

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ВЫЧИСЛИМАЯ МОДЕЛЬ ОБЩЕГО РАВНОВЕСИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ С ГАЗОВОЙ ОТРАСЛЮ RUSEC-PAO «GAZPROM»*

© 2018 г. А.А. Афанасьевⁱ, А.А. Воронцовⁱⁱ

Прогнозирование основных макроэкономических показателей страны и влияние на них изменения тарифов естественных монополий всегда было важно для любого государства. Для моделирования протекающих в экономике процессов и предсказания основных макроэкономических показателей государства широко применяются вычислимые модели общего равновесия. Вычислимая модель общего равновесия RUSEC-GAZPROM была создана в 2003 г. в ЦЭМИ РАН для оценки влияния изменения тарифов на газ на основные макроэкономические показатели российской экономики. Целью данной статьи является модификация исходной версии модели RUSEC-GAZPROM путем конкретизации поведения экономических агентов для исследования влияния изменения внутренних цен на газ на основные макроэкономические показатели России и экономические показатели российской газодобывающей промышленности при эндогенно определяемых объемах добычи газа. В статье описывается исходная версия модели RUSEC-GAZPROM и ее модификация RUSEC-PAO «GAZPROM». Описан процесс калибровки модели. Проведены эксперименты, демонстрирующие влияние изменения внутренних цен на газ на основные макроэкономические показатели страны и основные экономические показатели газодобывающей промышленности. Результаты данной работы – модифицированная версия модели RUSEC-GAZPROM и проведенные в ней эксперименты – являются практически ценными для исследования макроэкономических показателей России и финансово-экономических показателей газовой промышленности. Модифицированная модель может быть полезна ПАО «Газпром», его дочерним обществам, профильным министерствам и ведомствам нашей страны для выработки эффективной стратегии регулирования тарифов естественных монополий. Она позволит им проводить свои эксперименты для оценки влияния изменения тарифов естественных монополий на основные показатели российской экономики.

Ключевые слова: вычислимая модель общего равновесия, экономика России, газовая промышленность, ПАО «Газпром», внутренние цены на природный газ, макроэкономические показатели, эксперименты, сценарные расчеты.

Классификация JEL: C53, L71, Q35, Q41, Q47.

DOI: 10.7868/S0424738818020036

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Проблема оценки влияния повышения цен на продукты и услуги естественных монополий на основные макроэкономические показатели является актуальной для многих стран, в том числе для современной России. Этой проблеме посвящено много исследований, среди которых стоит упомянуть работы (Макаров, 1999; Макаров, Афанасьев и др., 2002, 2003; Макаров, Афанасьев, Лосев, 2011; Макаров и др., 2016; Макаров, Чернавский, Эйсмонт, 2014; Чернавский, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015; Chernavskii, 2015, 2016; Катышев, Чернавский, Эйсмонт, 2012; Чернавский, Эйсмонт, 2010; Катышев и др., 2004; Львов, Чернавский, 2000).

* В основу статьи легли результаты дипломной работы, выполненной весной 2017 г. в Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики» студентом 4 курса факультета бизнеса и менеджмента А.А. Воронцовым под научным руководством профессора НИУ ВШЭ А.А. Афанасьева. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-06-00463 А) и Российского гуманитарного научного фонда (проект 17-02-00457 А).

ⁱ **Антон Александрович Афанасьев** – д.э.н., профессор НИУ ВШЭ (2011–2017 гг.), ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН; 117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47; aanton@cemi.rssi.ru.

ⁱⁱ **Александр Алексеевич Воронцов** – студент 1 курса магистратуры факультета компьютерных наук НИУ ВШЭ; 125319, Москва, Кочновский проезд, д. 3; aavorontsov@edu.hse.ru.

Данная работа посвящена модификации вычислимой модели общего равновесия российской экономики RUSEC-GAZPROM, разработанной в 2002 г. сотрудниками Лаборатории экспериментальной экономики ЦЭМИ РАН под руководством академика В.Л. Макарова по заказу российского газового концерна ОАО (ныне – ПАО) «Газпром» (Макаров, Афанасьев и др., 2002) для оценки влияния повышения регулируемых государством внутренних цен на природный газ на основные макроэкономические показатели России.

В исходной версии модели агрегированная газовая отрасль (далее – Газпром), включающая ПАО «Газпром» и независимых производителей газа, представлена в усеченном виде: объемы добычи природного газа задаются вне модели, отсутствуют производственная функция добычи природного газа и бюджет агента, состоящий из его расходов и доходов.

Целью данной работы является модификация исходной версии модели RUSEC-GAZPROM для исследования влияния изменения внутренних цен на газ для предприятий и домашних хозяйств на основные макроэкономические показатели России и основные экономические показатели Газпрома. Модификация модели будет проводиться путем конкретизации поведения экономических агентов, а именно: введением производственной функции добычи газа, на основе которой его объемы будут определяться эндогенно, модификацией бюджетов производственных предприятий и домашних хозяйств, добавлением в модель бюджета Газпрома и описанием новых товарных рынков, с последующим приведением их к равновесию.

2. МОДЕЛЬ

В модели представлены три экономических агента: Газпром, агрегированное предприятие и агрегированное домашнее хозяйство. Рассмотрим поведение каждого агента по отдельности.

2.1. Газовая отрасль (Газпром). Поведение агента в модели описывается производственной функцией и рублевым бюджетом.

Добыча природного газа. Каждый месяц Газпром добывает $Y1$ млрд m^3 природного газа. Годовая добыча природного газа описывается трансцендентной производственной функцией, аргументами которой служат прошлогодняя среднегодовая стоимость основных промышленно-производственных фондов в сопоставимых ценах и накопленная до года $(T - 2)$ добыча газа

$$YG1(T) = (0,5[K1(T) - K1(T - 1)])^{AK1} \exp(AR1 + AG1 \times G(T - 2)),$$

где $YG1(T)$ – добыча природного газа в году t , $K(T)$ – наличие основных промышленно-производственных фондов Газпрома (в сопоставимых ценах) на конец года T , $0,5(K1(T) - K1(T - 1))$ – среднегодовая стоимость основных промышленно-производственных фондов Газпрома (в сопоставимых ценах) в году T , $G(T - 2)$ – накопленная добыча природного газа до года $(T - 2)$ включительно, $AR1$, $AK1$, $AG1$ – положительные коэффициенты производственной функции Газпрома.

Месячная добыча природного газа $Y1$ представляет собой произведение годовой добычи $YG1$ и сезонной компоненты $S1$: $Y1 = S1 \times YG1$.

Динамика основных промышленно-производственных фондов Газпрома в сопоставимых ценах описывается уравнением $K(T) = K(T - 1)(1 - a1) + \sum_{i=1}^{12} ID1(T, i)$, где $a1$ – неотрицательная доля ликвидированных (списанных) основных фондов Газпрома, $ID1(T, i)$ – стоимость введенных в действие новых основных средств Газпрома в сопоставимых ценах в месяце i года T , совпадающая с объемом инвестиций (капитальных вложений) в добычу природного газа в сопоставимых ценах в месяце i года T . Накопленная добыча газа представляет сумму объемов добычи с начального года $T0$ до года $(T - 2)$: $G(T) = \sum_{j=T0}^{T-2} YG1(j)$.

Бюджет Газпрома. Бюджет этого агента состоит из его доходов и расходов. Одну часть добытого газа $ZGSP1$ Газпром продает предприятию по заданной цене $PG1$, другую (заданную) часть (A) – домашнему хозяйству по заданной цене $PG2$, а третью $ZGSP3$ – экспортирует по цене $PG3$. Баланс природного газа отражается следующим уравнением $Y1 = ZGSP1 + A + ZGSP3$, причем предполагаем, что предложение газа Газпромом предприятию равно спросу на газ со стороны

предприятия $ZGSP1 = ZGD2P1 = OZG2P1 \times B2 / PG1$ (см. ниже). Общая выручка Газпрома от продажи газа в рублях $Y1P$ равна $Y1P = PG1 \times ZGSP1 + PG2 \times A + PG3 \times E \times ZGSP3$.

Доходная часть бюджета Газпрома за текущий месяц $B1$ складывается из общей выручки от продажи газа $Y1P$ и прироста денег на банковском счете, не потраченных в предыдущем месяце на покупку новых основных промышленно-производственных фондов у предприятия и налоговых отчислений предприятию и домашнему хозяйству:

$$B1 = Y1P + B1(t-1)R(1 - OI(t-1) - OT12(t-1) - OT13(t-1)),$$

где R — банковский процент, OI — доля бюджета Газпрома, направляемая на покупку новых основных фондов у агрегированного предприятия, $OT12(t-1)$ — доля налоговых отчислений Газпрома агрегированному предприятию, $OT13(t-1)$ — доля налоговых отчислений Газпрома агрегированному домашнему хозяйству.

Расходы бюджета Газпрома за текущий месяц состоят из расходов на покупку новых основных промышленно-производственных фондов $B1 \times OI$ и налоговых отчислений предприятию $B1 \times OT12$ и домашнему хозяйству $B1 \times OT13$, представляющие собой произведения соответствующих долей расходов на величину бюджета.

Спрос Газпрома на новые основные промышленно-производственные фонды в текущем месяце $ID1$ равен отношению расходов на их покупку $B1 \times OI$ к их ценам PK : $ID1 = B1 \times OI / PK$.

2.2. Агрегированное предприятие

Производство. Каждый месяц предприятие выпускает продукт $Y2$, затрачивая на его производство пять видов ресурсов: промежуточный продукт $Z2$, труд $L2$, капитал $K2$ и газ $ZG2$: $Y2 = S2 \times AR2 \times ZG2^{AZG2} \times Z2^{AZ2} \times L2^{AL2} \times K2^{AK2}$, где $AR2, AZG2, AZ2, AL2, AK2$ — положительные коэффициенты производственной функции, $S2$ — сезонная компонента.

