УПРАВЛЕНЕЦ № 5/63/ 2016

Исследование олигополистического рынка природного газа методами теоретико-игрового моделирования

ПЕРШИН Владимир Константинович
Доктор физико-математических наук, профессор кафедры статистики, эконометрики и информатики

Уральский государственный экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45
Тел.: (343) 221-27-61
E-mail: lina-pershina@mail.ru

КИСЛИЦЫН Евгений Витальевич
Старший преподаватель кафедры статистики, эконометрики и информатики

Уральский государственный экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45
Тел.: (343) 221-27-61
E-mail: kev@usue.ru

Аннотация

В статье рассматриваются процессы, происходящие на европейском рынке природного газа, с точки зрения теоретико-игрового моделирования. Авторами предложена двухэтапная теоретико-игровая модель газового рынка Европы с тремя основными участниками: производитель, транспортировщик и потребитель. Излагается суть локального анализа чувствительности показателей поставщика, транспортировщика и потребителя. Проведен анализ чувствительности по данным за 2014 год, интерпретированы его результаты, рассчитаны показатели эффективности участников. Конкретизирован показатель «доля России». Проведен глобальный анализ влияния изменения позиции потребителя на показатели эффективности производителя и транспортировщика природного газа. Показано, что в некоторых случаях показатель эффективности лидера игры по Штакельбергу может быть меньше, чем последователя, причем на это влияет изменение позиций третьего игрока (потребителя).

Ключевые слова

РЫНОК ПРИРОДНОГО ГАЗА
ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ
ОЛИГОПОЛИЯ
ЭЛАСТИЧНОСТЬ ЗАМЕНЫ
ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ

JEL classification

C72, L13

ВВЕДЕНИЕ

В современных экономических системах большинство рынков являются рынками несовершенной конкуренции. На таких рынках производители товара имеют некоторую рыночную власть, т.е. способны влиять на цену продукции предприятия. Наиболее интересным для исследования типом рыночных структур, в силу разнообразия стратегий поведения участников и нетривиальности выводов, является олигополия [7]. Олигополистические модели конкуренции превалируют в отдельных отраслях экономики развитых стран, благодаря чему их изучению уделяется особое внимание. Различным аспектам олигополистического поведения посвящено большое количество как зарубежной, так и российской литературы (см.: [3]). К примеру, Л.В. Улезловой рассматриваются основополагающие признаки, характеризующие рынок в телекоммуникационной отрасли как олигополистический [6]. И.К. Леденева анализирует олигополистический рынок сотовой мобильной связи [4]. Много исследований посвящено энергетическим рынкам. В частности, А.В. Трачук характеризует возможные стратегии поставщиков оптового рынка электроэнергии в условиях сложившейся олигополии, основные принципы выбора поставщиком конкурентных стратегий, предлагает формализованные математические модели, учитывающие специфику торговли электрической энергией, и методы их решения [5].

Целью данной статьи является исследование олигополистического рынка природного газа Западной Европы методами игрового моделирования, где в качестве основных участников представлены производитель, транспортировщик и потребитель.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЙ МОДЕЛИ ГАЗОВОГО РЫНКА ЕВРОПЫ

Для моделирования олигополистических рынков чаще всего используются методы теории игр, хотя не отвергаются и другие методы, такие как построение генетических алгоритмов, агентное имитационное моделирование и пр. А.А. Васин и А.А. Шарикова анализируют модель функционирования спотового и форвардного рынков электроэнергии, организованных как аукционы Курно [2]. Рассматривается двухэтапная игра с производителями в качестве игроков, максимизирующих свою прибыль, используя стратегии, соответствующие совершенному подыгровому равновесию. Одним из вариантов является аукцион на двухузловом рынке, структурой узлов которого является олигополия, а методом решения задачи выступает теория игр [1].

В классическом понимании олигополистический рынок представляет собой рынок, состоящий из немногочисленного числа фирм, производящих однородный или дифференцированный продукт, обладающих некоторой рыночной властью и принимающих решения исходя из поведения своих конкурентов. Но в некоторых случаях олигополия может иметь иной характер, где взаимодействуют не производители товара, а последовательная цепочка агентов. В частности, это может быть цепочка

The Study of the Oligopolistic Market of Natural Gas Applying the Methods of Game-Theoretic Modelling

Vladimir K. PERSHIN
Dr. Sc. (Physics & Math), Professor of Statistics, Econometrics and Information Science Dept.

