

Матричный метод, энергоресурсы и затраты капитала

Скляр Дмитрий Евгеньевич

аспирант, Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Кустов Евгений Федорович

доктор физико-математических наук, профессор, Национальный исследовательский университет «МЭИ» Sklyarov.d.e@gmail.com

Экономические системы существуют при условии получения и расхода энергии. Потребление энергии является необходимым условием существования и функционирования экономических систем любого масштаба: макроэкономики, микроэкономики, экономики регионов или мировой экономики. Однако энергетические условия существования экономических систем отличаются от таких условий для других систем. Так биологические системы являются диссипативными системами, которые существуют при условии потребления и расхода энергии. Экономическая система существует не только при условии расходовании энергии, но и при условии создания энергоресурсов.

Экономическая система функционирует в том масштабе, в какой она имеет возможность добывать энергию и получать доступ к энергоресурсам. Причем получение и расход энергоресурсов при функционировании экономической системы определяется, в основном, уровнем получения энергии от энергетических источников, поскольку этот уровень определяется уровнем потребления энергии отраслей и предприятий экономики.

В настоящее время экономические системы не производят энергию в запас, сейчас только начали создаваться накопительные системы энергии. Однако эти системы разрабатываются скорее для демпфирования неравномерности временного потребления энергии и в целях энергосбережения.

Ключевые слова: Матричный метод, энергоэффективность, энергосбережение, энергоресурсы, матрица

В работах [1, 5] разработан метод матриц затраты – выпуск, цена – добавленная стоимость, позволяющий проводить экономический анализ исходя из конкретной структуры всей экономики или взаимно замкнутой ее части. В работах [2, 3, 4] этот метод применен для анализа влияния экологических и коррупционных факторов на функционирование различных отраслей экономики.

Использование матричного метода позволяет многоотраслевую экономическую систему и энергетическую отрасль свести к двухсекторной модели и анализировать условия их взаимного развития и изменения структурных показателей. В результате могут быть получены основные соотношения выпуска и потребления энергоресурсов на примере экономической взаимосвязи энергетического и реальных отраслей экономики и домашних хозяйств.

Рассмотрим общее матричное уравнение экономики:

$$(I-A)Y=C, \quad (1)$$

где I – единичная матрица, A – технологическая матрица производства продукции и поставок энергии, Y – вектор объемов производства каждой отрасли, C – вектор внешних поставок продукции двух отраслей.

Если рассматривать простейший вариант, когда первая отрасль это производство энергии, а вторая отрасль потребитель энергии, в этом случае матрица будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{vmatrix} 1-a_{11} & -a_{21} \\ -a_{12} & 1-a_{22} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C_1 \\ C_2 \end{vmatrix} \quad (2)$$

Перейдем непосредственно к теме статьи

Энергоресурсы и затраты капитала

Для того, чтобы построить матрицу выпуска с учетом энергоресурсов и затрат капитала надо к матрице затрат энергоресурсов

$$\begin{vmatrix} 1-a_{11} & -a_{12} & -a_{13} & \dots & -a_{1N} & -\frac{c_1}{E} \\ -a_{21} & 1-a_{22} & -a_{23} & \dots & -a_{2N} & -\frac{c_2}{E} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ -a_{N1} & -a_{N2} & -a_{N3} & \dots & 1-a_{NN} & -\frac{c_N}{E} \\ -\frac{E_1}{Y_1} & -\frac{E_2}{Y_2} & -\frac{E_3}{Y_3} & \dots & -\frac{E_N}{Y_N} & 1-\frac{E_0}{E} \end{vmatrix} \quad (3)$$

добавить строку и столбец удельных затрат капитала и производительности капитальных затрат:

$$\begin{vmatrix} 1-a_{11} & \dots & -a_{1N} & -\frac{c_1}{E} & -\frac{c_1}{K} \\ \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -a_{N1} & \dots & 1-a_{NN} & -\frac{c_N}{E} & -\frac{c_N}{K} \\ -\frac{E_1}{Y_1} & \dots & -\frac{E_N}{Y_N} & 1-\frac{E_0}{E} & -\frac{L_K}{K} \\ -\frac{K_1}{Y_1} & \dots & -\frac{K_N}{Y_N} & -\frac{K_E}{E} & 1-\frac{K_0}{K} \end{vmatrix} \quad (4)$$

где K_1 – затраты капитала в отрасли, K_E – затраты капитала в секторе энергоресурсов, K – полные за-

траты капитала, E_K – затраты на энергоресурсы в секторе капиталовложений.