Часть произведенного продукта $ZS2P$ уходит на промежуточное потребление самому предприятию по цене PZ и представляет собой предложение промежуточного продукта $ZS2P = Y2 \times EZ2P$, другая часть $CS2P$ продается домашнему хозяйству по цене PC и является предложением конечной продукции $CS2P = Y2 \times EC2P$, третья часть продается Газпрому по цене PK и служит предложением новых основных промышленно-производственных фондов $KS2P = Y2 \times EK2P$, четвертая часть $I2$ представляет собой инвестиции $I = Y2 \times EI2P$, которые направляются на прирост основного капитала $K2$, долю ликвидации которого выражает положительный и меньший единицы коэффициент $a2$: $K2 = (1 - a2) \times K2(t-1) + I2$.

Бюджет предприятия. Бюджет состоит из доходов и расходов. Доход предприятия $B2(t)$ складывается из выручки от реализованной им промежуточной, инвестиционной (новые основные фонды для Газпрома) и конечной продукции $YP2$, налоговых отчислений Газпрома $OT12$ и прироста денег на рублевом банковском счете:

$$B2(t) = YP2 + OT12 + B2(t-1)R[1 - OZG2P1(t-1) - OZ2P(t-1) - OL2P(t-1) - OT2P(t-1)].$$

Прирост денег на рублевом банковском счете представляет собой сумму денег, не потраченных в предыдущем периоде на покупку газа, промежуточного продукта, рабочей силы и на уплату налогов, умноженную на банковский процент R :

$$B2(t-1)R[1 - OZG2P1(t-1) - OZ2P(t-1) - OL2P(t-1) - OT2P(t-1)].$$

Расходы предприятия делятся на покупку газа $B2 \times OZG2P1$, промежуточного продукта $B2 \times OZ2P$, рабочей силы $B2 \times OL2P$ и налоговые отчисления домашним хозяйствам $B2 \times OT2P$, которые представляют собой некоторые части рублевого бюджета предприятия $B2$.

Спрос предприятия на газ $ZGD2P1$, промежуточный продукт $ZD2P$ и рабочую силу $LD2P$ представляют собой части бюджета, идущие на их покупку, деленные на цены этих товаров:

$$ZGD2P1 = \frac{OZG2P1 \times B2}{PG1}, \quad ZD2P = \frac{OZ2P \times B2}{PZ}, \quad LD2P = \frac{OL2P \times B2}{PL},$$

где PZ – цена на промежуточный продукт, PL – ставка заработной платы.

2.3. Домашнее хозяйство. Домашнее хозяйство максимизирует логарифмическую функцию полезности, прямо пропорционально зависящую от потребления конечного продукта $CD3$, газа $CG3$ и свободного времени $(L0 - L)$, т.е. обратно пропорционально от предложения труда L :

$$\alpha \times LN(CG3) + \beta \times LN(CD3) + (1 - \alpha - \beta) \times LN(L0 - L) \rightarrow \max_{CG3, CD3, L}$$

при бюджетном ограничении

$$\begin{aligned} PG2 \times CG3 + PC \times CD3 &= PL \times L + B1 \times OT13 + \\ &+ B2 \times OT2P + R \times [B3(t-1) - PG2(t-1) \times CG3(t-1) - \\ &- PC(t-1) \times CD3(t-1)] + M0(0)(\mu(t) - 1) \prod_{i=0}^{t-1} \mu(i), \end{aligned}$$

где $M0(0)(\mu(t) - 1) \prod_{i=0}^{t-1} \mu(i) = M0(t) - M0(t-1)$ – объем эмиссии наличной денежной массы,

$M0(t)$ – предложение наличной денежной массы на конец месяца t , $\mu(t) = M0(t) / M0(t-1)$ – темп роста денежной массы в месяце t , $\alpha, \beta, L0, PG2, PC, PL, B3(t-1), PG2(t-1), ZG2D(t-1), PC(t-1), CD(t-1), M0(0), \mu(t)$ – заданы.

3. РАВНОВЕСИЕ В МОДЕЛИ

Определение. *Равновесием* в модели, определенной приведенными выше уравнениями, назовем некоторый набор параметров модели, включающий такой набор цен ($PZ, PC, PL, PG1$), при котором совокупный спрос на каждый из товаров (промежуточный $ZD2P$ и конечный $CD3$ продукты, рабочая сила $LD2P$, газ $ZGD2P1$, новые основные фонды $ID1$) будет равен совокупному предложению каждого из этих товаров ($ZS2P, CS2P, L, ZGSP1, KS1$): $Z2 = ZD2P = ZS2P$ (равновесие на рынке промежуточного продукта); $C2 = CD3 = CS2P$ (равновесие на рынке конечного продукта); $L2 = LD2P = L$ (равновесие на рынке рабочей силы); $ZGD2P1 = ZGSP1$ (равновесие на рынке внутреннего потребления газа); $ID1 = KS1$ (равновесие на рынке новых основных фондов Газпрома). Таким образом, в модели рассматривается пять внутренних рынков: газа, промежуточного продукта, конечного продукта, труда, новых основных фондов.

Вычисление равновесных рыночных цен на товары. Цены на товары вычисляются с помощью итераций по следующей формуле $P(q) = P(q-1) + (D(q-1) - S(q-1))/Q$. При уменьшении значения константы итерации экономическая система быстрее приходит в состояние равновесия, однако при этом возрастает опасность попадания цены в отрицательную область.

В соответствии с приведенной выше общей формулой рыночные цены вычисляются по формулам, в которые входит константа итерации Q :

$PZ(q) = PZ(q-1) + (ZD2P(q-1) - ZS2P(q-1))/Q$ – рыночная цена на промежуточный продукт;

$PC(q) = PC(q-1) + (CD3P(q-1) - CS2P(q-1))/Q$ – рыночная цена на конечный товар;

$PL(q) = PL(q-1) + (LD2P(q-1) - L(q-1))/Q$ – рыночная цена на рабочую силу;

$PK(q) = PK(q-1) + (ID1(q-1) - KS1(q-1))/Q$ – рыночная цена новых основных средств.

Для обеспечения сходимости спроса и предложения в модели мы выбрали $Q = 100000$.

Агрегированные макроэкономические показатели. После определения равновесных цен и уравнивания спроса и предложения на каждый из товаров рассчитываются агрегированные макроэкономические показатели экономики по следующим формулам.

Валовый выпуск товаров и услуг в сопоставимых ценах января 2001 г. вычисляется как сумма валового выпуска товаров и услуг агрегированного предприятия в сопоставимых ценах января 2001 г. $Y2$ и объема добытого газа в сопоставимых ценах января 2001 г. $Y1P_{\text{газ}}$:

$$Y = Y1P_{\text{газ}} + Y2,$$

где

$$Y1P_{\text{газ}} = ZGSP1 \times PG1_{\text{газ}} + ZGSP3 \times PG3_{\text{газ}} \times E \times EINF + A \times PG2_{\text{газ}},$$

$PG1_{\text{газ}}$, $PG2_{\text{газ}}$, $PG3_{\text{газ}}$ — цены на газ для предприятия, домашнего хозяйства и зарубежных контрагентов в январе 2001 г., $EINF$ — инфляция доллара.

Темпы роста потребительских цен $InfPC$ и цен промежуточной продукции $InfPZ$ рассчитываются как отношение цены текущего к цене предыдущего месяца:

$$InfPC = PC(t)/PC(t-1); InfPZ = PZ(t)/PZ(t-1).$$

4. КАЛИБРОВКА МОДЕЛИ

Калибровка модели заключается в приведении всех эндогенных переменных модели к их фактическим значениям во временном промежутке калибрования путем подбора некоторой части экзогенных переменных. Период калибровки модели — с января 2001 г. по август 2002 г.

Итак, для начала следует выделить переменные, значения которых необходимо откалибровать. Следует выделить два типа переменных — те переменные, значения которых необходимо приблизить к фактическим, и переменные, значения которых можно изменять.

Первая группа переменных: $Y1(t)$ — добыча природного газа Газпромом; $K1(t)$ — стоимость основных фондов Газпрома; $B1(t-1)$ — остатки на счетах Газпрома.

Помимо этого, также следует привести в равновесие все существующие рынки товаров: $ZD = ZS$ — спрос на промежуточный продукт предприятия равен предложению по цене PZ ; $LD = LS$ — спрос на труд равен предложению по цене PL ; $CD = CS$ — спрос на конечный продукт предприятия равен предложению по цене PC ; $KD = KS$ — спрос на основные фонды равен предложению по цене PK ; $ZG1D = ZG2S$ — спрос и предложение газа по цене $PG1$ для производственного предприятия; $ZG2D = ZG2S$ — спрос и предложение газа по цене $PG2$ для домашних хозяйств; $ZG3D = ZG3S$ — спрос и предложение газа по цене $PG3$ по экспортной цене для других государств.

Возможные переменные для регулировки: $OI1$ — доля инвестиций в основные фонды в бюджете Газпрома; $OI12$ — доля налоговых отчислений Газпрома агрегированному предприятию; $OI13$ — доля налоговых отчислений Газпрома домашнему хозяйству; $EZ2P$ — доля промежуточного продукта агрегированным предприятием; $EI2P$ — инвестиции в основной капитал агрегированного предприятия; $EC2P$ — доля конечных товаров агрегированным предприятием; $EK2P$ — доля основных фондов агрегированным предприятием.

Выбор и калибровка производственной функции. Изначально было предложено четыре варианта производственной функции добычи природного газа Газпромом $Y1$, зависящих от среднегодовой стоимости основных фондов K и накопленной добычи газа G (Афанасьев, 2013, гл. 5):

— линейная: $Y1(t) = a0 + 0,5a1(K1(t) + K(t-1)) + a2 \times G(t-1)$;

— степенная: $Y1(t) = e^{a0} ([K1(t) + K(t-1)] / 2)^{a1} G(t-1)^{a2}$;

— степенно-показательная: $Y1(t) = e^{a0} ([K1(t) + K(t-1)] / 2)^{a1+a2G(t-1)}$;

— трансцендентная: $Y1(t) = e^{a0} ([K1(t) + K(t-1)] / 2)^{a1} e^{a2G(t-2)}$.