Ural State University of Economics
620144, RF, Yekaterinburg,
8 Marta/Narodnoy Voli St., 62/45
Phone: (343) 221-27-61
E-mail: lina-pershina@mail.ru

Yevgeny V. KISLITSYN
Sr. Lecturer of Statistics, Econometrics and Information Science Dept.

Ural State University of Economics
620144, RF, Yekaterinburg,
8 Marta/Narodnoy Voli St., 62/45
Phone: (343) 221-27-61
E-mail: kev@usue.ru

Keywords

NATURAL GAS MARKET
GAME-THEORETIC MODEL
OLIGOPOLY
ELASTICITY OF SUBSTITUTION
EFFICIENCY INDICATOR

Abstract

The paper looks at the processes in the European natural gas market from the viewpoint of game-theoretic modelling. The authors proposed a two-stage game-theoretic model of the European natural gas market with three key participants – producer, transporter and consumer. The essence of local sensitivity analysis of the performance of supplier, transporter and consumer is explained. The sensitivity analysis of 2014 data is carried out, its results are interpreted, and indicators of participants' efficiency are calculated. The indicator "the share of Russia" is elaborated. It is analysed how changes in the consumer's position influence the performance indicators of the producer and transporter of natural gas. The authors demonstrate that in some cases the efficiency of the Stackelberg leader can be worse than that of the follower. Along with this the indicators are affected by the changes in the positions of the third player (consumer).

JEL classification

C72, L13

производитель – транспортировщик (интерфейс) – ритейлер – конечный потребитель. Примеров рынков такого типа достаточно много. Одним из них является европейский рынок природного газа.

Часто при построении теоретико-игровых моделей газового рынка спрос и предложение на нем моделируются линейно. В 2004 г. учеными C. von Hirschhausen, B. Meinhart и F. Pavel была представлена модель рынка природного газа, по результатам которой был сделан вывод, что Россия увеличивает объемы транспортировки газа и свой национальный доход за счет кооперативного поведения со странами-транзитерами [9]. На основе теоретико-игрового подхода построена модель, предложенная в 2003 г. Ф. Хубертом и С. Иконниковой. Авторы анализируют ситуацию ввода нового экспортного газопровода из России на европейский газовый рынок и переход к торговому процессу со странами-транзитерами [10].

На наш взгляд, в этом ряду выделяется работа W. Grais и K. Zheng, которые заложили в макроэкономическую модель европейского газового рынка основы микроэкономической функции полезности и CES-функцию [8]. Хотя работа была представлена в 1994 г., она не потеряла актуальности, более того, является единственной в своем роде. Несмотря на свою уникальность, работа имеет ряд неточностей. В оригинальной модели не проведено исследование влияния факторов модели и позиций участников на основные показатели эффективности участников. Цель нашей статьи – рассмотреть и рассчитать показатели эффективности, характеризующие позиции участников европейского рынка природного газа, что не было сделано в оригинальной модели.

В модели, предложенной W. Grais и K. Zheng, торговля природным газом между Западной Европой и Россией рассматривается как некооперативная игра с тремя игроками с информационной асимметрией и поведенческой координацией, состоящая из двух стадий. В качестве основных игроков представлены производитель (Россия), транспортировщик (на тот период – Украина) и потребитель (Западная Европа). Также в модели рассматривается игрок под названием «альтернативный поставщик природного газа», под которым мы будем понимать страны, экспортирующие природный газ в Западную Европу (Алжир, Катар, Норвегия, Соединенное Королевство).

Равновесие в данной игре достигается, когда ни один игрок не имеет стимула для дальнейшего изменения в одностороннем порядке своей стратегии при неизменных стратегиях других игроков. Равновесный исход игры характеризуется индивидуальным обоснованием с той точки зрения, что каждый игрок максимизирует свой выигрыш в среде стратегической взаимозависимости и коллективной согласованности, иными словами, каждый игрок рассматривает равновесный исход как приемлемый и лучший вариант по сравнению с какими-либо другими.

Математическая структура игры включает три этапа.

