

## МНОГООТРАСЛЕВАЯ МОДЕЛЬ НЕРАВНОВЕСНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ

**С.А. Касперович,**

*кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономики и управления на предприятиях химико-лесного комплекса Белорусского государственного технологического университета,*

**В.Я. Асанович,**

*доктор химических наук, профессор кафедры прикладной математики и экономической кибернетики Белорусского государственного экономического университета*

Динамичность развития экономики и ее подверженность влиянию многочисленных факторов обуславливает тот факт, что эффективное управление экономической системой страны возможно только в том случае, когда управляющие органы в состоянии предвидеть и комплексно оценивать последствия принимаемых решений. Для проведения подобных расчетов необходимы специальные экономико-математические модели, которые отражают взаимосвязи показателей, характеризующих развитие различных секторов экономики, и позволяют оценивать влияние выбранной экономической политики и принимаемых управленческих решений на развитие экономической системы. В связи с этим особое значение приобретает исследование макроэкономических явлений с использованием методов экономико-математического анализа и моделирования. Обоснованные решения в процессе макроэкономического регулирования экономики могут быть разработаны только путем проведения расчетов, обеспечивающих возможность оценки и сопоставления последствий различных вариантов управляющих воздействий.

В Республике Беларусь к настоящему времени имеются модельные разработки для описания экономических процессов и прогнозирования макропоказателей в среднесрочной перспективе.

В частности, значительных успехов в эконометрическом моделировании макроэкономических процессов добился проф. Ю.С. Харин [8]. Его работы связаны с

построением и использованием эконометрических моделей для прогнозирования системы показателей, характеризующих функционирование экономики Республики Беларусь, а также с разработкой и обоснованием методов создания и оценки параметров эконометрических моделей в условиях нестационарной переходной экономики.

Кроме того, в последнее время в республике разработано несколько многоблочных моделей, позволяющих производить комплексный анализ и прогнозирование развития экономики Беларуси как в среднесрочной, так и долгосрочной перспективе.

В первом случае подход, предлагаемый д.э.н. С.Ф. Миксюк, основан на построении комплекса моделей, ориентированного на реализацию определенных сценариев, описывающих переломные ситуации [6; 7]. Модели описываются рекурсивной системой уравнений и позволяют легко интерпретировать результаты расчетов. Комплекс моделей содержит небольшую центральную эконометрическую модель воспроизводства для описания причинно-следственных зависимостей основных макропоказателей и частные модели – для подробного анализа отдельных аспектов процесса воспроизводства, отраженного в центральной модели. Эконометрическая модель описывает сценарий, который разрабатывается на качественном и количественном уровнях и трансформируется в модель в виде определенных соотношений, зависимостей и величин. Результатом работы модели является формирование основных макропоказа-

телей, описывающих взаимодействие частных рынков (рынки товаров и услуг, капитала, труда, денег), а также формирование задающих показателей для сателлитных моделей. Сложность использования модели состоит в том, что каждый раз при изменении сценария модель требует последующей модификации.

Другая система экономико-математических моделей, разработанная проф. В.Н. Комковым, представляет собой инструментарий, ориентированный на реализацию функций финансового программирования [4; 5]. В данном случае при моделировании движения финансовых потоков в экономике Республики Беларусь и их согласовании с потоками материальных ресурсов особое внимание уделяется зависимостям, которые отражают связь между сбалансированностью внутреннего рынка и динамикой внутренних цен, а также между балансом внешнеэкономических операций страны и изменением валютного курса. В уравнениях моделей представлены процессы распределения произведенного продукта и согласования общественных потребностей с производственными возможностями не только по объему, но и по структуре (в разрезе отдельных секторов экономики).

В настоящей работе мы уделим больше внимания моделированию и прогнозированию развития промышленного комплекса Республики Беларусь. Не вызывает сомнений, что промышленность является ведущей отраслью экономики. Промышленный комплекс играет решающую роль в обеспечении прогрессивных структурных сдвигов в экономике, ускорении темпов развития и повышении технического уровня производства. Промышленность также создает социально-экономические предпосылки глубоких преобразований в труде, в сфере обслуживания, в домашних хозяйствах. Промышленный комплекс Республики Беларусь является основой производственного потенциала страны. На его долю приходится почти половина всех основных производственных фондов, около 30% валового внутреннего продукта и более 27% занятых в народном хозяйстве.