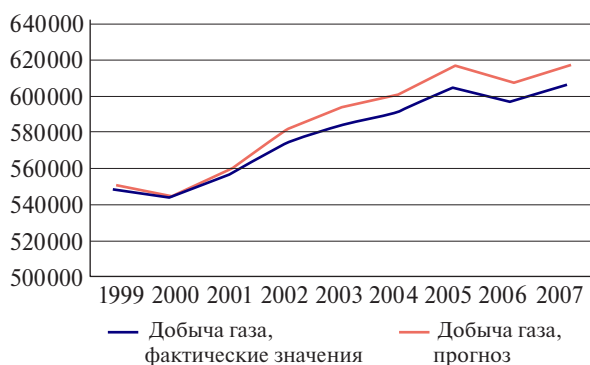


Рис. 1. Фактическое и прогнозное значение добычи газа Газпромом, млрд руб.

Для каждой из функций строилась регрессия методом наименьших квадратов в Excel, оценивалась погрешность прогнозирования на периоде с 2001 по 2007 г., также проводился тест Дарбина — Уотсона на автокорреляцию остатков.

По итогам исследования наиболее точные результаты дает трансцендентная функция. При обучении на данных с 1985 по 1998 г. ее средняя ошибка APE составляет 1%, что является очень неплохим результатом. Параметры производственной функции: $a_0 = 4,71668762487411$; $a_1 = 0,551662895658663$; $a_2 = -8,24673359893997E-08$. Ее и решено было использовать для модели.

На графике добычи газа (рис. 1) приведены фактические и прогнозные значения. Как видно по графику, полученная функция хорошо прогнозирует добычу и может быть использована для модели. Поскольку данные функции были изначально разработаны для прогнозирования добычи газа в Тюменской области (Афанасьев, 2013, гл. 5), а не во всей России, было решено адаптировать ее для прогнозирования добычи по всей стране. Поскольку прогнозный период модели равен 2001–2007 гг. и средняя доля добычи газа в Тюменской области — 91% всей добычи в России с незначительным отклонением — было решено для прогнозирования добычи газа во всей России делить прогнозную добычу в Тюменской области на усредненную долю — 91%. Также были получены результаты, что наименьшую погрешность в прогнозах дает функция, натренированная на данных с 1985 по 1998 г.

После калибровки параметров производственной функции добычи природного газа Газпромом необходимо также было найти месячные доли добычи газа, потому как в модели данные вводятся на каждый месяц, а функция прогнозирует на год. Для этого были взяты данные по добыче природного газа из базы данных Росстата, и для каждого месяца были найдены усредненные доли. Сезонные доли получились следующие: январь — 9%; февраль — 8%; март — 9%; апрель — 8%; май — 8%; июнь — 7%; июль — 7%; август — 7%; сентябрь — 7%; октябрь — 9%; ноябрь — 9%; декабрь — 10%. Стоимость основных фондов на каждый месяц года была одинакова, бюджет распределялся равномерно на все месяцы.

Калибровка остальных параметров. Для калибровки модели было решено использовать только доли из бюджета Газпрома ($ОП$, $ОТ12$, $ОТ13$) и долю, которая идет на продажу основных фондов агрегированным предприятием Газпрому ($ЕК2Р$). Следует помнить, что $ОП + ОТ12 + ОТ13 \leq 1$. Оставшиеся переменные было решено не изменять, чтобы не выводить из равновесия рынки промежуточного и конечного продуктов, рынок труда и рынки газа.

Для начала следует отрегулировать доли бюджета Газпрома, идущие на инвестиции в основные фонды, налоговые отчисления агрегированному предприятию и налоговые отчисления домашним хозяйствам. При выборе долей следует учесть, что агрегированное предприятие вносит наибольший вклад в ВВП страны, т.е. производит продукции на гораздо большую сумму, чем Газпром добывает газ. Это объясняется тем, что в модели агрегированное предприятие включает в себя все производственные предприятия в стране за исключением предприятий газовой отрасли. Следовательно, агрегированному предприятию должна отходить большая доля из бюджета Газпрома. Следом по значимости — доля инвестиций в основные фонды, и третьей будет доля налоговых отчислений домашним хозяйствам. Все три доли в сумме не должны превышать

Таблица 1. Распределение долей выпуска агрегированного предприятия до калибровки модели

Месяц	<i>EZ2P</i>	<i>EI2P</i>	<i>EK2P</i>
Январь	0,513	0,11	0,373
Февраль	0,52	0,11	0,366
Март	0,505	0,11	0,381
Апрель	0,54	0,11	0,346
Май	0,54	0,11	0,347
Июнь	0,496	0,11	0,391
Июль	0,6	0,11	0,288
Август	0,55	0,11	0,337
Сентябрь	0,51	0,11	0,377
Октябрь	0,6	0,11	0,287
Ноябрь	0,54	0,11	0,346
Декабрь	0,508	0,11	0,377

единицу, однако следует учесть тот факт, что Газпром не будет тратить целиком всю свою выручку, и часть ее останется на счетах.

Были предложены следующие значения долей на инвестиции и налоговые отчисления предприятиям и домашним хозяйствам $OI1$, $OI12$ и $OI13$: $OI1 = 0,3$; $OI12 = 0,5$; $OI13 = 0,05$.

Также было сделано предположение, что эти доли каждый месяц будут оставаться неизменными, независимо от выручки Газпрома в этот период. Это сделано в целях упрощения расчетов в модели.

С выбором доли бюджета на инвестиции $OI1$ формируется уравнение спроса на основные фонды со стороны Газпрома: $ID1 = B1 \times OI1 / PK$, где PK – равновесная цена на основные фонды. Равновесная цена на фонды вычисляется так же, как и равновесная цена для остальных рынков $PK(q) = PK(q-1) + (ID1(q-1) - KS1(q-1)) / Q$, где Q – константа итерации, $Q = 100000$ – исходно выбранное в модели значение.

После получения уравнения спроса следует приступить к выводу уравнения предложения и регулирования коэффициента $EK2P$ – доли предложения основных фондов Газпрому в конечном продукте второго агента – агрегированного производственного предприятия. Следует учесть, что остальные доли конечного продукта предприятия менять нельзя, потому что это приведет к разбалансировке уже приведенных к равновесию рынков.

Новые основные фонды Газпрома – лишь малая часть продукта агрегированного предприятия, поскольку в 2001 г. среднегодовая стоимость фондов, находящихся на балансе Газпрома, составляла 37246,5 млн руб., а предприятие в 2001 г. произвело продукции на сумму 13491,5 млрд руб.

Исходная модель была также откалибрована во временном промежутке 2001–2002 гг. До модификации модели значения долей распределения продукта в каждый месяц следующего года совпадали со значением аналогичного месяца в 2001 г. В табл. 1 приведены значения долей выпуска агрегированного предприятия, составляющих продажу промежуточного продукта $EZ2P$, инвестиций в основной капитал $EI2P$ и продажи конечных товаров $EK2P$.

Можно заметить, что хотя значения всех долей, кроме инвестиций в основной капитал, и меняются, но сохраняется следующая тенденция: большая часть продукта приходится на промежуточный продукт, часть чуть меньше – на конечный продукт. На инвестиции всегда приходится одна и та же доля – 11% произведенной продукции.

При подборе долей, идущих на продажу основных фондов, следует ориентироваться на спрос Газпрома и на тот факт, что выручка Газпрома, а следовательно, и спрос на новые основные

фонды сильно зависят от курса доллара, поскольку большую часть своих доходов Газпром получает именно от экспорта газа.

Подбор доли продукта предприятия, которая идет на продажу основных фондов Газпрому, производится следующим образом:

- 1) для 2001 г. подбираются такие значения доли, чтобы предложение уравнивало спрос;
- 2) для 2002 г. подбираются также значения доли, чтобы спрос уравнивал предложение;

3) для последующих лет доля за каждый месяц года будет равна доле за аналогичный месяц предыдущего года, умноженной на специальный коэффициент роста, который равен: $k = 1,1 E(t) / E(t - 12)$, где $E(t)$ — курс доллара к рублю в текущий месяц, $E(t - 12)$ — курс доллара к рублю в аналогичный месяц предыдущего года. Прогнозное значение курса доллара к рублю уже посчитано в исходной версии модели RUSEC-GAZPROM: $E(t + 1) = 1,0025E(t)$. Данная формула коэффициента роста была получена опытным путем в результате уравнивания спроса и предложения в 2003–2010 гг.

Для 2001 и 2002 г. подбор доли произведенного продукта, которую составляют новые основные фонды, производится следующим образом:

- 1) суммируется спрос Газпрома на основные фонды за год — $KD(year)$;
- 2) из произведенного продукта второго агента за год выделяется количество, равное количеству, полученному на предыдущем шаге, — выделена общая сумма проданных Газпрому новых основных фондов за год (предложение) — $KS(year)$;
- 3) вычисляется годовая доля продукта, которая уходит на продажу новых основных фондов Газпрому, которая равна: $EK2P(year) = Y2(year) / KS(year)$, где $KS(year)$ — предложение фондов за данный год, $Y2(year)$ — выпуск производственного предприятия за данный год;
- 4) для каждого месяца находится доля спроса Газпрома, которая приходится на этот месяц: $OKD(month) = KD(month) / KD(year)$, где $KD(month)$ — купленные за месяц новые основные фонды, $KD(year)$ — купленные за год фонды;
- 5) конечная доля основных фондов в выпуске агрегированного предприятия равна части OKD в текущий месяц от доли предложения основных фондов за год $EK2P(year)$: $EK2P = OKD(month) \times EK2P(year)$.

Таблица 2. Доли новых основных промышленно-производственных фондов газодобывающей промышленности в выпуске агрегированного предприятия в 2001 и 2002 г.