1. Последовательно анализируются решения всех игроков. Итеративный метод оптимизации гарантирует Парето-эффективность найденного решения. Равновесие по Нэшу достигается в случае, если каждый игрок ведет себя наилучшим образом при данном поведении остальных игроков.

2. Находится равновесие игры при данных стратегиях игроков. Выделяется 6 эндогенных переменных: цена на газ поставщика, плата за транзит, объем импорта, прибыль поставщика, прибыль транзитера и уровень общественного благосостояния импортера, которые связаны с экзогенными переменными: совокупностью расходов Европы на природный газ, коэффициентом эластичности, параметром распределения, себестоимостью добычи и транспортировки поставщика и страны-транзитера, а также с ценой альтернативного поставщика природного газа.

3. Проводится калибровка параметров модели с использованием доступных статистических данных.

Рассмотрим позиции участников. Целью импортера (потребителя) является максимизация функции полезности при имеющемся бюджетном ограничении. В качестве функции полезности выбрана CES-функция (функция с постоянной эластичностью замены), которая одновременно учитывает эффекты дохода и замещения. Выводится функция спроса на природный газ, являющаяся своеобразным правилом покупки голубого топлива для импортера. На данном этапе работы вводится упрощение. Выделяется только два поставщика – Россия и альтернативный источник, синтезирующий в себе сразу несколько возможных поставщиков. В дальнейшем в модель можно включить новых поставщиков, вводя дополнительные параметры. Предположение, что функцией полезности является CES-функция, учитывает связь между потреблением энергии и других товаров, а также отражает эффект замещения российского и альтернативного газа. Важным моментом является то, что изменения цен влияют на бюджетное ограничение импортера и приводят к пересмотру решения об импорте газа. Следовательно, затраты на газ зависят не только от располагаемого дохода, но и от относительных цен. Предположим, что

$$U = CES(G,O,\alpha,\sigma) = \left(\alpha^{\frac{1}{\sigma}} G^{1-\frac{1}{\sigma}} + (1-\alpha)^{\frac{1}{\sigma}} O^{1-\frac{1}{\sigma}}\right)^{\frac{\sigma}{(\sigma-1)}}, \quad (1)$$

где U – функция полезности Европы от потребления природного газа; G – объем поставки российского природного газа; O – объем поставки природного газа из альтернативных источников; α – доля российского газа на рынке; σ – эластичность замещения между G и O.

Максимизируя функцию полезности, получаем выражение для спроса потребителя на российский газ:

$$G(P_G, P_O, Y) = \left(1 + \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot \left(\frac{P_G}{P_O}\right)^{\sigma-1}\right)^{-1} \frac{Y}{P_G}, \quad (2)$$

которое удовлетворяет однородности первой степени по ценам и доходу. Здесь P_G – цена на российский газ; P_O – цена природного газа из альтернативных источников; Y – затраты европейских потребителей на суммарную покупку природного газа.

Транспортировщик, желая максимизировать прибыль от транзита природного газа, выбирает тариф, исходя из цены поставщика:

$$\underset{T \geq 0}{Max}\, \Pi^T = (T - C_T)G - F_T, \quad (3)$$

где Π^T – прибыль транспортировщика; C_T – предельные издержки на передачу единицы газа; F_T – постоянные издержки на поддержание газопровода, находящегося на территории страны-транзитера.

Оптимальная функция реакции транзитера представлена в виде функции тарифа на транзит:

$$\frac{T - C_T}{P_R + C_T} = \frac{1}{\sigma - 1} \cdot \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot \left(\frac{T + P_R}{P_O}\right)^{1-\sigma} + 1\right), \quad (4)$$

где P_R – цена поставщика на единицу природного газа на границе России и страны-транзитера.

Зная обратную функцию цены, производитель максимизирует свою прибыль, выбирая цену P_R:

$$Max\Pi^R = (P_R - C_R)G - F_R, \quad (5)$$

где Π^R – прибыль производителя; C_R – предельные издержки на добычу и транспортировку единицы газа; F_R – постоянные издержки.