Поэтому исследования в сфере моделирования и прогнозирования развития

промышленного комплекса республики являются достаточно перспективными, тем более что многие составляющие данной проблемы не могут быть просто заимствованы из уже имеющихся разработок и требуют не только адаптации к условиям Беларуси, но и создания новых инструментальных средств. С этой целью нами разработана комплексная многоотраслевая имитационная модель, предназначенная для расчета сценариев развития промышленного комплекса во взаимосвязи с другими секторами экономики при различных вариантах макроэкономической политики, а также система количественной оценки эффективности управленческих решений и их корректировки.

Созданная модель неравновесной динамики отражает происходящие в экономике процессы на основе использования конечно-разностной формы дифференциальных уравнений (для описания динамики основных фондов, инвестиций, численности занятых в отраслях, доходов и расходов населения и государственного бюджета). Разработанная модель является открытой с точки зрения наличия возможности управлять процессом развития промышленного комплекса: так, изменение управляющих параметров выводит экономику из состояния равновесия на определенное время, а затем путем автоматической балансировки параметров обеспечивается достижение равновесия.

Общей конечной целью построения модели является разработка инструментария, который позволил бы в зависимости от проводимой экономической политики и развития экономической конъюнктуры осуществлять комплексный прогноз системы показателей, характеризующих развитие промышленности, производственной сферы и смежных секторов экономики Республики Беларусь, а также на основе встроеного блока эффективности оценивать сбалансированность динамических характеристик экономической системы в прогнозном периоде.

Разработанная прогнозно-аналитическая система состоит из следующих зависимостей:

- производственных функций;

- соотношений для оценки параметров производственных функций;
- уравнений межотраслевого баланса;
- балансов доходов и расходов субъектов экономической деятельности;
- уравнений для определения структурных характеристик секторов экономики.

В модели выделены 9 агрегированных отраслей промышленности:

- электроэнергетика и топливная промышленность;
- черная металлургия;
- химическая и нефтехимическая промышленность;
- машиностроение и металлообработка;
- лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность;
- промышленность строительных материалов;
- легкая промышленность;
- пищевая промышленность;
- другие отрасли.

Кроме того, рассматриваются другие отрасли сферы материального производства:

- сельское и лесное хозяйство;
- строительство;
- транспорт и связь;
- торговля и общественное питание;
- прочие отрасли производственной сферы экономики [3].

Поскольку данная модель ориентирована в первую очередь на описание функционирования промышленного комплекса и производственной сферы экономики, то она характеризуется определенной степенью агрегирования и абстрагирования по отношению к формализации процессов, происходящих в других секторах экономики.

В соответствии с этим прогнозный комплекс содержит следующие взаимосвязанные блоки: производства; межотраслевых связей; экспорта и импорта продукции; денежных доходов и расходов населения; доходов и расходов госбюджета; цен и инфляции.

Важной особенностью разработанной системы является то, что она предоставляет возможность не только получать прогнозные значения основных макроэкономических показателей, а также показателей, характеризующих развитие отдельных отраслей промышленности и сферы материаль-

ного производства, но и осуществлять на основе полученных значений комплексный анализ уровня сбалансированности развития экономики Республики Беларусь в прогнозном периоде при заданных значениях экзогенных переменных и управляющих параметров. Это, в свою очередь, позволяет оценивать эффективность принимаемых управленческих решений и своевременно вносить в них необходимые коррективы.

Разработанная модель по своему содержанию представляет собой систему взаимообусловленных прямой и обратной связью показателей, отражающую реальную технологию их расчета при разработке отраслевых и макроэкономических прогнозов. Формально – это последовательная система линейных и нелинейных уравнений. Система уравнений носит рекурсивный характер.

Рассмотрим содержание блоков модели.