Месяц	2001 г.		2002 г.	
	$EK2P$	Доля от годового количества, %	$EK2P$	Доля от годового количества, %
Январь	0,003	10	0,0032	13
Февраль	0,003	10	0,0027	11
Март	0,002	8	0,0022	9
Апрель	0,003	10	0,0027	11
Май	0,002	8	0,0022	9
Июнь	0,002	8	0,0019	7
Июль	0,002	6	0,0013	5
Август	0,002	6	0,0013	5
Сентябрь	0,002	6	0,0012	5
Октябрь	0,002	7	0,0015	6
Ноябрь	0,003	10	0,0024	10
Декабрь	0,003	11	0,0024	10

Для 2001 г. годовая доля предложения новых основных фондов Газпрому составила 0,0253307. Значения доли продукта агрегированного предприятия, составляющей продажу основных фондов Газпрому *EK2P* за 2001 и 2002 г. приведены в табл. 2.

После подбора всех регулируемых долей производятся компьютерные вычисления в Microsoft Excel. Вычисления приводят рынок основных фондов в равновесие.

В ходе калибровки модели были подобраны доли бюджета Газпрома, которые идут на инвестиции в основные фонды *ОП*, налоговые отчисления предприятиям *ОТ12* и налоговые отчисления домашним хозяйствам *ОТ13*. Также были подобраны доли конечного продукта агрегированного предприятия *EK2P*, которые идут на продажу новых основных фондов Газпрому. Все полученные данные были внесены в компьютерную модель, реализованную в Microsoft Excel, которая была пересчитана. При пересчете модели рынок основных фондов, как и все остальные рынки товаров, был приведен в равновесие. Полученная модель была полностью подготовлена к проведению экспериментов.

5. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ И СЦЕНАРНЫЕ РАСЧЕТЫ

После калибровки полученной модели и приведения всех рынков в равновесие можно переходить к главному и заключительному этапу работы — проведению экспериментов. На этом этапе измеряются текущие основные макроэкономические показатели экономики России, а именно: *Y* — совокупный выпуск в постоянных ценах; *GDP* — ВВП в постоянных ценах; *Inflation1* — темп роста потребительских цен; *Inflation2* — инфляция цен на промежуточный продукт.

Также исследуются основные экономические показатели Газпрома: *Y1* — объем добытого газа; *Y1P* — выручка от реализации газа; *Y1P(int)* — выручка от реализации газа на внутреннем рынке — выручка от продажи газа домашним хозяйствам и производственным предприятиям.

В ходе экспериментов изменяются цены на газ на внутреннем рынке — для домашних хозяйств и предприятий и фиксируются изменения в вышеприведенных показателях. Всего было решено провести три эксперимента с различными сценариями — в первом эксперименте изменяется только цена на газ для предприятий, начиная с 2003 по 2010 г. В ходе второго эксперимента изменяется только цена на газ для домашних хозяйств с 2003 по 2010 г. Третий эксперимент предполагает изменение цен сразу для этих двух агентов в аналогичный период.

5.1. Инерционный вариант. Перед тем, как начать проведение экспериментов, следует зафиксировать, какие значения принимают вышеописанные индексы экономики России и Газпрома при неизменных ценах на газ в 2003–2010 гг. (табл. 3).

На рис. 2–6 приведены прогнозные и фактические значения совокупного выпуска и ВВП за 2001 г. Ошибка *APЕ* для выпуска составляет 1,6%, для ВВП — 2,49%; в табл. 4 — значения

Таблица 3. Значения основных показателей экономики, России, инерционный вариант

Год	<i>Y</i> , млрд руб.	<i>GDP</i> , млрд руб.	<i>Inflation1</i>	<i>Inflation2</i>
2001	14379,652	8142,4531	1,568	1,306
2002	15251,456	9148,5603	1,098	1,227
2003	16183,055	9684,7429	1,053	1,076
2004	16861,792	10091,857	1,151	1,106
2005	17594,706	10527,211	1,096	1,145
2006	18385,381	11001,012	1,113	1,090
2007	19157,042	11381,795	1,086	1,017
2008	19790,797	11747,457	1,022	1,060
2009	20405,093	12102,441	1,091	1,081
2010	21030,738	12462,676	1,109	1,073

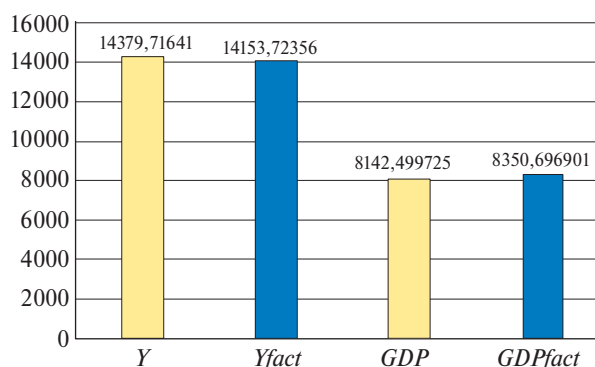


Рис. 2. Сравнение фактического агрегированного выпуска и фактического ВВП с полученным выпуском и ВВП в модели за 2001 г., млрд руб.

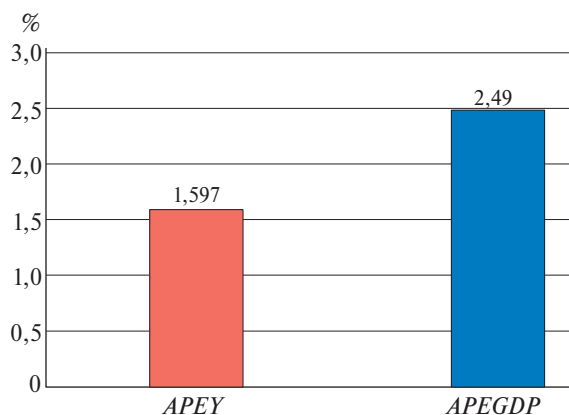


Рис. 3. Ошибки APE для совокупного выпуска и ВВП за 2001 г.

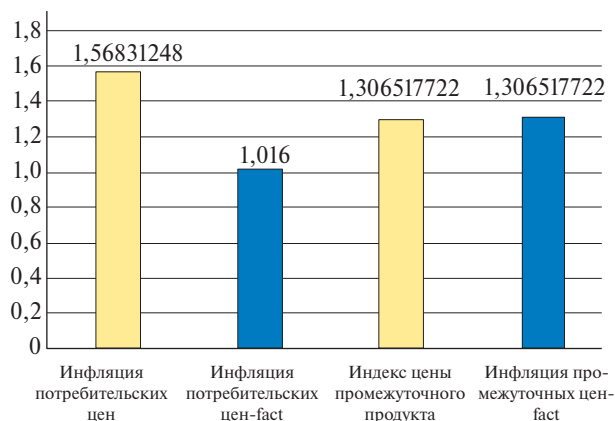


Рис. 4. Фактические и прогнозные значения инфляции на рынках промежуточных и конечных товаров в 2001 г. в разгах

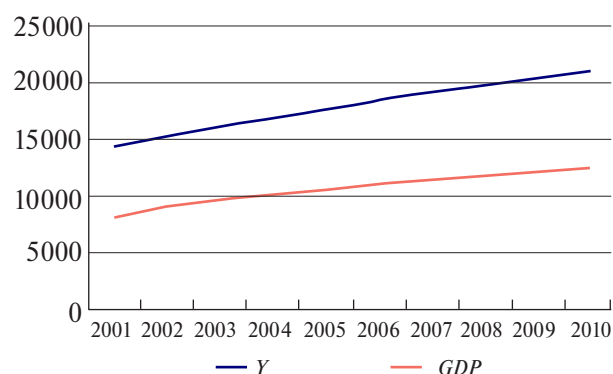


Рис. 5. Совокупный выпуск и ВВП, инерционный вариант, млрд руб.

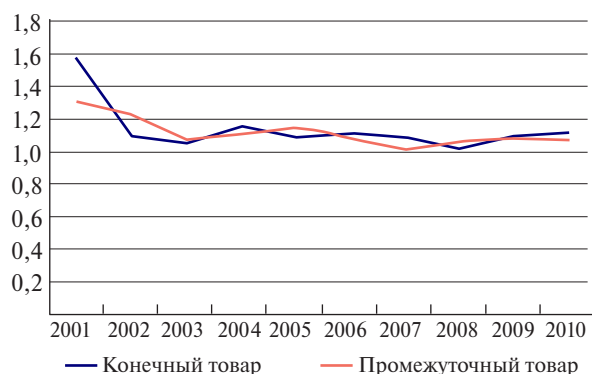


Рис. 6. Инфляция цен на конечный и промежуточный товары, инерционный вариант, в разгах

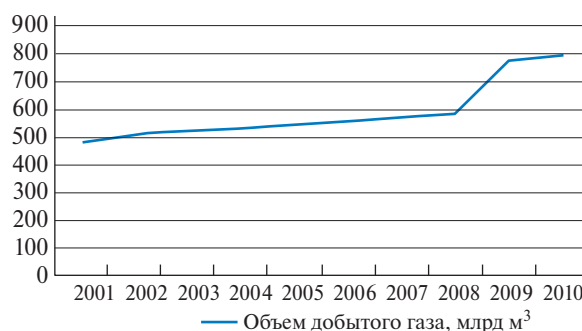


Рис. 7. График добычи газа, инерционный вариант

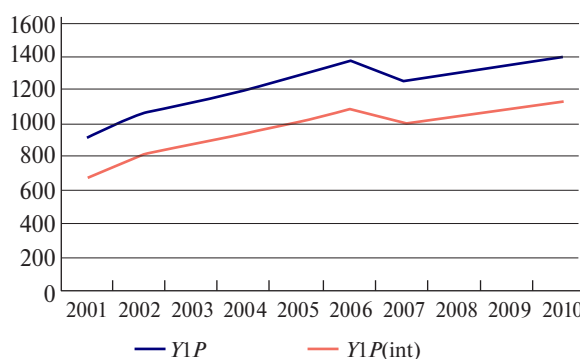


Рис. 8. График выручки Газпрома $Y1P$ и выручки на внутреннем рынке $Y1P(int)$ (инерционный вариант), млрд руб.