Далее можно найти решение для P_G, с помощью которого затем найти P_R, что и является решением задачи поставщика, поскольку P_G это сумма P_R и T. Проведя некоторые преобразования, получаем следующее уравнение:

$$\frac{C_T + P_R}{T + P_R} - \frac{T - C_T}{P_R - C_R} \frac{T + C_R}{T + P_R} = \frac{1}{\sigma}\left(\sigma - \frac{T + P_R}{P_R + C_T} - \frac{T + P_R}{T - C_T}\right). \quad (6)$$

Равновесием в данной игре можно назвать тройку стратегий (P_R*, G*, P_G*), где * означает Штакельберговское решение, которое удовлетворяет неравенствам:

$$\Pi^R(P_R^*, G^*, P_G^*) \geq \Pi^R(P_R, G^*, P_G^*); P_R^* > C_T,$$

а (G*, P_G*) определяются следующим образом:

для любого P_R

$$\Pi^T(P_R, G^*, P_G^*) \geq \Pi^T(P_R, G, P_G^*);$$

для любого P_R

P_G* определяется из обратной функции спроса.

ЛОКАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ УЧАСТНИКОВ РЫНКА

После построения модели проводится ее калибровка, которая заключается в следующем. Все параметры в модели делятся на две категории: экзогенные и эндогенные (табл. 1 и 2).

Далее изменяется один из экзогенных параметров модели, а затем рассчитываются эластичности эндогенных параметров по экзогенным. В табл. 3 представлен общий вид таблицы локального анализа. В боковике расположены экзогенные параметры, в шапке таблицы – эндогенные.

Всего в модели присутствуют n экзогенных параметров и m эндогенных. Состав экзогенных и эндогенных параметров может меняться в зависимости от ситуации. Каждый новый состав параметров порождает новую постановку задачи для анализа. Во второй строке табл. 3 расположены значения соответствующих экзогенных параметров (B_j*), взятые из достоверных статистических источников (кроме параметров σ и α). Во втором столбце табл. 3 находятся значения эндогенных параметров, которые заранее не задаются, а рассчитываются на первой стадии игры (A_i*). Данные значения являются равновесными.

Далее рассчитываются значения в клетках табл. 3. Значение e_{ij} – это эластичность эндогенного параметра A_i по экзогенному параметру B_j, которую можно рассчитать по формуле

$$e_{ij} = \frac{\partial A_i}{\partial B_J} \frac{B_J}{A_i}. \quad (7)$$

Значение e_{ij} показывает, на сколько процентов изменится эндогенный параметр B_j при увеличении экзогенного параметра A_i на 1%. Такой локальный анализ позволяет понять, как изменение позиции одного из участников процесса влияет на позиции других участников и критерии эффективности первого при неизменности договорных отношений.

Как уже отмечалось, в модели Grais и Zheng есть ряд неточностей. Предполагается, что цены на природный газ российского происхождения и на газ из сторонних источников равны. Введем параметр γ, являющийся отношением цены на российский газ к цене на газ из альтернативных источников. Очевидно, что в оригинальной модели $\gamma = 1$. Но фактически эти цены различаются, причем достаточно существенно (табл. 4). В качестве альтернативного поставщика природного газа взята Норвегия (как второй по величине поставщик после России).

Более того, параметр P_O является экзогенным, а P_G – эндогенным. Таким образом, цена на альтернативные источники считается неизменяемым параметром, тогда как цена на российский газ может варьировать при изменении других параметров. Получается, что $\gamma = 1$ – это лишь частный случай модели

Таблица 1 – Экзогенные параметры модели

Параметр	Интерпретация
Параметры, управляемые импортером	
Y	Общие расходы Европы на импорт природного газа из всех источников
σ	Эластичность замещения российского газа
α	В модели данный параметр интерпретируется как доля России на газовом рынке Европы. Мы рассматриваем его как параметр распределения
Параметры транзитера	
C_T	Издержки на транзит единицы газа по территории страны-транзитера
F_T	Постоянные издержки на транзит природного газа по территории страны-транзитера
Параметры российского поставщика природного газа в Европу	
C_R	Издержки на добычу и транспортировку единицы газа по территории России
F_R	Постоянные издержки на добычу и транспортировку природного газа по территории России
Параметры альтернативных поставщиков природного газа в Европу	
P_O	Цена на природный газ от поставщиков из других стран