**Блок производства.** В данном блоке рассчитывается выпуск продукции рассматриваемых отраслей в текущих и сопоставимых ценах на основе производственной функции Кобба–Дугласа, для чего предварительно определяются среднегодовая стоимость основных производственных фондов, объем инвестиций, ввод в действие основных производственных фондов и численность занятых в отраслях. В блоке отражается влияние ставок налога на прибыль и налога на добавленную стоимость на динамику реального выпуска продукции отраслей.

Производственные возможности отраслей задаются их производственными функциями. За основу при прогнозировании динамики выпуска продукции взята модифицированная производственная функция Кобба–Дугласа, в которой учитывается влияние научно-технического прогресса на повышение эффективности использования основных факторов производства.

Динамику основных производственных фондов описывают разностные уравнения первого порядка:

$$K_i^t = V_i^t + (1 - \mu_i^t) K_i^{t-1}, \quad (1)$$

где  $K_i^t$  – стоимость основных производственных фондов  $i$ -й отрасли в году  $t$ ;

$K_i^{t-1}$  – стоимость основных производственных фондов  $i$ -й отрасли в году  $t-1$ ;

$V_i^t$  – ввод основных производственных фондов в  $i$ -ю отрасль в году  $t$ ;

$\mu_i^t$  – коэффициент выбытия основных производственных фондов  $i$ -й отрасли в году  $t$ .

Величина инвестиций в  $i$ -ю отрасль в году  $t$  определяется как сумма вложений в основные фонды, осуществляемых за счет амортизации и прибыли предприятий, а также инвестиций банковской системы, государственных и прочих инвестиций:

$$I_i^t = (\beta_a \cdot A_i^{t-1} + r_n \cdot \Pi_i^{t-1} + \Gamma_i^t + B_i^t) \cdot (1 + f_i), \quad (2)$$

где  $I_i^t$  – сумма инвестиций в  $i$ -ю отрасль в году  $t$ ;

$A_i^{t-1}$  – амортизация основных производственных фондов  $i$ -й отрасли в году  $t-1$ ;

$\Pi_i^{t-1}$  – величина прибыли  $i$ -й отрасли в году  $t-1$ ;

$\Gamma_i^t$  – государственные инвестиции в  $i$ -ю отрасль в году  $t$ ;

$B_i^t$  – величина инвестиций из банковской системы в  $i$ -ю отрасль в году  $t$ ;

$\beta_a$  – доля амортизации, используемой на инвестиции;

$r_n$  – доля прибыли, используемой на инвестиции;

$f_i$  – экзогенно задаваемый параметр, учитывающий поступление прочих инвестиций в  $i$ -ю отрасль (иностранных, населения).

Численность трудовых ресурсов  $i$ -й отрасли в году  $t$  определяется исходя из стоимости основных фондов и экзогенно определяемого темпа прироста фондовооруженности труда:

$$L_i^t = \frac{L_i^{t-1}}{1 + r_i^t} \cdot \frac{K_i^t}{K_i^{t-1}}, \quad (3)$$

где  $L_i^t, L_i^{t-1}$  – численность занятых в  $i$ -й отрасли соответственно в году  $t$  и  $t-1$ ;

$r_i^t$  – темп прироста фондовооруженности труда в  $i$ -й отрасли в году  $t$ .

Для проведения практических прогнозных расчетов с использованием производственной функции в работе оценены ее параметры ( $A, \alpha, \beta$  и  $\gamma$ ). Одним из возможных вариантов оценки параметров произ-

водственной функции на основе ретроспективных данных является метод наименьших квадратов. Однако эконометрическая оценка не позволила получить результаты, не противоречащие экономическому смыслу (имели место слишком большие положительные или отрицательные значения  $\alpha, \beta$  и  $\gamma$ ). В то же время статистические характеристики отдельных уравнений были вполне удовлетворительными. На наш взгляд, причинами этого являются: наличие небольших динамических рядов исходных данных; их нестационарность в течение исследуемого ретроспективного периода; значительные колебания эффективности использования факторов производства (резкое снижение эффективности использования трудовых ресурсов и основных фондов до 1996 г. и некоторое ее последующее повышение).

Поэтому нами использовался принципиально иной подход, основанный на определении параметров производственной функции, с опорой на математическое выражение их экономического смысла и использование интегрального метода анализа для определения влияния факторов на результирующий показатель.