Таблица 4. Значения основных экономических показателей Газпрома в исходной модели

Год	$Y1$, млрд м ³	$Y1P$, млрд руб.	$Y1P(int)$, млрд руб.
2001	488,63	915,02	679,17
2002	511,65	1057,32	809,76
2003	524,61	1124,12	874,00
2004	534,67	1201,67	938,65
2005	545,63	1277,54	1003,49
2006	560,73	1371,21	1082,88
2007	571,75	1255,61	1003,50
2008	586,76	1301,74	1046,11
2009	777,83	1350,66	1091,28
2010	793,58	1398,29	1136,00

основных экономических показателей Газпрома в исходной модели. Как видно из графиков, представленных на рис. 7–8, при неизменных ценах на газ значительная часть общей выручки Газпрома составляет выручка от реализации природного газа на внутреннем рынке.

5.2. Эксперимент 1. Изменение цен на газ для предприятий. В ходе данного эксперимента меняются цены на газ для второго агента, начиная с 2003 г. В модели цены на товары представлены в тыс. руб за тыс. куб.м. (табл. 5). В результате данного эксперимента, после пересчета модели, были получены значения показателей экономики России, отраженные в табл. 6, а основные показатели Газпрома после эксперимента – в табл. 7.

Таблица 5. Изменения цен на газ для предприятий в первом эксперименте

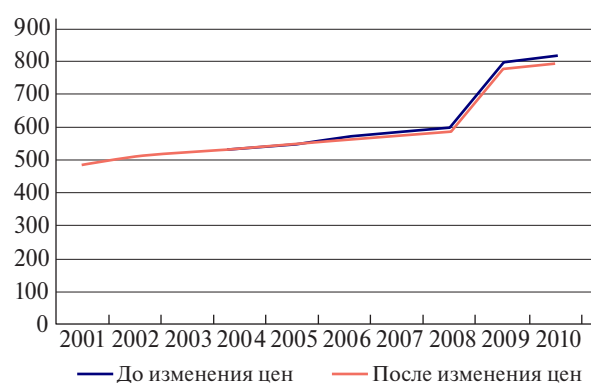
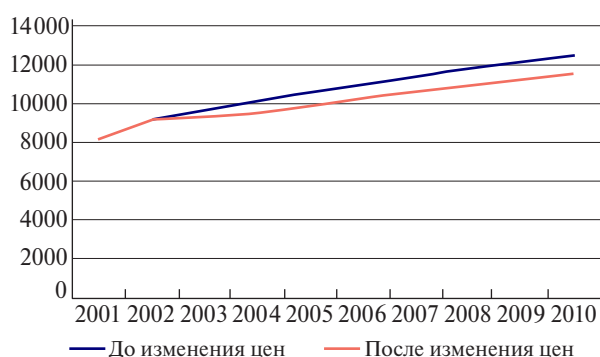
Год	Цена до изменения ($PG10$)	Цена после изменения ($PG11$)
2003	0,607	0,905
2004	0,607	1,086
2005	0,607	1,303
2006	0,607	1,380
2007	0,607	1,380
2008	0,607	1,380
2009	0,607	1,380
2010	0,607	1,380

Таблица 6. Основные макроэкономические показатели экономики России при измененных ценах на газ для предприятий

Год	Y , млрд руб.	GDP , млрд руб.	$Inflation1$	$Inflation2$
2001	14379,652	8142,453	1,568	1,306
2002	15249,073	9147,199	1,098	1,228
2003	15401,765	9286,221	1,151	1,167
2004	15810,125	9552,48	1,191	1,145
2005	16345,661	9884,687	1,123	1,174
2006	17043,349	10312,159	1,125	1,103
2007	17667,741	10601,585	1,096	1,027
2008	18232,849	10927,119	1,023	1,064
2009	18788,484	11247,311	1,095	1,084
2010	19360,103	11575,537	1,112	1,075

Таблица 7. Основные экономические показатели Газпрома при изменении цен на газ для предприятий

Год	$Y1$, млрд м ³	$Y1P$, млрд руб.	$Y1P(int)$, млрд руб.
2001	488,63	915,02	679,174
2002	511,65	1057,32	809,76
2003	524,61	1292,26	1009,50
2004	536,00	1438,03	1133,42
2005	548,89	1583,06	1261,24
2006	567,20	1714,71	1374,51
2007	580,63	1600,66	1300,92
2008	599,20	1647,64	1345,13
2009	798,01	1696,49	1391,23
2010	817,12	1745,07	1437,78

**Рис. 9.** Добыча газа ($Y1$) до и после изменения цен на газ для производственного предприятия, млрд руб.**Рис. 10.** GDP до и после изменения цен на газ для предприятий, млрд руб.

Можно заметить, что при изменении цены на газ для предприятий объем добытого газа практически не меняется. Это видно на рис. 8. Объяснить такое явление можно тем, что производственная функция газа зависит от накопленной с 1963 г. добычи, которая с каждым последующим годом после 2001 г. меняется незначительно, так как объем накопленной добычи гораздо

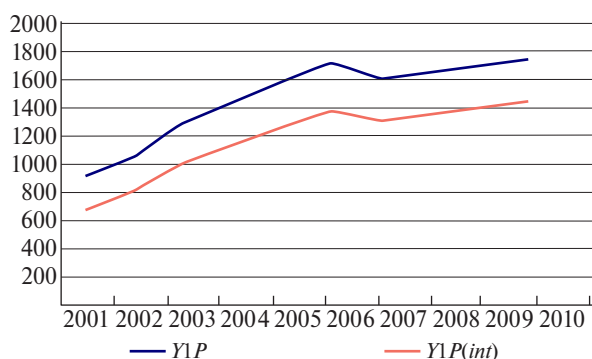


Рис. 11. Выручка Газпрома от продажи газа ($Y1P$) и выручка от продажи на внутреннем рынке ($Y1P(int)$), млрд руб.

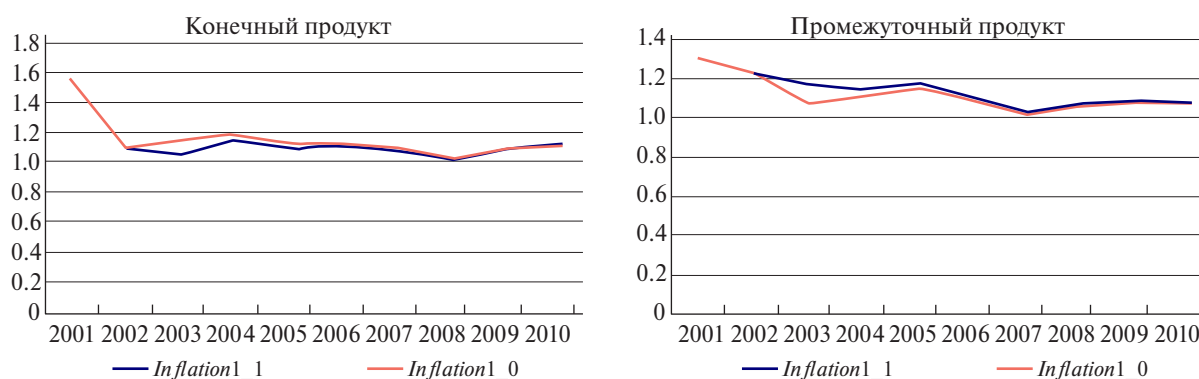


Рис. 12. Инфляция цен на конечный и промежуточный продукты до и после изменения цен на газ для предприятия

больше объема, добытого в данный год. Для сравнения: на конец 2001 г. накопленная за 37 лет добыча составляет 8931 138 млрд м³, в то время как за 2001 г. было добыто всего 488 млрд м³ (рис. 9–12). В связи с повышением цен на газ выросла и выручка Газпрома — как общая, так и на внутреннем рынке (рис. 10). При изменении цен на газ для агрегированного предприятия ВВП и совокупный выпуск снизились по сравнению с инерционным вариантом (рис. 9). Также можно заметить, что после изменения цен на газ для производственного предприятия увеличились темпы роста цен на промежуточный продукт (рис. 11 и 12).

5.3. Эксперимент 2. Изменение цен на газ для домашних хозяйств. В данном эксперименте меняются только цены на газ для третьего агента, начиная с 2003 г. (табл. 8). В результате данного эксперимента, после пересчета модели, были получены значения показателей экономики

Таблица 8. Изменение цен на газ для домашних хозяйств в ходе второго эксперимента

Год	Цена до изменения ($PG20$)	Цена после изменения ($PG21$)
2003	0,365	0,508
2004	0,365	0,687
2005	0,365	0,928
2006	0,365	1,208
2007	0,365	1,208
2008	0,365	1,208
2009	0,365	1,208
2010	0,365	1,208

Таблица 9. Основные макроэкономические показатели экономики России после изменения цен на газ для домашних хозяйств

Год	<i>Y</i> , млрд руб.	<i>GDP</i> , млрд руб.	<i>Inflation</i> 1	<i>Inflation</i> 2
2001	14379,652	8142,453	1,568	1,306
2002	15250,697	9148,127	1,098	1,228
2003	16181,954	9684,107	1,053	1,076
2004	16862,03	10092,046	1,150	1,106
2005	17599,269	10530,019	1,095	1,145
2006	18392,406	11005,602	1,112	1,090
2007	19162,021	11384,519	1,087	1,017
2008	19796,827	11750,767	1,022	1,060
2009	20412,449	12106,496	1,092	1,081
2010	21039,637	12467,6	1,109	1,073

Таблица 10. Основные экономические показатели Газпрома после изменения цен на газ для домашних хозяйств

Год	<i>Y</i> 1, млрд м ³	<i>Y</i> 1 <i>P</i> , млрд руб.	<i>Y</i> 1 <i>P</i> (<i>int</i>), млрд руб.
2001	488,63	915,02	679,174
2002	511,65	1057,32	809,76
2003	524,61	1130,60	880,48
2004	534,72	1216,44	953,40
2005	545,80	1303,68	1029,51
2006	561,18	1411,08	1122,40
2007	572,48	1293,70	1041,67
2008	587,91	1339,79	1084,24
2009	779,77	1388,67	1129,39
2010	795,91	1436,26	1174,08

России, приведенные в табл. 9, а основные показатели Газпрома после проведения эксперимента — в табл. 10.