Таблица 2 – Эндогенные параметры модели

Параметр	Интерпретация
Основные экономические показатели модели	
P_R	Цена поставщика на единицу природного газа на границе России и страны-транзитера
T	Цена транзита единицы природного газа по территории страны-транзитера
G	Спрос на природный газ, поставляемый из России
Вспомогательные экономические показатели модели	
P_G	Цена природного газа, поставляемого из России, на границе страны-транзитера и страны-импортера. Определяется путем сложения цены поставщика и цены транзита транспортировщика
O	Спрос на природный газ, поставляемый из других стран (все, кроме России)
R	Рента
$r+$	Физическая доля России на европейском газовом рынке
$r_$	Финансовая доля России на европейском газовом рынке
Показатели эффективности участников	
U	Индекс благосостояния импортера
$П^R$	Прибыль России
$П^T$	Прибыль страны-транзитера

Grais и Zheng. Мы предлагаем рассмотреть общий случай, когда параметр γ может изменяться от 0 до $+\infty$.

Параметр α, по мнению указанных авторов, также является экзогенным. Данная трактовка, на наш взгляд, неверна. Формула (8) отражает финансовую долю России на европейском газовом рынке.

$$r_ = \frac{1}{1+\frac{1-\alpha}{\alpha}\cdot\gamma^{\sigma-1}}. \quad (8)$$

Параметр Y является экзогенным, а параметры P_G и G – эндогенными. Таким образом, параметр α не может отражать реальную долю России, поскольку она также будет меняться под воздействием изменения P_G, значит, должна быть эндогенным параметром. Более того, по мнению Grais и Zheng, параметр α может изменяться потребителем (Европой), что представляется нам не совсем логичным.

Доля России на газовом рынке Европы может быть как финансовой величиной, т.е. отражать процент затрат Европы на покупку российского газа, так и физической, т.е. характеризовать процент объема природного газа, поставленного из России, в суммарном количестве газа. В модели [8] используется только финансовая доля России. Мы предлагаем ввести еще один параметр, который будет отражать ее физическую долю на европейском газовом рынке:

$$r+ = \frac{1}{1+\gamma\cdot\frac{1-\alpha}{\alpha}\cdot\gamma^{\sigma-1}}. \quad (9)$$

Для расчета данного параметра необходимо знать объемы поставок природного газа из России и из альтернативных источников (включая собственную добычу), представленные в табл. 5.

Проведем локальный анализ некоторых параметров модели (см. табл. 6).

Увеличение расходов потребителя (стран Европы) на приобретение природного газа *(Y)* ослабляет бюджетное ограничение импортера и тем самым способствует увеличению спроса на природный газ из любых источников (*G* и *O*) на 1%. Стратегические взаимодействия в условиях конкурентного га-

Таблица 3 – Общий вид таблицы локального анализа

Параметры		B_1	B_2	...	B_j	...	B_n
		B_1*	B_2*	...	B_j*	...	B_n*
A_1	A_1*	e_{11}	e_{12}	...	e_{1j}	...	e_{n1}
A_2	A_2*	e_{21}	e_{22}	...	e_{2j}	...	e_{n2}
...	...	...	...	...	...	...	...
A_i	A_i*	e_{i1}	e_{i2}	...	e_{ij}	...	e_{in}
...	...	...	...	...	...	...	...
A_m	A_m*	e_{m1}	e_{m2}	...	e_{mj}	...	e_{mn}

Таблица 4 – Цены на природный газ для стран Западной Европы

Год	Цена России (дол./1000 м³)	Цена Норвегии (дол./1000 м³)	Параметр «Гамма»
2008	407,3	394,29	1,033
2009	296,7	355,15	0,835
2010	301,8	234,59	1,286
2011	383,0	339,43	1,128
2012	385,1	312,20	1,234
2013	382,5	351,35	1,089
2014	349,0	229,27	1,522
2015	238,0	258,35	0,921

Составлено по: www.gazpromexport.ru; http://gasskonferansen.com; http://kurs-dollar-euro.ru.

зового рынка заставляют поставщика и страну-транзитера не повышать цену и тариф соответственно, реагируя на растущий спрос. Так, если российский поставщик решит повысить цену на единицу природного газа, потребитель выберет альтернативного поставщика, что, соответственно, уменьшит долю России на европейском рынке и, как следствие, ее прибыль от продаж голубого топлива.