Произведя ряд математических преобразований, получим следующие выражения для расчета эластичности выпуска продукции по затратам рассматриваемых нами факторов (численности занятых в отраслях и стоимости основных производственных фондов) [1]:

$$\alpha_t = \frac{\ln(1 + \frac{1}{2} \cdot (1 + IP_t) \cdot (IL_t - 1))}{\ln(IL_t)}, \quad (4)$$

$$t = 2, \dots, n,$$

$$\beta_t = \frac{\ln(1 + \frac{1}{2} \cdot (1 + I\Phi O_t) \cdot (IK_t - 1))}{\ln(IK_t)}, \quad (5)$$

$$t = 2, \dots, n,$$

где  $\alpha_t, \beta_t$  – коэффициенты эластичности выпуска продукции по затратам факторов производства (численности занятых в отраслях и стоимости основных производственных фондов);

$IP_t$  – цепной индекс производительности живого труда;

$IL_t$  – цепной индекс численности работников;

$I\Phi O_t$  – цепной индекс фондоотдачи производства;

$IK_t$  – цепной индекс среднегодовой стоимости основных производственных фондов.

Параметр автономного влияния технического прогресса определяется по формуле:

$$\gamma_t = \ln\left(1 + \frac{\frac{1}{2} \cdot (\Delta X(P_t) + \Delta X(\Phi O_t))}{X_{t-1}}\right), \quad (6)$$

$t=2, \dots, n,$

где  $\gamma_t$  – параметр автономного научно-технического прогресса;

$\Delta X(P_t)$  – изменение объема выпускаемой продукции вследствие изменения производительности труда;

$\Delta X(\Phi O_t)$  – изменение объема производства вследствие изменения фондоотдачи, которое определяется с использованием интегрального метода оценки влияния факторов на результирующий показатель;

$X_{t-1}$  – выпуск продукции в году  $t-1$ .

После определения потенциального выпуска продукции по каждой отрасли находится реальный выпуск продукции с учетом влияния на производителей уровня налогообложения. Потенциальный выпуск отрасли, рассчитанный на основе производственной функции, умножается на поправочный коэффициент, учитывающий возможное уменьшение выпуска продукции при увеличении налоговых ставок по налогу на добавленную стоимость и налогу на прибыль:

$$X_i^{rt} = k_{nn} \cdot X_i^t, \quad (7)$$

где  $X_i^t$  – реальный выпуск продукции  $i$ -й отрасли в году  $t$ ;

$k_{nn}$  – коэффициент налоговой нагрузки, который определяется по принципу «кривой Лаффера» по формуле (8):

$$k_{nn} = (1 - H_n^t / 100)^{k_n} \cdot (1 - H_{ндс}^t / 100)^{k_{ндс}} \quad (8)$$

где  $H_n^t$  – ставка налога на прибыль, %;

$H_{ндс}^t$  – ставка налога на добавленную стоимость;

$k_n$  – коэффициент эластичности выпуска продукции по ставке налога на прибыль;

$k_{ндс}$  – коэффициент эластичности выпуска продукции по ставке налога на добавленную стоимость.

Выпуск продукции (объем оказанных услуг) в целом в экономике определяется как сумма соответствующих показателей по всем отраслям, умноженная на коэффициент, учитывающий вклад непродуцирующей сферы экономики, которые определяются на основе анализа данных за ретроспективный период.

Блок межотраслевых связей отражает основные распределительные отношения между отраслями материального производства. Большинство зависимостей описывается соотношениями статической модели межотраслевого баланса:

$$X_i^{rt} = \sum_{j=1}^N a_{ij}^t \cdot X_j^{rt} + Y_i^t, \quad (9)$$

$$X_j^{rt} = X_j^{rn} \cdot \sum_{i=1}^N a_{ij}^t + DC_j^t, \quad (10)$$

где  $X_i^{rn}$  и  $X_j^{rn}$  – объемы производства продукции отраслей  $i$  и  $j$  в году  $t$ ;

$a_{ij}^t$  – коэффициенты прямых материальных затрат отрасли  $i$  на единицу продукции отрасли  $j$  в году  $t$ ;

$Y_i^t$  – конечная продукция отрасли  $i$  в году  $t$ ;

$DC_j^t$  – добавленная стоимость (условно чистая продукция), созданная в отрасли  $i$  в году  $t$ .