Если записать эту матрицу в стоимостных единицах, то каждый элемент матрицы выпуска должен быть умножен на отношения цен продукции соответствующих отраслей.

$$a_{ij} \frac{p_i}{p_j} \quad (5)$$

Строка энергоресурсов должна быть умножена на стоимость единицы энергоресурсов и поделена на цену продукции отрасли. Строка затрат капитала должна быть умножена на цену капитала и поделена на цену продукции отрасли.

Первый столбец поставок под спрос должен быть умножен на цену продукции поставок и поделен на стоимость единицы энергоресурсов w . Второй столбец поставок под спрос должен быть умножен на цену продукции поставок и поделен на цену капитала r .

Тогда матрица выпуска, модифицированная с учетом стоимости затрат на энергоресурсы и капитала и цен продукции будет иметь вид:

$$\begin{pmatrix} 1 - a_{11} & \dots & -a_{1N} \frac{p_1}{p_N} & -\frac{c_1 p_1}{wE} & -\frac{c_1 p_1}{rK} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{N1} \frac{p_N}{p_1} & \dots & 1 - a_{NN} & -\frac{c_N p_N}{wE} & -\frac{c_N p_N}{rK} \\ -\frac{wE_1}{p_1 y_1} & \dots & -\frac{E_N}{p_N y_N} & 1 - \frac{E_0}{E} & -\frac{wE_K}{rK} \\ -\frac{rK_1}{p_1 y_1} & \dots & -\frac{K_N}{p_N y_N} & -\frac{rK_E}{wE} & 1 - \frac{K_0}{K} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Теперь нужно транспонировать эту матрицу и тождественно преобразовать диагональные члены:

$$\begin{pmatrix} (1 - a_{11}) \frac{p_1}{p_1} & \dots & -a_{1N} \frac{p_N}{p_1} & -\frac{wE_1}{p_1 y_1} & -\frac{rK_1}{p_1 y_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{N1} \frac{p_1}{p_N} & \dots & (1 - a_{NN}) \frac{p_N}{p_N} & -\frac{wE_N}{p_N y_N} & -\frac{rK_N}{p_N y_N} \\ -\frac{c_1 p_1}{wE} & \dots & -\frac{c_N p_N}{wE} & (1 - \frac{E_0}{E}) \frac{p_1}{p_1} & -\frac{rK_E}{wE} \\ -\frac{c_1 p_1}{rK} & \dots & -\frac{c_N p_N}{rK} & -\frac{wL_K}{rK} & (1 - \frac{K_0}{K}) \frac{r}{r} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Структуру этой матрицы можно представить, как произведение матрицы на вектор – столбец цены, что в свою очередь будет равняться вектору – столбцу добавленных стоимостей в относительных единицах. (Относительно цены продукции отрасли и цены единицы энергоресурсов и капитала). Поэтому можно написать:

$$\begin{pmatrix} (1 - a_{11}) \frac{p_1}{p_1} & \dots & -a_{1N} \frac{1}{p_1} & -\frac{E_1}{p_1 y_1} & -\frac{K_1}{p_1 y_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{N1} \frac{1}{p_N} & \dots & (1 - a_{NN}) \frac{1}{p_N} & -\frac{E_N}{p_N y_N} & -\frac{K_N}{p_N y_N} \\ -\frac{c_1}{wE} & \dots & -\frac{c_N}{wE} & (1 - \frac{E_0}{E}) \frac{p_1}{w} & -\frac{K_E}{wE} \\ -\frac{c_1}{rK} & \dots & -\frac{c_N}{rK} & -\frac{E_K}{rK} & (1 - \frac{K_0}{K}) \frac{1}{r} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_1 \\ \dots \\ p_N \\ w \\ r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1 \\ \dots \\ v_N \\ v_{0E} \\ v_{0K} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Из этого матричного уравнения можно получить следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{v_1}{p_1} &= (1 - a_{11}) - a_{21} \frac{p_2}{p_1} - a_{31} \frac{p_3}{p_1} - \dots - a_{N1} \frac{p_N}{p_1} - \frac{E_1}{y_1 p_1} w - \frac{K_1}{y_1 p_1} r \\ \frac{v_2}{p_2} &= -a_{12} \frac{p_1}{p_2} + (1 - a_{22}) - a_{32} \frac{p_3}{p_2} - \dots - a_{N2} \frac{p_N}{p_2} - \frac{E_2}{y_2 p_2} w - \frac{K_2}{y_2 p_2} r \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \frac{v_N}{p_N} &= -a_{1N} \frac{p_1}{p_N} - a_{2N} \frac{p_2}{p_N} - a_{3N} \frac{p_3}{p_N} - \dots + (1 - a_{NN}) - \frac{E_N}{y_N p_N} w - \frac{K_N}{y_N p_N} r \\ \frac{v_{0N}}{w} &= -\frac{c_1}{wE} p_1 - \frac{c_2}{wE} p_2 - \frac{c_3}{wE} p_3 - \dots - \frac{c_N}{wE} p_N + \left(1 - \frac{E_0}{E}\right) - \frac{K_E}{wE} r \\ \frac{v_{0K}}{r} &= -\frac{c_1}{rK} p_1 - \frac{c_2}{rK} p_2 - \frac{c_3}{rK} p_3 - \dots - \frac{c_N}{rK} p_N - \frac{E_K}{rK} w + \left(1 - \frac{K_0}{K}\right) \end{aligned}$$

Тогда уравнения для добавленной стоимости в стоимостном масштабе будут иметь вид:

$$\begin{aligned} v_1 &= (1 - a_{11}) p_1 - a_{21} p_2 - a_{31} p_3 - \dots - a_{N1} p_N - \frac{E_1}{y_1} w - \frac{K_1}{y_1} r, \\ v_2 &= -a_{12} p_1 + (1 - a_{22}) p_2 - a_{32} p_3 - \dots - a_{N2} p_N - \frac{E_2}{y_2} w - \frac{K_2}{y_2} r, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} v_N &= -a_{1N} p_1 - a_{2N} p_2 - a_{3N} p_3 - \dots + (1 - a_{NN}) p_N - \frac{E_N}{y_N} w - \frac{K_N}{y_N} r, \\ v_{0E} &= -\frac{c_1}{L} p_1 - \frac{c_2}{L} p_2 - \frac{c_3}{L} p_3 - \dots - \frac{c_N}{L} p_N + \left(1 - \frac{E_0}{E}\right) w - \frac{K_E}{L} r, \\ v_{0K} &= -\frac{c_1}{K} p_1 - \frac{c_2}{K} p_2 - \frac{c_3}{K} p_3 - \dots - \frac{c_N}{K} p_N - \frac{E_K}{K} w + \left(1 - \frac{K_0}{K}\right) r \end{aligned}$$

Из этой системы уравнений можно вычлени матрицу для добавленной стоимости в стоимостном выражении:

$$1 - AE\hat{K} = \begin{pmatrix} 1 - a_{11} & \dots & -a_{N1} & -\frac{E_1}{y_1} & -\frac{K_1}{y_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{1N} & \dots & 1 - a_{NN} & -\frac{E_N}{y_N} & -\frac{K_N}{y_N} \\ -\frac{c_1}{E} & \dots & -\frac{c_N}{E} & 1 - \frac{E_0}{E} & -\frac{K_E}{E} \\ -\frac{c_1}{K} & \dots & -\frac{c_N}{K} & -\frac{L_K}{K} & 1 - \frac{K_0}{K} \end{pmatrix} \quad (11)$$

В сокращенной записи блок этих матричных уравнений будет иметь вид:

$$v_i = (\delta_i^k - AE\hat{K}_i^k) p_k \quad (12)$$

Можно ввести вектор – строку цен и добавленной стоимости, при этом в соответствии с правилом умножения матриц «строка умножается на столбец» нужно ставить эти вектора впереди матрицы и заменить транспонированную матрицу обычной.

