

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Оленев Н. Н., Солиев Х. Ю.

В данной работе построена имитационная модель развивающейся экономики на примере Республики Таджикистан. В модели выделены основные экономические агенты и заданы основные макроэкономические показатели. В качестве имитационной модели взята трехсекторная балансовая модель экономики, основанная на вычислимой модели общего равновесия с учетом теневого сектора. Динамика материальных и финансовых балансов выражается через изменение запасов продуктов, факторов производства и денег.

Введение. При переходе к рыночной экономике возникает необходимость разрабатывать математические модели, отражающие состояние экономики Республики Таджикистан, дающие возможность анализировать и прогнозировать перспективу развития экономики. Одним из важнейших способов является имитационное моделирование, с помощью которого можно создавать модели реальной системы и проводить численные эксперименты с целью проверки тех или иных сценариев возможного развития моделируемой системы. В данной работе построена трехсекторная нормативная балансовая модель экономики (Оленев Н.Н., 2007) на примере Республики Таджикистан, включающая теневой оборот. Для построения модели выделены семь экономических агентов и заданы основные показатели. Экономика страны разделена на три сектора – сельскохозяйственный, промышленный и сектор услуг. Модель разработана для проведения численных экспериментов для выявления сценариев, которые реально отражали бы состояние экономики и на их основе строить прогнозы развития экономики Республики Таджикистан.

Модель. В модели выделим три производственных сектора (сельскохозяйственный сектор X , промышленный сектор Y , сектор услуг Z), домашние хозяйства L , торгового посредника T , банковскую систему B , и правительство страны G . Производители используют в

производстве труд, капитал и промежуточную продукцию. Домашние хозяйства предлагают труд и потребляют конечную продукцию. Роль торгового посредника заключается в перераспределении материальных и финансовых потоков. Банковская система выпускает денежные средства и выдает кредиты производителям. Правительство страны собирает налоги с производителей и домашних хозяйств.

В модели будем использовать следующие обозначения: Q_i^m – запас блага i у агента m ; W^m – запас денег у агента m ; a_i^{nm} – доля продукта i , идущая от агента n агенту m ; b_i^{nm} – доля денежного запаса агента n , выплачиваемая агенту m за благо i ; c_i^m – норма затрат продукта i на создание единицы фондообразующего продукта агента m ; p_i^m – цена на продукт i для агента m .

В этих обозначениях все показатели и параметры имеют верхний и нижний индексы. Верхние индексы используются для семи агентов, а нижние для пяти благ (трех продуктов секторов и двух факторов производства). Распределение запаса каждого блага a_i^{nm} и денег b_i^{nm} производится по некоторому нормативу. Коэффициенты фондоемкости также задаются нормативами c_i^m . Все параметры модели заданы константами. Производственные сектора платят налог на прибыль n_1 , налог на добавленную стоимость n_2 , акцизный налог n_3 , социальный налог n_4 , налог на экспорт n_5 . Домашние хозяйства платят налог на импорт n_6 , подоходный налог n_7 .

Описание производителей (на примере сельскохозяйственного сектора, агент X). Производители (сектора экономики), используют в производстве труд, капитал и промежуточную продукцию. Они поставляют продукцию на внутренний рынок, внешний рынок, а также на рынок промежуточной продукции. Предполагаем, что в каждый момент времени t выпуск агентом X продукта $Y_X(t)$ задается степенной производственной функцией от труда L , капитала K и продукции смежных отраслей Y и Z .

$$Y_X = \left(Q_L^X \right)^{\delta_L^X} \cdot \left(Q_K^X \right)^{\delta_K^X} \cdot \left(Q_Y^X \right)^{\delta_Y^X} \cdot \left(Q_Z^X \right)^{\delta_Z^X},$$

где $\delta_L^X + \delta_K^X + \delta_Y^X + \delta_Z^X = 1$.

Здесь и далее, если не оговорено противное, все показатели как Y_X , Q_L^X , Q_K^X , Q_Y^X , Q_Z^X обозначенные заглавными буквами, считаются функциями времени t , поэтому этот аргумент для сокращения записи в формулах опускается. Все параметры, как правило, считаются константами.