Конечная продукция отрасли делится на:

$$Y_i^t = C_i^t + \Pi_i^t + BH_i^t + BC_i^t, \quad (11)$$

где  $C_i^t$  – личное потребление населением продукции отрасли  $i$  в году  $t$ ;

$\Pi_i^t$  – закупки продукции отрасли  $i$  для государственных нужд;

$BH_i^t$  – валовое накопление продукции отрасли  $i$ ;

$BC_i^t$  – внешнеторговое сальдо по конечной продукции отрасли  $i$  (чистый экспорт).

Общие величины конечной продукции отраслей определяются по формуле:

$$Y^t = X^t - A^t \cdot X^t = X^t \cdot (E - A^t), \quad (12)$$

где  $Y^t$  – вектор конечной продукции отраслей материального производства;

$X^t$  – вектор выпуска продукции отраслей;

$A^t$  – матрица прямых затрат;

$E$  – единичная матрица размерности  $N \times N$ .

Элементы конечной продукции отраслей определяются по следующим формулам:

$$ГП_i^t = D_i^{zt} \cdot Y_i^t, \quad (13)$$

$$ВН_i^t = D_i^{ent} \cdot Y_i^t, \quad (14)$$

$$ВС_i^t = Y_i^t \cdot (1 - D_i^{zt} - D_i^{ent}) - C_i^t, \quad (15)$$

где  $D_i^{zt}$  – доля конечной продукции отрасли  $i$  в году  $t$ , расходуемой на государственные нужды;

$D_i^{ent}$  – доля валового накопления в конечной продукции отрасли  $i$ .

Общая величина добавленной стоимости определяется из основного уравнения межотраслевого баланса:

$$DC_j^t = X_j^{rt} - X_j^{rt} \cdot \sum_{i=1}^N a_{ij}^t. \quad (16)$$

Величина прибыли отрасли  $j$  в году  $t$  определяется по следующей формуле:

$$P_j^t = X_j^{rt} - X_j^{rt} \cdot \sum_{i=1}^N a_{ij}^t - A_j^t - 3П_j^t - Н_j^t - O_j^t + СД_j^t, \quad (17)$$

где  $P_j^t$  – прибыль отрасли  $j$  в году  $t$ ;

$A_j^t$  – сумма амортизационных отчислений от стоимости основных фондов, рассчитываемая в «Блоке производства»;

$3П_j^t$  – заработная плата производственного персонала, определяемая в «Блоке доходов и расходов населения»;

$Н_j^t$  – сумма косвенных налогов на производство;

$O_j^t$  – сумма отчислений в бюджет и внебюджетные фонды от фонда заработной платы;

$СД_j^t$  – сумма субсидий из государственного бюджета, определяемая в «Блоке доходов и расходов госбюджета».

Поскольку прибыль в целом в экономике ( $P_j^t$ ) можно представить как сумму прибыли в производственной и непроиз-

водственной сферах, то общую сумму прибыли в экономике определяем по формуле (18):

$$P_{\Sigma}^t = \sum_{i=1}^N P_i^t \cdot (1 + \gamma_n), \quad (18)$$

где  $\gamma_n$  – соотношение прибыли отраслей непроизводственной сферы и прибыли, получаемой в сфере материального производства, определяемое на основе ретроспективных данных.

В данном блоке модели определяются также добавленная стоимость, величина материальных затрат, национальный доход, валовой внутренний продукт, рентабельность продукции по отраслям.

**Блок экспорта и импорта продукции.** Данный блок является производным от показателей предыдущего блока. В нем рассчитываются экспорт и импорт продукции отраслей, а также определяется внешнеторговое сальдо по каждой из рассматриваемых отраслей. Все показатели рассчитываются в национальной валюте и долларах США.