$$v^k = p^t (\delta_i^k - AEE_i^k), \quad (13)$$

и матрица этого уравнения будет:

$$1 - AEE_i^k = \begin{pmatrix} 1 - a_{11} & \dots & -a_{N1} & -\frac{c_1}{E} & -\frac{c_1}{K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{1N} & \dots & 1 - a_{NN} & -\frac{c_N}{E} & -\frac{c_N}{K} \\ -\frac{E_1}{y_1} & \dots & -\frac{E_N}{y_N} & 1 - \frac{E_0}{E} & -\frac{K_E}{E} \\ -\frac{K_1}{y_1} & \dots & -\frac{K_N}{y_N} & -\frac{L_K}{K} & 1 - \frac{K_0}{K} \end{pmatrix} \quad (14)$$

Если рассматривается замкнутая система, то добавленные стоимости равны нулю, поэтому правые части системы уравнений для цены продукции в отраслях и стоимости единицы энергоресурсов и капитала должны быть равны нулю. Тогда эта система имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} (1 - a_{11}) p_1 - a_{21} p_2 - a_{31} p_3 - \dots - a_{N1} p_N - \frac{E_1}{y_1} w - \frac{K_1}{y_1} r &= 0 \\ -a_{12} p_1 + (1 - a_{22}) p_2 - a_{32} p_3 - \dots - a_{N2} p_N - \frac{E_2}{y_2} w - \frac{K_2}{y_2} r &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} & -a_{1N}p_1 - a_{2N}p_2 - a_{3N}p_3 \dots + (1 - a_{NN})p_N - \frac{E_N}{y_N}w - \frac{K_N}{E}r = 0 \\ & -\frac{c_1}{E}p_1 - \frac{c_2}{E}p_2 - \frac{c_3}{E}p_3 \dots - \frac{c_N}{E}p_N + \left(1 - \frac{E_0}{E}\right)w - \frac{K_E}{E}r = 0 \\ & -\frac{c_1}{K}p_1 - \frac{c_2}{K}p_2 - \frac{c_3}{K}p_3 \dots - \frac{c_N}{K}p_N - \frac{E_K}{K}w + \left(1 - \frac{K_0}{K}\right)r = 0 \end{aligned}$$

Обычно добавленные стоимости являются составляющими цены единицы продукции, не связанные с производительными затратами. В уравнениях (14) можно видеть, что два последних члена каждого уравнения не связаны с матрицей затрат. Поэтому можно заключить, что они описывают добавленную стоимость. Следовательно, добавленная стоимость равна:

$$v_i = \frac{E_i}{y_i}w + \frac{K_i}{E}r. \quad (16)$$

Отсюда можно видеть, что структура добавленной стоимости имеет две составляющие. Первая составляющая определяет стоимость затрат энергоресурсов, которая равна произведению удельных затрат энергоресурсов на цену единицы энергоресурсов. Вторая составляющая определяет стоимость затрат капитала, которая равна произведению удельных затрат капитала на цену единицы капитала.

Давайте определим структуру добавленной стоимости, которая обычно вводится в уравнение для цены продукции как свободный член уравнений производственного сектора.

$$\begin{aligned} p_1(1 - a_{11}) - p_2a_{21} - \dots - p_Na_{N1} &= v_1 \quad (17) \\ -p_1a_{12} + p_2(1 - a_{22}) - \dots - p_Na_{N2} &= v_2 \end{aligned}$$

$$-p_1a_{1N} - p_2a_{2N} - \dots + p_N(1 - a_{NN}) = v_N$$

Сравнивая эти уравнения с уравнением можно определить структуру добавленной стоимости следующим образом:

$$v_i = \dot{v}_i + v_{0i} \frac{E_i}{y_i} + \frac{c_i}{y_i}p_i \quad (18)$$

Если подставить в это уравнение выражение для добавленной стоимости

$$v_{0i} = -\frac{c_i}{E_i}p_i + \left(1 - \frac{E_{0i}}{E_i}\right)w_i \quad (19)$$

то получим:

$$v_i = \dot{v}_i + \frac{w_i}{y_i}(E_i - E_{0i}) \quad (20)$$

Отсюда следует, что добавленная стоимость состоит из двух компонент. Вторая компонента появляется вследствие оплаты энергоресурсов и представляет стоимость энергоресурсов отрасли, приходящиеся на единицу выпуска ее продукции.