Изменение цен на газ для домашних хозяйств несильно отражается на показателях инфляции, ВВП и совокупном выпуске, поскольку выручка от продажи газа населению намного меньше, чем выручка от продажи газа предприятиям или выручка от экспорта. Основные экономические показатели Газпрома в этом эксперименте также меняются совсем несущественно.

5.4. Эксперимент 3. Изменение цен на газ для двух агентов. В ходе данного эксперимента вступают в силу изменения цен сразу для двух агентов. Результаты эксперимента показаны в табл. 11. После эксперимента были получены значения основных макроэкономических показателей экономики России, приведенные в табл. 12, а основные показатели Газпрома после проведения эксперимента — в табл. 13.

Поскольку изменение цены на газ для домашних хозяйств несущественно влияет ни на показатели Газпрома, ни на макроэкономические индексы российской экономики, получается ситуация, аналогичная первому эксперименту, где изменялись цены на газ для предприятий. При изменении цен на газ для обоих агентов падают ВВП и совокупный выпуск и растут показатели инфляции (рис. 12–18). При данных ценах Газпром имеет наибольшую выручку от реализации газа и наибольшую выручку от реализации газа на внутреннем рынке (рис. 15). Выпуск Газпрома практически не изменяется во всех экспериментах и в исходной модели (рис. 18).

Таблица 11. Изменение цен на газ для предприятий и домашних хозяйств в ходе третьего эксперимента

Год	Предприятия		Домашние хозяйства	
	Цена до изменения (PG10)	Цена после изменения (PG11)	Цена до изменения (PG10)	Цена после изменения (PG11)
2003	0,607	0,905	0,365	0,508
2004	0,607	1,086	0,365	0,687
2005	0,607	1,303	0,365	0,928
2006	0,607	1,380	0,365	1,208
2007	0,607	1,380	0,365	1,208
2008	0,607	1,380	0,365	1,208
2009	0,607	1,380	0,365	1,208
2010	0,607	1,380	0,365	1,208

Таблица 12. Основные макроэкономические показатели экономики России после изменения цен на газ для домашних хозяйств и предприятий

Год	Y, млрд руб.	GDP, млрд руб.	Inflation1	Inflation2
2001	18438,593	8142,453	1,5682	1,306
2002	23795,251	9146,899	1,098	1,228
2003	24338,599	9282,381	1,152	1,168
2004	30015,819	9542,914	1,191	1,146
2005	36195,687	9873,236	1,122	1,174
2006	42598,657	10290,873	1,126	1,104
2007	48421,306	10566,314	1,098	1,028
2008	53235,841	10882,786	1,024	1,065
2009	60158,841	11196,511	1,095	1,085
2010	68071,471	11520,42	1,112	1,075

Таблица 13. Основные экономические показатели Газпрома после изменения цен на газ для домашних хозяйств и предприятий

Год	Y1, млрд м ³	Y1P, млрд руб.	Y1P(int), млрд руб.
2001	488,63	915,02	679,174
2002	511,65	1057,32	809,76
2003	524,61	1298,74	1015,99
2004	536,05	1452,82	1148,18
2005	549,06	1609,25	1287,30
2006	567,63	1754,67	1414,12
2007	581,34	1638,84	1339,17
2008	600,30	1685,78	1383,36
2009	799,87	1734,60	1429,43
2010	819,34	1783,14	1475,95

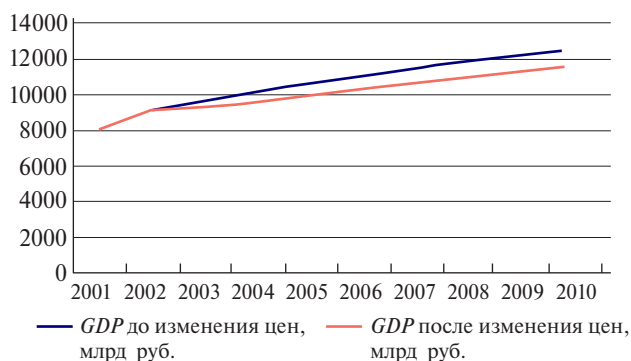


Рис. 13. ВВП до и после изменения цен на газ для двух агентов

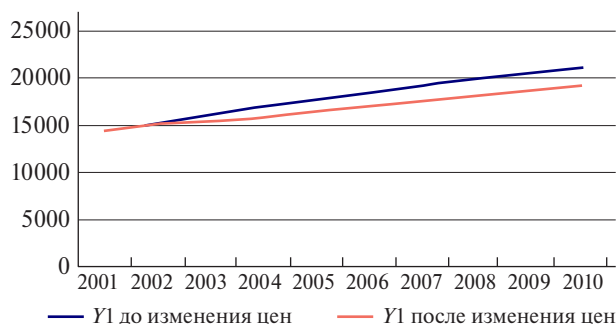


Рис. 14. Совокупный выпуск до и после изменения цен для двух агентов, млрд руб.

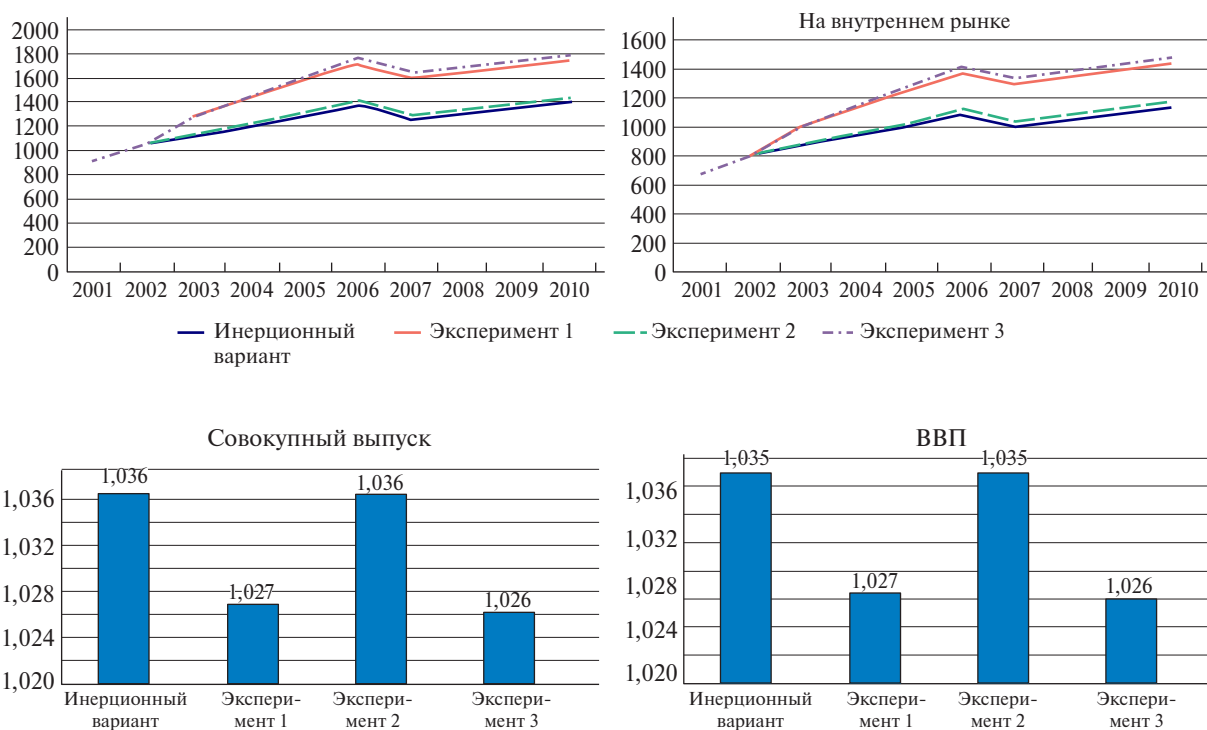


Рис. 15. Выручка Газпрома в инерционном варианте при изменении цен на внутреннем рынке, млрд руб.