**Блок денежных доходов и расходов населения** позволяет отслеживать последствия регулирующего воздействия государства и эффективности функционирования производства на динамику показателей, которые характеризуют благосостояние населения страны. Совокупность переменных данного блока модели включает показатели, которые описывают динамику денежных доходов, расходов и сбережений населения. В составе денежных доходов в модели определяются: оплата труда, социальные трансферты (пенсии, пособия и стипендии), прочие поступления. В рамках денежных расходов выделяются показатели покупки товаров и оплаты услуг, обязательные платежи и добровольные взносы, а также прочие платежи. В составе сбережений моделируются вклады в банках и денежные средства «на руках» у населения.

Денежные доходы населения состоят из оплаты труда, социальных трансфертов, а также прочих поступлений (поступлений из финансовой системы, доходов от собственности, предпринимательской деятельности и др.).

Суммарные доходы населения в виде заработной платы определяются исходя из величин фонда оплаты труда в каждой из рассматриваемых отраслей производственной сферы, а также непроизводственной сферы.

Величина годового фонда заработной платы в отрасли  $i$  ( $ЗП_i^t$ ) определяется исходя из среднемесячной заработной платы и численности занятых в отрасли:

$$ЗП_i^t = \omega_i^t \cdot L_i^t \cdot 12, \quad (19)$$

где  $\omega_i^t$  – среднемесячная заработная плата в отрасли.

Среднемесячная заработная плата в отрасли определяется по формуле:

$$\omega_i^t = m^t \cdot kp_i^t, \quad (20)$$

где  $m^t$  – ставка заработной платы первого разряда;

$kp_i^t$  – коэффициент, учитывающий превышение среднемесячной зарплаты одного занятого в отрасли над ставкой заработной платы первого разряда, который определяется как линейная функция от времени ( $kp_i^t = f_j(t)$ ) на основе анализа ряда данных за ретроспективный период.

Социальные трансферты населению определяются как сумма выплат из бюджета и внебюджетных фондов:

$$СТ^t = D_{cm}^t \cdot РБ^t + \sigma_{cm}^t \cdot ВФ^t, \quad (21)$$

где  $D_{cm}^t$  – доля социальных трансфертов населению в общей величине расходов государственного бюджета;

$\sigma_{cm}^t$  – доля социальных выплат населению из внебюджетных фондов;

$РБ^t$  – расходы бюджета;

$ВФ^t$  – сумма средств, накопленных во внебюджетных фондах.

Прочие доходы населения определяют как доля от доходов населения в виде заработной платы и социальных трансфертов.

Общая величина расходов населения представляет собой сумму расходов на покупку товаров и оплату услуг, а также обязательные платежи и добровольные взносы.

Расходы населения на покупку товаров и оплату услуг определяются на основе величины средней склонности к потреблению:

$$P_{my}^t = СП^t \cdot (D_n^t - B^t), \quad (22)$$

где  $P_{my}^t$  – расходы населения на покупку товаров и оплату услуг;

$СП^t$  – средняя склонность к потреблению в году  $t$ ;

$B^t$  – сумма обязательных платежей и добровольных взносов.

Средняя склонность к потреблению в году  $t$  рассчитывается исходя из средней склонности к потреблению в году  $(t-1)$  с учетом изменения доходов населения:

$$СП^t = СП^{t-1} \cdot (Dp_n^{t-1} / Dp_n^t)^\lambda, \quad (23)$$

где  $\lambda$  – коэффициент эластичности средней склонности к потреблению по отношению к величине реальных доходов населения, определяемый на основе анализа ретроспективных данных;

$Dp_n^{t-1}$  и  $Dp_n^t$  – реальные доходы населения в году  $(t-1)$  и  $t$  соответственно.

Расходы на покупку товаров и оплату услуг  $i$ -й отрасли ( $C_i^t$ ) определяются по формуле:

$$C_i^t = P_{my}^t \cdot d_{zi}, \quad (24)$$

где  $d_{zi}$  – доля затрат на покупку продукции  $i$ -й отрасли в общих затратах населения на покупку товаров и оплату услуг, определяемая как средняя за ретроспективный период величина.

Обязательные платежи и добровольные взносы определяются как произведение средней ставки подоходного налога на сумму доходов населения с учетом того, что не вся сумма платежей, причитающихся к выплате, уплачивается в текущем году.