Запас своего открытого продукта Q_X^X растет за счет выпуска и убывает за счет отгрузки агентам Y, Z, L (отгружает посреднику по нормативу) и себе для инвестиций $I_X(t)$. Считаем, что расходы на освоение инвестиций от своего продукта совпадают с доходами от них (вклад собственных средств на инвестиции за счет продукции сектора не учитываем в его валовом выпуске). На внешний рынок идет заданная доля запаса своего продукта Q_X^{XO} .

$$\frac{dQ_X^X}{dt} = (-\nu_X)Y_X - (\nu_X^{XL} + \nu_X^{XY} + \nu_X^{XZ} + \nu_X^{XO})Q_X^X - \nu_X^X I_X,$$

$$I_X = \frac{b_K^X W^X}{p_X^X c_X^X + \lambda_Y^X c_Y^X + \lambda_Z^X c_Z^X},$$

$$p_X^X = \min \{p_X^Y, p_X^Z\},$$

$$X_X^{XO} = \nu_X^{XO} Q_X^X.$$

Производство открытого X и теневого V продукта агентом X осуществляется на общих фондах, общих трудовых ресурсах и общих запасах промежуточных продуктов, а произведенная продукция (выпуск) $Y_X(t)$ делится в заданной пропорции $(-\nu_X)q_X$ на открытый («белый») выпуск X и теневой («черный») выпуск V , где q_X – доля тени в общем выпуске продукта $Y_X(t)$. Теневой продукт используется для продажи населению, другим секторам и внешним агентам. Предполагаем, что инвестиции могут быть только легальными.

Запас промежуточного продукта Y и Z у агента X растет за счет покупки открытого продукта у агента Y (промышленный сектор) и Z (сектор услуг) по цене p_Y^X и p_Z^X и теневого продукта U и W у этих агентов по цене p_U^X и p_W^X и убывает за счет использования его в производстве в качестве сырья и инвестиций.

$$\frac{dQ_Y^X}{dt} = \frac{\gamma_Y^{XY} W^X}{p_Y^X} + \frac{\gamma_U^{XY} W^X}{p_U^X} - \rho_Y^X Q_Y^X - \rho_Y^X I_X,$$

$$\frac{dQ_Z^X}{dt} = \frac{\gamma_Z^{XZ} W^X}{p_Z^X} + \frac{\gamma_W^{XZ} W^X}{p_W^X} - \rho_Z^X Q_Z^X - \rho_Z^X I_X.$$

Запас труда в секторе X прирастает за счет покупки у агента L (домашних хозяйств) открытого труда L по официальной ставке заработной платы $s_L^X(t)$ и теневого труда по теневой ставке $s_L^V(t)$ и убывает в силу спроса на труд агента X .

$$\frac{dQ_L^X}{dt} = \frac{\gamma_L^{XL} W^X}{s_L^X} + \frac{\gamma_V^{XL} B^X}{s_L^V} - \rho_L^X Q_L^X.$$

Запас капитала в секторе X прирастает за счет инвестиций $b_K^X \times W^X(t)$, а убывает в силу амортизации капитала у агента X с темпом μ и использования капитала в производстве в секторе X .

$$\frac{dQ_K^X}{dt} = \rho_K^X W^X - \mu \rho_K^X Q_K^X - \rho_K^X Q_K^X.$$

Считаем, что агент X берет весь предлагаемый агентом B (банковской системой) кредит, однако объем предоставляемого кредита C^{BX} ограничен ликвидационной стоимостью производственных фондов, которая считается пропорциональной запасу капитала.

$$C^{BX} = \sigma Q_K^X, \quad \sigma > 1.$$

Задолженность $Z^X(t)$ агента X банковской системе B прирастает за счет выдачи новых кредитов C^{BX} и начисления текущего процента по кредитам r на имеющуюся задолженность, а уменьшается в силу платежей погашения H^{XB} .

$$\frac{dZ^X}{dt} = r C^{BX} + Z^X - I^{XB}, \quad H^{XB} = \rho_H^{XB} W^X.$$

Запас открытых («белых») денег у агента X прирастает при поступлении кредитов, при продаже товара на внешнем рынке и на внутренних рынках, за счет трансфертов сектору X из бюджета T^{GX} и поступлений «отмытых» денег из теневого оборота $b_B^X \times Z^X$. Он уменьшается при оплате труда L , промежуточного потребления

смежных секторов, платежах погашения кредитов и перечислениях налогов в бюджет.

$$\frac{dW^X}{dt} = wp_X^O X_X^{XO} + C^{BX} + \left(\mathbf{b}_X^L a_X^{XL} + p_X^Y a_X^{XY} + p_X^Z a_X^{XZ} \right) \bar{Q}_X^X - \left(\mathbf{b}_Y^{XY} + \mathbf{b}_Z^{XZ} + \mathbf{b}_W^{XY} + \mathbf{b}_U^{XZ} + \mathbf{b}_L^{XL} + \mathbf{b}_H^{XB} \right) \bar{W}^X - \tau^{XG} + \tau^{GX} + \mathbf{b}_B^X B^X.$$

Здесь w – курс доллара в национальной валюте, а трансфертные платежи в бюджет равны сумме налоговых отчислений минус трансферты из бюджета T^{GX} .