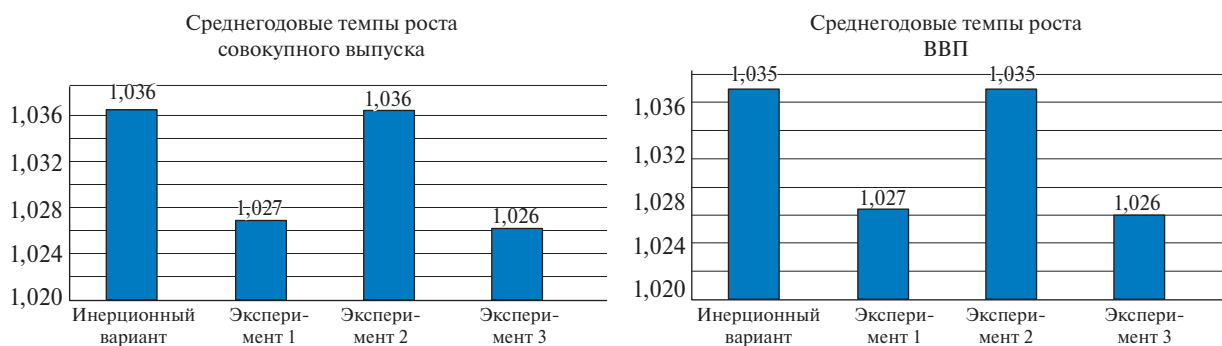


Рис. 16. Среднегодовое значение совокупного выпуска и ВВП

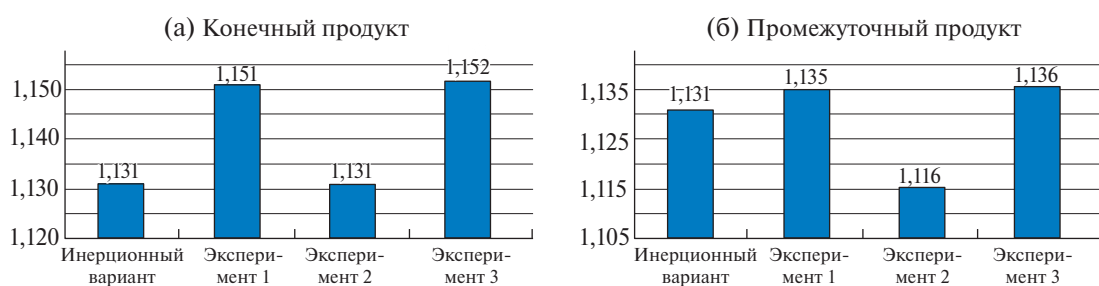


Рис. 17. Среднегодовая инфляция цен

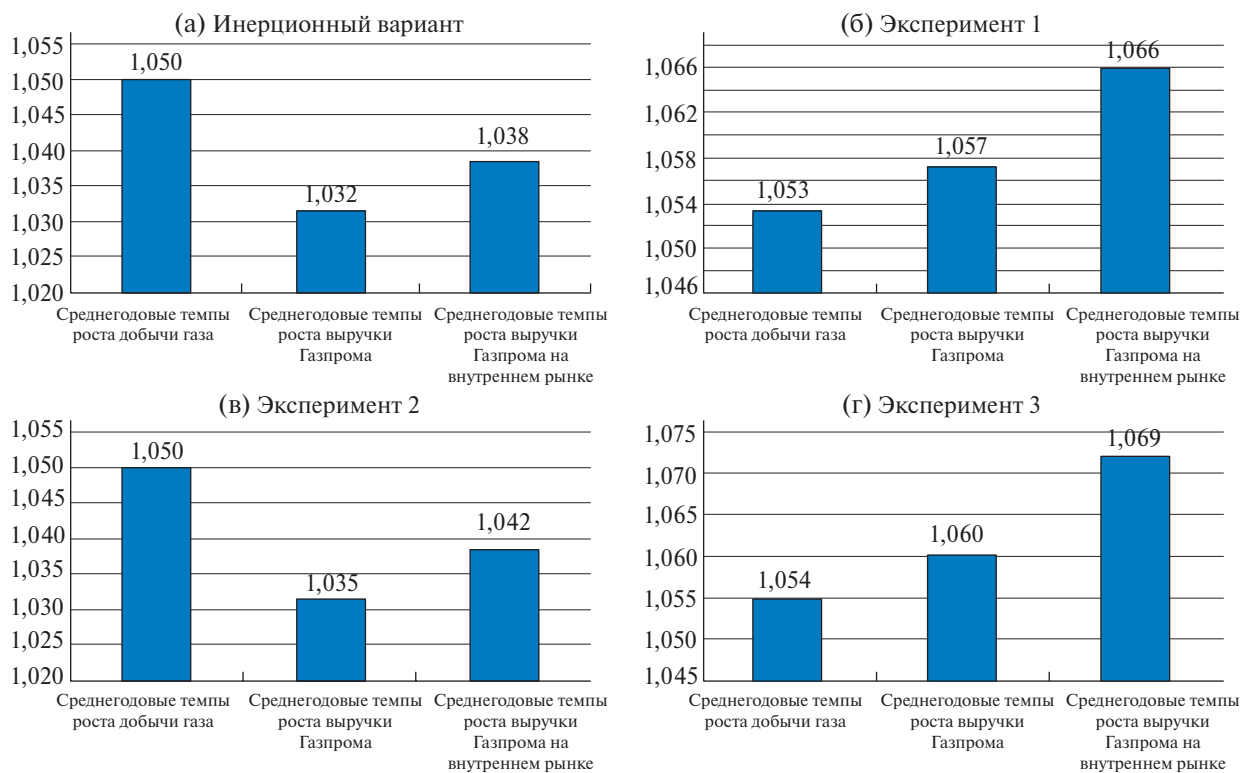


Рис. 18. Темпы роста показателей Газпрома

6. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Было проведено три эксперимента с изменением внутренних цен на газ. Изменялись цены для второго и третьего агентов модели одновременно и по отдельности. Исходя из результатов, полученных в ходе экспериментов, можно сделать следующие выводы.

Изменение внутренних цен на газ незначительно повышает объемы добычи газа (см. рис. 16–17). В модели это обусловлено тем, что количество газа, добытого в текущий год, значительно меньше, чем объем накопленной добычи.

В настоящей версии модели изменение цен на газ для домашних хозяйств слабо влияет на макроэкономические показатели экономики России и экономические показатели газовой промышленности (см. рис. 16–17). Это связано с тем, что потребление газа домашними хозяйствами экзогенно и намного меньше, чем потребление предприятиями.

Повышение цен на газ для предприятий уменьшает темпы роста выпуска и ВВП и ведет к росту инфляции (см. рис. 16–17) – фактически такой вариант повышения внутренних цен на газ является более болезненным для экономики страны.

В настоящей версии модели повышение внутренних цен на газ благоприятно сказывается на делах газовой отрасли: объемы добычи газа и выручка от его реализации цен возрастают (см. рис. 14–15, 18).

В ходе исследования были получены следующие результаты.

I. Модифицирована реализованная в среде Excel исходная версия вычислимой модели российской экономики с газовой отраслью RUSEC-GAZPROM академика В.Л. Макарова, а именно:

1) модифицировано поведение агента Газпром путем введения в модель трансцендентной производственной функции добычи газа, отсутствовавшей в исходной модели;

2) введен бюджет экономического агента Газпром, в доходную часть которого включена выручка от реализации газа, которая в исходной модели включалась в доходную часть бюджета агрегированного предприятия;

3) модифицировано поведение экономического агента «Агрегированное предприятие» за счет введения функции предложения новых основных фондов Газпрому со стороны агрегированного предприятия;

4) модифицировано поведение агрегированного домашнего хозяйства за счет добавления в доходную часть его бюджета налоговых отчислений экономического агента Газпром;

5) в модель введен рынок основных фондов, приобретаемых Газпромом у агрегированного предприятия по нерегулируемым государством (свободным) ценам.

II. Модифицированная в работе модель RUSEC-GAZPROM была откалибрована на основе статистических данных Росстата на временном интервале 2001–2002 гг.:

1) были подобраны доли бюджета Газпрома, которые идут на инвестиции в его основные фонды и налоговые отчисления двум другим агентам модели таким образом, что эндогенные переменные модели стали очень близки фактическим значениям Росстата;

2) все пять рынков модели (газа, конечного продукта, промежуточного продукта, рабочей силы и новых основных фондов) были приведены в равновесие.

III. В модифицированной модели RUSEC-GAZPROM были проведены три эксперимента по оценке влияния повышения внутренних цен на газ для предприятий и домашних хозяйств на основные макроэкономические показатели экономики России и основные экономические показатели Газпрома на интервале 2003–2010 гг.: первый эксперимент – повышение цен на газ только для предприятий; второй эксперимент – повышение цен на газ для предприятий и для домашних хозяйств; третий эксперимент – повышение цен на газ только для домашних хозяйств.

Эксперименты показали следующее:

1) как и в исходной (немодифицированной) версии модели RUSEC-GAZPROM, наименее болезненным для экономики России вариантом повышения внутренних цен на природный газ является вариант повышения цен для домашних хозяйств, поскольку по сравнению с другими двумя вариантами среднегодовые темпы роста валового выпуска и ВВП оказались наибольшими, а среднегодовые темпы роста потребительских цен и цен на промежуточную

продукцию – наименьшими, что объясняется исходной предпосылкой модели – неэластичным по цене спросом домашних хозяйств на газ;

2) для газовой промышленности России наиболее благоприятным вариантом повышения внутренних цен на природный газ в смысле роста объемов добычи природного газа и выручки от реализации продукции является вариант одновременного повышения цен для предприятий и домашних хозяйств, а наименее благоприятным – вариант повышения цен на газ только для домашних хозяйств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьев А.А.** (2013). Моделирование процессов денежного обращения в хозяйстве с газовой отраслью. М.: ЦЭМИ РАН.
- Катышев П.К., Пересецкий А.А., Чернавский С.Я., Эйсмонт О.А.** (2004). Влияние повышения тарифов на природный газ и электроэнергию на отрасли российской экономики. В кн.: Е.Г. Ясин (ред.) «Конкурентоспособность и модернизация экономики». Книга 1. М.: ГУ ВШЭ. С. 250–268.
- Катышев П.К., Чернавский С.Я., Эйсмонт О.А.** (2012). Оценка функции издержек производства электроэнергии в России. В сб.: «XII Международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества». Книга 4. М.: Изд. дом ГУ – ВШЭ. С. 120–130.
- Львов Д.С., Чернавский С.Я.** (2000). О реформировании электроэнергетики России // *Экономическая наука современной России*. № 2. С. 53–60.
- Макаров В.Л.** (1999). Вычислимая модель российской экономики. М.: ЦЭМИ РАН.
- Макаров В.Л., Афанасьев А.А.** и др. (2003). Оценка влияния цен на газ на основные макроэкономические показатели экономики России. В кн.: «Анализ ценовой эластичности спроса на природный газ в России: Отчет». 2-я редакция. Чернавский С.Я. (отв. редактор). М.: ЦЭМИ РАН.
- Макаров В.Л., Афанасьев А.А., Лосев А.А.** (2011). Вычислимая имитационная модель денежного обращения российской экономики // *Экономика и математические методы*. Т. 47. № 1. С. 3–27.
- Макаров В.Л., Филькин М.Е., Цветаева З.Н., Чернавский С.Я.** (2016). Проектирование и анализ реформ российской энергетики. В сб.: «Модернизация и экономическая безопасность России». Т. 6. М., СПб.: Нестор-История. С. 154–206.
- Макаров В.Л., Чернавский С.Я. Эйсмонт О.А.** (2014). Реформирование российской электроэнергетики: теория и практика. В сб.: Н.Я. Петраков (ред.) «Модернизация и экономическая безопасность России» Т. 4. М., СПб.: Нестор-История. С. 53–77.
- Чернавский С.Я.** (2010). Антикризисные меры и модернизация энергетического сектора. В кн.: В.М. Полтерович (ред.) «Стратегия модернизации российской экономики». СПб.: Алетейя. С. 356–419.
- Чернавский С.Я.** (2011). Рынок нефтяного попутного газа в России. В кн.: Г.Б. Клейнер (ред.) «Мезоэкономика развития». М.: Наука. С. 108–137.
- Чернавский С.Я.** (2012). Институциональная траектория развития рынков нефтяного попутного газа в России. В сб.: Е.Г. Ясин (отв. ред.) «XIII Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества». Книга 1. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ. С. 540–550.
- Чернавский С.Я.** (2012). Траектории реформирования российского рынка газа // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 4 (16). С. 157–160.
- Чернавский С.Я.** (2013). Проблемы повышения эффективности российской газовой отрасли // *ЭКО*. № 8 (470). С. 57–78.
- Чернавский С.Я.** (2013). Реформы регулируемых отраслей российской энергетики. М., СПб.: Нестор-История.
- Чернавский С.Я.** (2014). Реформы российской энергетики: успехи и неудачи // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 3. С. 165–168.
- Чернавский С.Я.** (2015). Успехи и неудачи реформирования российской энергетики. В сб.: «Труды Открытого семинара “Экономические проблемы энергетического комплекса”». М.: ИНП.
- Чернавский С.Я., Эйсмонт О.А.** (2010). Выгоден ли России газовый картель (на примере европейского рынка газа)? // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 1–2. С. 127–149.