Увеличение предельных издержек поставщика или транзитера снижает конкурентоспособность российского газа на западном рынке и ухудшает показатели эффективности всех трех игроков. Увеличение предельных затрат поставщика, тем не менее, улучшает положение транзитера по отношению к себе. При увеличении издержек российская сторона будет поднимать цену на единицу природного газа до точки, в которой предельный доход будет выше или равен предельным затратам. В ответ на данное действие спрос на российский газ со стороны европейского потребителя будет снижаться, что, в свою очередь, повлечет уменьшение тарифной ставки со стороны страны-транзитера.

Таким образом, проведенный локальный анализ показывает, как изменение одних параметров может повлиять на другие параметры и как позиция одного участника отражается на позициях других участников.

ГЛОБАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ НА ДРУГИХ УЧАСТНИКОВ

Более интересно, на наш взгляд, провести глобальный анализ влияния одного экзогенного параметра на эндогенные.

Исследуем влияние параметра эластичности замены *(σ)* на показатели эффективности участников и другие эндогенные параметры. Прибыль производителя рассчитывается по формуле

$$\frac{\Pi^R}{P_O} = \sigma(\sigma-1)\cdot\frac{Y}{P_O}\frac{x\gamma^{\sigma-1}\left(x\gamma^{\sigma-1}+1\right)}{\left(\sigma x\gamma^{\sigma-1}+1\right)^3} - \frac{F_R}{P_O}. \qquad (10)$$

Видно, что прибыль производителя напрямую зависит от показателя σ. Но помимо явной зависимости здесь также присутствует и неявная. Обращаясь к табл. 1 и 2, можно заметить следующее: в формуле (9) практически все параметры являются экзогенными, т.е. константами, кроме параметра γ, зависящего от эндогенного параметра – цены производителя. В свою очередь, γ связан с σ через главное уравнение (11):

$$\frac{C_T + C_R}{P_O} = x\cdot(\sigma-1)^2\cdot\gamma^2\frac{\sigma x^2\gamma^{2(\sigma-1)}-1}{\left(\sigma x\gamma^{\sigma-1}+1\right)^3}. \qquad (11)$$

Получается, что прибыль производителя зависит от параметра эластичности замены явно [по формуле (9)] и неявно (через параметр γ).

Прибыль транспортировщика рассчитывается по формуле

$$\frac{\Pi^T}{P_O} = \frac{\frac{Y}{P_O}}{\sigma x\gamma^{\sigma-1}+1} - \frac{F_T}{P_O}. \qquad (12)$$

Здесь возникает ситуация, аналогичная предыдущей. Проиллюстрируем зависимость показателей эффективности производителя и транспортировщика от параметра эластичности замены (рис. 1).

В данной игре производитель (Россия) является лидером по Штакельбергу, а транспортировщик – последователем игры. Тем не менее существуют варианты, когда прибыль транспортировщика может быть больше прибыли производителя. Как видно из рис. 1, при $\sigma < 6$ наблюдается именно такой случай. Таким образом, с точки зрения замещения ресурсов, меняя свою позицию, Европа напрямую влияет на показатели эффективности производителя и транспортировщика. Соответственно, существует некоторая граничная точка, которая разделяет ситуацию $\Pi^R > \Pi^T$ и ситуацию $\Pi^R < \Pi^T$, т.е. где показатель эффективности лидера игры по Штакельбергу (производителя) становится меньше показателя эффективности последователя (транспортировщика). Причем эта граничная точка находится в руках третьего участника – потребителя. Такой вывод применим не только к конкретному примеру газового рынка, но и к любому олигополистическому рынку с последовательной структурой: производитель товара – интерфейс (транспортировщик, дистрибьютор) – ритейлер (конечный потребитель).

Таблица 5 – Поставки природного газа в Европу за 2013 г.

Источник поставок	Объем, млрд м³	Доля в общем объеме поставок, %
Россия	196,4	29
Норвегия	115,4	17
Алжир	37,9	6
Катар	24,8	4
Нидерланды	81,5	12
Соединенное Королевство	40,9	6
Собственная добыча стран ЕС (за исключением вышеперечисленных)	173,0	26
Итого	669,9	100

Составлено по: http://www.gazpromexport.ru; https://yearbook.enerdata.ru; http://tass.ru/infographics/8173.