Можно составить обобщенное выражение для добавленной стоимости:

$$p^i(1 - A_i^f) = v^j + w^k W_k^f \quad (21)$$

Где W_k^f , тензор затрат энергоресурсов:

$$W_k^f = \begin{bmatrix} \frac{E_1}{y_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{E_2}{y_2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{E_N}{y_N} \end{bmatrix} \quad (22)$$

В данном случае тензор затрат энергоресурсов диагональный, поскольку мы учитывали, что энергоресурсы отрасли используются только в своей отрасли. Если энергоресурсы отрасли используются не полностью, то часть энергоресурсов может быть использована в других отраслях. Тогда матрица тензора затрат энергоресурсов будет недиагональной.

Структура уравнения (21) определяет цену единицы продукции как величину производственных затрат на единицу продукции плюс затраты на оплату энергоресурсов, использованных в этом секторе экономики. Оставшаяся часть добавленной стоимости носит название «прочей добавленной стоимости». Под прочей добавленной стоимостью можно понимать прибыль производства. Действительно, цена определяет стоимость, которую получает производство при реализации продукции. За вычетом расходов на материальные затраты при покупке продукции других отраслей производства, использованных при производстве единицы продукции и расходов на оплату энергоресурсов остается часть добавленной стоимости, которую можно назвать прибылью предприятия.

Вывод:

1. Затраты на энергоресурсы увеличивают цену продукции и изменяют величину добавленной стоимости,

2. Прибыль предприятий и затраты на энергоресурсы находятся в обратной зависимости: при сохранении цены продукции увеличение нормы прибыли сопровождается уменьшением оплаты энергоресурсов,

3. Уменьшение оплаты энергоресурсов может происходить либо с уменьшением уровня энергоресурсов в отрасли при сохранении уровня оплаты единицы энергоресурсов, либо за счет уменьшения оплаты единицы энергоресурсов при сохранении уровня энергоресурсов,

4. Взаимные зависимости прибыли, уровня энергоресурсов, и их ценой линейные. В какой степени изменяется прибыль в такой же степени, но в противоположную сторону изменяется производство цены энергоресурсов на уровне энергоресурсов. Во сколько раз изменяется уровень энергоресурсов, во столько же раз изменяется в противоположную сторону цена энергоресурсов.

Литература

1. Кустов Е.Ф. Аналитическая экономика т.1, 2 Тамбов: Першина, 2005, 504 с.
2. Кустов Е.Ф. Матричный метод анализа влияния коррупции на экономику. Экономический анализ. Теория и практика. 2011, 31(238), с. 47-55.
3. Кустов Е. Ф., Кустов М. Е. Экологический анализ. Lap Lambert, 2011, 260 с.
4. Кустов Е. Ф. Экономика и коррупция. Lap Lambert, 2012, 580 с.
5. Леонтьев В. Экономические эссе, М.: Издательство политической литературы, 1990, 319 с.

Matrix method, energy resources and capital costs
Sklyarov D.E., Kustov E.F.

National research university "MEI"

Economic systems exist under the condition of receipt and expenditure of energy. Energy consumption is a necessary condition for the existence and functioning of any scale economic systems: macroeconomics, microeconomics, economic regions, or the world economy. However, the energy conditions of existence of economic systems differ from these conditions for other systems. So biological systems are dissipative systems, which exist under condition of

energy consumption and expenditure. Economic system exist not only because of energy consumption, but also because of energy production.

Economic system operates in that scale in which it is able to produce energy and get access to energy. Moreover, the receipt and consumption of energy at the economic system operation is mainly determined by, the level of energy production from energy sources, as this level is determined by the level of industries energy consumption and enterprises of the economy.

Nowadays economic systems do not produce energy in reserve, when only began creation of energy storage system. However, these **systems are designed to dampen uneven temporal energy consumption and for saving energy.**

Key words: Matrix method, Energy efficiency, energy conservation, energy resources, matrix

References

1. Bushes E.F. Analiticheskaya economy t.1, 2 Tambov: Pershina, 2005, 504 pages.
2. Kustov E.F. Matrix method of the analysis of influence of corruption on economy. Economic analysis. Theory and practice. 2011, 31(238), page 47-55.
3. Kustov E. F., Kustov M. E. Ekologicheskyy analysis. Lap Lambert, 2011, 260 with.
4. Bushes of E. F. Ekonomik and corruption. Lap-Lambert, 2012, 580 pages.
5. Leontyev V. Economic essays, M.: Publishing house of political literature, 1990, 319 pages.