- Chernavskii S.** (2015). Reform in the Russian Power Sector: Achievements and Failures. In: “*Report to the 27th European Conference on Operation Research: Area Game, Theory, Mathematical Economics: Mathematical Models in Macro- and Microeconomics*”. Glasgow: University of Strathclyde.
- Chernavskii S.** (2016). Problems of Increasing Overall Efficiency in the Russian Gas Sector // *Problems of Economic Transition*. Vol. 58. Issue 2. P. 142–161.
- Chernavskii S., Eismont O.** (2012). How to Sell Russian Gas to Europe Via Ukraine // *OPEC Energy Review*. Vol. 36. Issue 1. P. 87–103.

Поступила в редакцию
21.11.2017 г.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Afanasyev A.A.** (2013). Modelling of Money Circulation Processes in the Economy with the Gas Industry. Moscow: CEMI RAS (in Russian).
- Chernavskii S.** (2015). Reform in the Russian Power Sector: Achievements and Failures. In: “*Report to the 27th European Conference on Operation Research: Area Game, Theory, Mathematical Economics: Mathematical Models in Macro- and Microeconomics*”. Glasgow. University of Strathclyde.
- Chernavskii S., Eismont O.** (2012). How to Sell Russian Gas to Europe Via Ukraine. *OPEC Energy Review*, 36, 1, 87–103.
- Chernavskii S. Ya.** (2010). Anti-Crisis Measures and Modernization of the Energy Sector. In: Polterovich V.M. (ed.) “*The strategy of modernization of the Russian economy*”. Saint Petersburg: Aleteiya, 356–419 (in Russian).
- Chernavskii S. Ya.** (2011). The Market of Associated Petroleum Gas in Russia. In: Kleiner G.B. (ed.) “*Mesoeconomics of Development*”. Moscow: Nauka, 108–137 (in Russian).
- Chernavskii S. Ya.** (2012). Institutional Trajectory of the Development of Associated Petroleum Gas Markets in Russia. In: Yasin E.G. (ed.) “*XIII April International Scientific Conference on the Problems of Development of the Economy and Society*”. Book 1. Moscow: HSE Publ., 540–550 (in Russian).
- Chernavskii S. Ya.** (2012). Russia’s Gas Market: Reforming Trends. *Journal of the New Economic Association*, 4 (16), 157–160 (in Russian).
- Chernavskii S. Ya.** (2013). Reforms in the Regulated Sectors of the Russian Energy Industry. Moscow, Saint Petersburg: Nestor-Istoriya (in Russian).
- Chernavskii S. Ya.** (2013). The Problems of Increasing the Efficiency of the Russian Gas Industry. *EKO*, 8 (470), 57–78 (in Russian).
- Chernavskii S. Ya.** (2014). Successes and Failures of the Russian Energy Market Reforms. *Journal of the New Economic Association*, 3, 165–168 (in Russian).
- Chernavskii S. Ya.** (2015). Successes and failures of reforming the Russian energy sector. In: “*Proceedings of the Open Seminar Economic Problems of the Energy Complex*”. Moscow: INP (in Russian).
- Chernavskii S. Ya.** (2016). Problems of Increasing Overall Efficiency in the Russian Gas Sector. *Problems of Economic Transition*, 58, 2, 142–161.
- Chernavskii S. Ya., Eismont O.A.** (2010). Is Russia Favored by the Gas Cartel (on the Example of the European Gas Market)? *Journal of the New Economic Association*, 1–2, 127–149 (in Russian).
- Katyshev P.K., Chernavskii S. Ya., Eismont O.A.** (2012). Estimation of the Cost Function of Electricity Production in Russia. In: “*XII International Scientific Conference on the Problems of Development of the Economy and Society*”. Book 4. Moscow: HSE Publ., 120–130 (in Russian).
- Katyshev P.K., Peresetsky A.A., Chernavskii S. Ya., Eismont O.A.** (2004). The Impact of Higher Tariffs on Natural Gas and Electricity on the Russian Economy. In: Yasin E.G. (ed.) “*Competitiveness and modernization of the economy*”. Book 1. Moscow: HSE, 250–268 (in Russian).
- L’vov D.S., Chernavskii S. Ya.** (2000). On the Reform of the Electric Power Industry in Russia. *Economic Science of Contemporary Russia*, 2, 53–60 (in Russian).
- Makarov V.L.** (1999). Computable General Equilibrium Model of Russian Economy. Moscow: CEMI RAS (in Russian).

- Makarov V.L., Afanasiev et al.** (2003). Evaluation of the Impact of Gas Prices on the Main Macroeconomic Indicators of the Russian Economy. In: Chernavsky S. Ya. (ed.) *"Analysis of price elasticity of demand for natural gas in Russia: Report"* 2 edition. Moscow: CEMI RAS (in Russian).
- Makarov V.L., Afanasiev A.A., Losev A.A.** (2011). Computable Simulation Model for Money Circulation in the Russian Economy. *Economics and Mathematical Methods*, 47, 1, 3–27.
- Makarov V.L., Chernavskii S. Ya., Eismont O.A.** (2014). Reforming the Russian Electric Power Industry: Theory and Practice. In: Petrakov N. Ya. (ed.) *"Modernization and Economic Security of Russia"*. Vol. 4. Moscow, Saint Petersburg: Nestor-Istoriya, 53–77 (in Russian).
- Makarov V.L., Filkin M. Ye., Tsveta'eva Z.N., Chernavskii S. Ya.** (2016). Design and Analysis of Reforms in the Russian Energy Sector. In: *"Modernization and Economic Security of Russia"*. Vol. 6. Moscow, Saint Petersburg: Nestor-Istoriya, 154–206 (in Russian).

Received 21.11.2017

MODIFIED COMPUTABLE GENERAL EQUILIBRIUM MODEL OF THE RUSSIAN ECONOMY WITH THE GAS INDUSTRY RUSEC–PAO “GAZPROM”

A.A. Afanasievⁱ, A.A. Vorontsovⁱⁱ

Forecasting the key macroeconomic indicators and evaluating their variance, influenced by a change in natural monopolies' tariffs is the key priority of any country. Computable general equilibrium (CGE) models are used for economical processes modeling and predicting macroeconomic indexes. CGE model of RUSEC-GAZPROM was designed in 2003 by CEMI RAS to estimate an impact of home natural gas prices change on key Russian macroeconomic indicators. The main purpose of this article is to show a modification of the initial version of RUSEC-GAZPROM by specifying economical agents' behavior. This modification will allow researchers to investigate how the changes in home natural gas prices affect Russian macroeconomic indicators when gas production volumes are endogenous. There is a description of initial RUSEC–GAZPROM model, and it's modification – RUSEC – PAO “GAZPROM” – as well as the description of model calibration process. The research also shows the experiments made with the modified model, which demonstrate a reaction of the main Russian macroeconomic indicators on the change in home gas prices. The result of this research contains the modified version of RUSEC–GAZPROM and completed experiments with it. Modified RUSEC-GAZPROM model may be useful to Gazprom corporation, it's subsidiaries and the Russian Government to find an effective strategy of regulating natural monopolies' tariffs.

Keywords: CGE model, Russian economy, gas industry, Gazprom, internal natural gas prices, macroeconomic indicators, experiments, scenario calculations.

JEL Classification: C53, L71, Q35, Q41, Q47.

DOI: 10.7868/S0424738818020036

*The article was based on the results of a bachelor's degree thesis performed in the spring of 2017 at the National Research University “Higher School of Economics” by the fourth-year bachelor student of the Faculty of Business and Management Alexander A. Vorontsov under the scientific supervision of the University Professor, Doctor of Economic Sciences Anton A. Afanasyev. This study carried with the financial support from the Russian Foundation for Basic Research (project 17-06-00463 A) and Russian Foundation for Humanities (project 17-02-00457 A).

ⁱ**Anton A. Afanasiev** – Doct. Sc. (Economics), Professor at National Research University – Higher School of Economics (NRU – HSE) in 2011–2017; Leading Researcher, Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Nakhimovskii prospekt, 47, 117418 Moscow, Russia, aanton@cemi.rssi.ru.

ⁱⁱ**Aleksandr A. Vorontsov** – master program 1st year student at Faculty of Computer Sciences, National Research University – Higher School of Economics (NRU – HSE); Kochnovskii proezd, 3, 125319 Moscow, Russia; aavorontsov@edu.hse.ru.