республики Беларусь» за январь-декабрь 2007 г. и «Отчета о наличии и движении основных средств и других внеоборотных активов» за 2007 г.

Расчеты по модели (9) — (10) проводились по шести сценариям на информации Республики Беларусь за 2007 год. Базовый сценарий расчета (сценарий 0) по модели учитывает фактические значения всех экзогенных переменных за 2007 г. Альтернативные сценарии разработаны исходя из основных предпосылок и условий базового варианта, но с другими значениями потребления ТЭР и внешнеторгового сальдо: были определены значения Q и G , отличные от фактического уровня, т.е. от базового сценария. Выбор этих значений производился в направлении улучшения фактически сложившихся объемов потребления ТЭР и внешнеторгового сальдо (таблица 1). Программная реализация оптимизационной модели (9) — (10) и всех расчетов производилась с помощью пакета прикладных программ Matlab 7.

Таблица 1 – Сценарии реализации модели⁶

Сценарии	Потребление ТЭР	Внешнеторговое сальдо
Базовый сценарий	фактическое	Фактическое
Сценарий 1	фактическое -5%	Фактическое
Сценарий 2	фактическое -6%	Фактическое
Сценарий 3	фактическое	фактическое -10%
Сценарий 4	фактическое	фактическое -15%
Сценарий 5	фактическое -6%	фактическое -15%

С помощью модели (9) — (10) была найдена оптимальная отраслевая структура конечного использования (y^*) для каждого сценария при $\delta=0,05$, а также рассчитаны отраслевые показатели валового выпуска и промежуточного потребления.

Основные выводы, которые были сделаны по результатам расчетов по модели (9) — (10), заключаются в следующем.

1) при сложившихся объемах потребления ТЭР и сальдо внешней торговли в 2007 г. рассчитанный ВВП, соответствующий эффективной отраслевой структуре, оказался больше фактического на 1,64%;

2) данные расчетов для приведенных в табл. 3 сценариев свидетельствуют о том, что в рамках рассматриваемой модели в 2007 г. в республике имелся потенциал для роста ВВП с одновременной экономией ТЭР и улучшением значений внешнеторгового сальдо. Так, например, расчет для базового сценария указывает на возможность экономии ТЭР в размерах 4,47% по сравнению с фактическим уровнем, и улучшения значения внешнеторгового сальдо на 1,51%. Ужесточение требований к объему потребляемых ТЭР при фактическом сальдо экспорта-импорта в сценариях 1 и 2, а также усиление требований к значению внешнеторгового сальдо и его установление выше фактического при сохранении фактического уровня потребления ТЭР в сценариях 3–4 отмечено значениями ВВП, выше фактического, но более низкими по сравнению с базовым сценарием.

Предложенная модель может использоваться в качестве методической базы при разработке программ социально-экономического развития, а также программ структурной перестройки и развития отдельных отраслей и отраслевых комплексов Республики Беларусь.

⁶ В отношении правых частей ограничений по сальдо экспорта-импорта отметим, что фактический уровень внешнеторгового сальдо в 2007 году являлся отрицательной величиной. С формальной точки зрения определение границы сальдо в направлении его улучшения представляет собой уменьшение отрицательной величины, поэтому при формировании сценариев в табл. 1 указывалось изменение границы ограничения в процентах со знаком минус (-10% и т.д.).