Показателем эффективности импортера в представленной модели является индекс благосостояния, рассчитываемый как функция:

$$U = \left(\frac{Y}{P_O}\right)\frac{1}{\gamma}(x+1)^{-\frac{1}{\sigma-1}}\left(1+x\gamma^{\sigma-1}\right)^{\frac{1}{\sigma-1}}. \qquad (13)$$

На рис. 2 представлена зависимость показателя эффективности потребителя от эластичности замены.

Можно видеть, что функция *U(σ)* имеет экстремум. Значит, в данном параметрическом пространстве есть такое значение σ, при котором потребитель получает наибольшую выгоду.

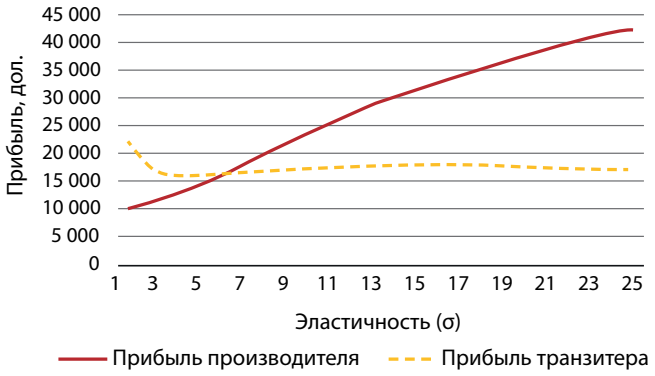

Рис. 1. Зависимость прибылей производителя и транспортировщика от изменения эластичности замены

Таблица 6 – Анализ чувствительности параметров модели, %

Параметры модели		Y	σ	α	C_T	C_R	P_O
		241,487	*6,6175*	*0,42*	*97*	*111,12*	*351,35*
P_R	*200,26*	0	–0,200	0,215	–0,092	0,449	0,647
T	*182,24*	0	–0,455	0,170	0,514	–0,021	0,510
G	*194,32*	1	1,108	0,294	–0,878	–1,005	0,868
P_G	*382,5*	0	–0,322	0,194	0,196	0,225	0,581
O	*475,76*	1	–0,348	–0,217	0,304	0,348	–1,630
U	*666,86*	1	0,104	–0,093	–0,060	–0,069	–0,863
R	*174,38*	0	–0,705	0,425	–0,125	–0,144	1,275
$П^R$	*16221,63*	1,068	0,698	0,832	–1,157	–1,324	2,492
$П^T$	*16014,62*	1,034	0,129	0,681	–0,948	–1,086	2,034
$r+$	*0,29*	0	1,033	0,363	–0,839	–0,961	1,790
$r_$	*0,31*	0	0,783	0,488	–0,683	–0,782	1,454

Рассчитано авторами.

Рис. 2. Зависимость индекса благосостояния потребителя от изменения эластичности замены

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование теоретико-игровой модели торговли природным газом на европейском рынке авторов Grais и Zheng позволило выявить ряд неточностей и внести соответствующие коррективы. Во-первых, доказано, что параметр α не характеризует долю России на рынке, а является лишь параметром распределения. Были введены два новых параметра, отражающих финансовую и физическую долю нашей страны. Во-вторых, нами расширена модель для случаев, когда $\gamma \neq 1$, т.е. когда цены на природный газ разных производителей различаются, что соответствует действительности. В-третьих, проведена калибровка и локальный анализ параметров по актуальным данным, имеющимся в свободном доступе (за 2014 г.). И наконец, осуществлен глобальный анализ влияния позиции потребителя (Европы) на показатели эффективности производителя и транспортировщика. Выявлен случай, когда эффективность деятельности лидера игры по Штакельбергу может быть меньше эффективности деятельности последователя, что, в свою очередь, регулируется третьей стороной (потребителем товара). ■

Источники

1. Васин А.А., Дайлова Е.А. Двухузловой рынок в условиях несовершенной конкуренции // Математическая теория игр и ее приложения. 2014. Т. 6. № 3. С. 3–31.

2. Васин А.А., Шарикова А.А. Равновесия двухэтапного рынка со случайным исходом на спотовом рынке // Вестник Московского университета. Сер. 15: Вычислительная математика и кибернетика. 2011. № 1. С. 47–55.