Отчисления в бюджет T^{XG} складываются из отчислений по налогу на прибыль T_1^{XG} , налогу на добавленную стоимость T_2^{XG} , акцизам T_3^{XG} , социальному налогу T_4^{XG} , таможенным платежам на экспорт T_5^{XG} .

Запас Q_V^X теневого продукта V в секторе X прирастает за счет производства и убывает за счет поставок домашним хозяйствам и смежным отраслям.

$$\frac{dQ_V^X}{dt} = \mathbf{b}_X^X Y_X - \left(\mathbf{b}_V^{XL} + \mathbf{b}_V^{XY} + \mathbf{b}_V^{XZ} \right) \bar{Q}_B^X.$$

Запас теневого продукта прирастает при продаже теневого продукта, как конечного, населению L и, как промежуточного, смежным секторам Y и Z , часть b_B^X запаса теневого продукта успевают отмыть, часть b_B^{XG} попадает в качестве штрафных санкций в доходную часть бюджета правительства, а часть b_B^{XL} поступает населению в качестве теневого дохода.

$$\frac{dB^X}{dt} = \left(\mathbf{b}_V^L a_V^{XL} + \mathbf{b}_V^Y a_V^{XY} + \mathbf{b}_V^Z a_V^{XZ} \right) \bar{Q}_V^X - \left(\mathbf{b}_B^{XL} + \mathbf{b}_B^X + \mathbf{b}_B^{XG} \right) \bar{B}^X.$$

Агенты «промышленный сектор Y » и «сектор услуг Z » описываются аналогичным образом.

Описание торгового посредника (агент T). Агент T в модели играет роль чистого посредника, не получающего доходов и потому не имеющего ответственности по налогам. Описание этого агента введено для описания рынков продукции, на которых определяются внутренние цены на все продукты.

Изменение запаса Q_X^L конечного продукта X сельскохозяйственного комплекса, предназначенного агенту L (домашним хозяйствам), у посредника T определяет изменение индекса потребительских цен p_X^L на продукцию X сельскохозяйственного комплекса.

$$\frac{dQ_X^L}{dt} = t_X^{XL} Q_X^X - \frac{v_X^{LX} W^L}{p_X^L},$$

$$\frac{dp_X^L}{dt} = \alpha \left(\frac{b_X^{LX} W^L}{p_X^L} - a_X^{XL} Q_X^X \right).$$

Изменение запаса Q_X^{XY} промежуточного продукта X сельскохозяйственного комплекса, предназначенного агенту Y (промышленному сектору), у посредника T определяет изменение индекса производственных цен p_X^Y на продукцию X сельскохозяйственного комплекса.

$$\frac{dQ_X^{XY}}{dt} = t_X^{XY} Q_X^X - \frac{v_X^{YX} W^Y}{p_X^Y},$$

$$\frac{dp_X^Y}{dt} = \alpha \left(\frac{b_X^{YX} W^Y}{p_X^Y} - a_X^{XY} Q_X^X \right).$$

Поскольку посредник в модели дохода не получает и налогами не обременен, все его деньги являются чистыми.

Описание домашних хозяйств (агента L). Для краткости описания имитационной модели экономический агент «домашние хозяйства» называется агентом L . Безработные в составе экономически активного населения в модели разделены по секторам производства X , Y , Z , а в них подразделены на безработных в открытой части экономики и безработных теневой части экономики. Безработица увеличивается, если предложения труда превышает спрос на него и уменьшается в противном случае.

Предложение труда в открытой и теневой части сектора X .

$$\frac{dQ_L^{LX}}{dt} = t_L^{LX} Q_L^{LX} - \frac{v_L^{XL} W^X}{s_L^X},$$

$$\frac{dQ_B^{LX}}{dt} = \iota_B^{LX} Q_B^{LX} - \frac{\iota_B^{XL} B^X}{s_B^X}.$$

Считаем, что рост открытой и теневой ставок заработной платы в секторе X может происходить как при нехватке кадров, так и при росте потребительских цен на продукцию сектора.

$$\frac{ds_L^X}{dt} = \left[\alpha \left(\frac{b_L^{XL} W^X}{s_L^X} - a_L^{LX} Q_L^{LX} \right) + \frac{\beta \cdot s_L^X}{p_X^L} \left(\frac{b_X^{LX} W^L}{p_X^L} - a_X^{XL} Q_X^X \right) \right],$$

$$\beta \cdot = \delta \alpha \cdot,$$

$$\frac{ds_B^X}{dt} = \left[\alpha \left(\frac{b_B^{XL} B^X}{s_B^X} - a_B^{LX} Q_B^{LX} \right) + \frac{\beta \cdot s_B^X}{p_V^L} \left(\frac{b_V^{LX} W^L}{p_V^L} - a_V^{XL} Q_V^X \right) \right],$$

$$\beta \cdot = \delta \alpha \cdot.$$

Здесь (и далее) используется следующее обозначение: $X_+ = X$, если $X > 0$ и $X_+ = 0$, если $X \leq 0$. Считаем, что доля прироста цен, отражающаяся на росте заработной платы, $\delta \in [0, 1]$.

Считаем, что все деньги у домашних хозяйств являются чистыми независимо от источника поступления.

$$\begin{aligned} \frac{dW^L}{dt} = & a^{BL} + b_L^{XL} W^X + b_L^{YL} W^Y + b_L^{ZL} W^Z + b_B^{XL} B^X + b_B^{YL} B^Y + b_B^{ZL} B^Z - \\ & - \left(\iota_X^{LX} + \iota_V^{LX} + \iota_Y^{LY} + \iota_W^{LY} + \iota_Z^{LZ} + \iota_U^{LZ} + \iota_M^{LO} \right) \bar{W}^L - \tau^{LG} + \tau^{GL}. \end{aligned}$$

Отчисления в бюджет агента L (домашних хозяйств) T^{LG} складываются из отчислений по таможенным платежам на импорт T_6^{XG} и отчислений по подоходному налогу T_7^{XG} с открытой части дохода.

$$T^{LG} = \tau_6^{LG} + \tau_7^{LG},$$

$$T_6^{LG} = \iota_6 b_M^{LO} W^L,$$

$$T_7^{LG} = \iota_7 \left(\bar{Q}^{BL} + \iota_L^{XL} W^X + \iota_L^{YL} W^Y + \iota_L^{ZL} W^Z \right).$$

Описание бюджета правительства (агента G). Запас денег на счетах бюджета прирастает от налоговых поступлений и убывает при трансфертах секторам экономики и домашним хозяйствам.

$$\frac{dW^G}{dt} = b_V^{XG} B^X + b_W^{YG} B^Y + b_U^{ZG} B^Z + T^{XG} + T^{YG} + T^{ZG} + T^{LG} -$$

$$- r^{GX} - r^{GY} - r^{GZ} - r^{GL},$$

$$T^{GX} = r_X^{GX} W^G, T^{GY} = r_Y^{GY} W^G, T^{GZ} = r_Z^{GZ} W^G, T^{GL} = r_L^{GL} W^G.$$

Результаты. На модели проводились численные эксперименты, чтобы найти работоспособный вариант сценария, правильно отражающий состояние экономики Республики Таджикистан. Одной из основных проблем, возникших при проведении вычислительного эксперимента, стала проблема отсутствия и разнородности статистических данных, пригодных для непосредственного использования при задании начальных данных в терминах и «на языке» переменных модели. Множество неизвестных их статистики параметров определялись косвенным образом, сравнивая временные ряды переменных модели со статистическими временными рядами.

На рис. 1 приводится сравнение статистических данных выпуска продукции в сельскохозяйственном секторе с данными модели.

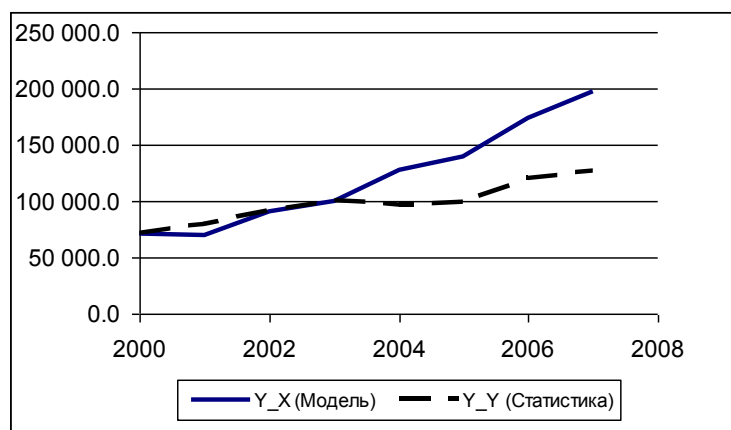


Рис. 1. Выпуск продукции в сельскохозяйственном секторе

В результате проведения расчетов получен работоспособный вариант имитационной модели. Далее ее можно совершенствовать, корректируя начальные параметры для получения выходных данных с

минимальным расхождением со статистическими данными, что дает возможность получить более точный прогноз состояния экономики страны в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Оленев Н.Н. Балансовая динамическая нормативная модель оценки инновационного потенциала Кировской области // *Методология современной науки. Моделирование сложных систем: Сб. тр. междунауч. конф./Под ред. А.В.Шатрова.* - Киров: Изд-во ВятГУ, 2007. С.125-132.