3. Каверина И.А., Каверин С.В. Стратегии оптимального ценообразования в условиях олигополии с лидером // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2013. № 1(27). С. 196–200.

4. Леденева И.К. Особенности олигополистической конкуренции на примере российского рынка операторов мобильной связи в 2015 году // Наука, техника и образование. 2015. № 9(15). С. 58–61.

5. Трачук А.В. Конкурентные стратегии поставщиков оптового рынка электроэнергии и мощности // Контроллинг. 2010. № 1. С. 76–81.

6. Улезлова Л.В. Характеристика и особенности олигополии в телекоммуникационной отрасли // Ученые заметки ТОГУ. 2015. Т. 6. № 4. С. 682–685.

7. Филатов А.Ю. Модели олигополии: современное состояние // Теория и методы согласования решений. Новосибирск: Наука, 2009. С. 29–60.

8. Grais W., Zheng K. Strategic Interdependence in the East-West Gas Trade. A Hierarchical Stackelberg Game Approach // Working Paper Series № 1343. August, 1994.

9. Hirschhausen C. von, Meinhart B., Pavel F. Transporting Russian Gas to Western Europe – A Simulation Analysis // The Energy Journal. 2004. Vol. 26. No. 2. Pp. 49–68.

10. Hubert F., Ikonnikova S. Investment Options and Bargaining Power in the Eurasian Supply Chain for Natural Gas // MPRA Paper No. 17854. Munich, 2009.

References

1. Vasin A.A., Daylova Ye.A. Dvukhuzlovoy rynok v usloviyakh nesovershennoy konkurentsii [Two-node market under imperfect competition]. *Matematicheskaya teoriya igr i ee prilozheniya – Mathmatical Game Theory and Its Applications*, 2014, vol. 6, no. 3, pp. 3–31.

2. Vasin A.A., Sharikova A.A. Ravnovesiya dvukhetapnogo rynka so sluchaynym iskhodom na spotovom rynke [Equilibriums of two-stage market with random outcome in the spot market]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 15: Vychislitel'naya matematika i kibernetika – Moscow University Computational Mathematics and Cybernetics*, 2011, no. 1, pp. 47–55.

3. Kaverina I.A., Kaverin S.V. Strategii optimal'nogo tsenoobrazovaniya v usloviyakh oligopolii s liderom [Strategies for Optimal Pricing in Oligopoly with the Leader]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva – Vestnik of Volzhsky University after V.N. Tatishchev*, 2013, no. 1(27), pp. 196–200.

4. Ledeneva I.K. Osobennosti oligopolisticheskoy konkurentsii na primere rossiyskogo rynka operatorov mobil'noy svyazi v 2015 godu [Special features of oligopolistic competition at the example of the Russian market of mobile operators in 2015]. *Nauka, tekhnika i obrazovanie – Science, Technology and Education*, 2015, no. 9(15), pp. 58–61.

5. Trachuk A.V. Konkurentnye strategii postavshchikov optovogo rynka elektroenergii i moshchnosti [Competitive strategies of suppliers of wholesale electricity market]. *Kontrolling – Controlling*, 2010, no. 1, pp. 76–81.

6. Ulezlova L.V. Kharakteristika i osobennosti oligopolii v telekommunikatsionnoy otrasli [Characteristics and features of the oligopoly in the telecommunication industry]. *Uchenye zametki TOGU – Scientific Notes of PNU*, 2015, vol. 6, no. 4, pp. 682–685.

7. Filatov A.Yu. Modeli oligopolii: sovremennoe sostoyanie [Models of oligopoly: modern situation]. *Teoriya i metody soglasovaniya resheniy* [Theory and methods of decisions coordination]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009. Pp. 29–60.

8. Grais W., Zheng K. Strategic Interdependence in the East-West Gas Trade. A Hierarchical Stackelberg Game Approach. *Working Paper Series No. 1343*. August, 1994.

9. Hirschhausen C. von, Meinhart B., Pavel F. Transporting Russian Gas to Western Europe – A Simulation Analysis. *The Energy Journal*, 2004, vol. 26, no. 2, pp. 49–68.

10. Hubert F., Ikonnikova S. Investment Options and Bargaining Power in the Eurasian Supply Chain for Natural Gas. *MPRA Paper No. 17854*. Munich, 2009.