Накопление средств населения во вкладах, ценных бумагах, а также прирост сбережений на руках представляет собой балансирующий элемент между доходами и расходами и определяется по формуле (25):

$$H^t = H^{t-1} + ЗП^t + СТ^t + ПП^t - P_{my}^t - B^t, \quad (25)$$

где  $H^{t-1}$  и  $H^t$  – денежные накопления населения в году  $(t-1)$  и  $t$  соответственно.

Вклады населения в учреждениях банка ( $ВБ^t$ ) определяются по формуле, аналогичной выражению для определения расходов на покупку товаров и услуг:

$$BB^t = D_n^t \cdot \frac{BB^{t-1}}{D_n^{t-1}} (1 - kb), \quad (26)$$

где  $BB^{t-1}$  и  $BB^t$  – вклады средств в банки в году  $(t-1)$  и  $t$  соответственно;

$kb$  – коэффициент эластичности, определяемый на основе ретроспективных данных.

Прирост вкладов населения в банках:

$$\Delta BB^t = BB^t - BB^{t-1}, \quad (27)$$

где  $\Delta BB^t$  – прирост вкладов населения в учреждениях банков в году  $t$ .

Прирост сбережений «на руках» у населения:

$$\Delta DP^t = H^t - H^{t-1} - \Delta BB^t, \quad (28)$$

где  $\Delta DP^t$  – прирост сбережений «на руках» у населения в году  $t$ .

Кроме того, в «Блоке доходов и расходов населения» прогнозируется общая численность населения республики, что позволяет определить доходы и расходы на покупку товаров и оплату услуг в расчете на душу населения.

**Блок доходов и расходов госбюджета** при проведении расчетов в комплексе с другими блоками позволяет учитывать регулирующие функции государственной налогово-бюджетной политики, которые влияют на большинство показателей, характеризующих развитие промышленного комплекса и сферы материального производства.

Поступления в бюджет и внебюджетные фонды рассчитываются путем умножения величины соответствующих налогооблагаемых баз на экзогенно задаваемые налоговые ставки с учетом фактического изъятия в течение прогнозного периода. В составе доходных статей государственного бюджета определяются основные виды налоговых поступлений (налог на добавленную стоимость, налог на прибыль предприятий и организаций, налоги с населения и др.), а также прочие доходы.

В данном блоке модели также учитываются возможные поступления средств в бюджет от продажи имущества, находящегося в государственной собственности, в

результате разгосударствления и приватизации.

Величина расходов государственного бюджета определяется на основе общей суммы доходов бюджета и экзогенно задаваемой величины дефицита бюджета в процентах к валовому внутреннему продукту.

Структура расходов бюджета определяется экзогенно. Расходы, связанные с финансированием развития сферы материального производства экономики, состоят из трех элементов (по каждой отрасли производственной сферы и промышленности): субсидии ( $CD_i^t$ ) инвестиции ( $I_i^t$ ) и закупки продукции для государственных нужд ( $ГП_i^t$ ).

**Блок цен и инфляции.** В данном блоке на основе экзогенно задаваемого индекса цен на продукцию электроэнергетики и топливной промышленности, а также результатов расчетов по другим блокам модели определяются индексы цен производителей на продукцию всех рассматриваемых отраслей, сводный индекс оптовых цен по промышленности и производственной сфере экономики в целом, индекс-дефлятор ВВП, сводный индекс цен конечного потребления, а также производные показатели, характеризующие уровень инфляции в экономике: темп инфляции и индекс инфляции.

Для прогнозирования индексов цен по отраслям используются соотношения статической модели межотраслевого баланса:

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} \cdot p_i + d \cdot \sum_{k=1}^K v_{kj} \cdot p_j = X_j \cdot p_j, \quad (29)$$

где  $p_i, p_j$  – индексы цен на продукцию отраслей  $i$  и  $j$  соответственно;

$d$  – эластичность добавленной стоимости от цен;

$k$  – количество элементов добавленной стоимости;

$v_{kj}$  –  $k$ -й элемент добавленной стоимости в отрасли  $j$ .

При известном индексе цен в одной из отраслей, составляя систему из  $(N-1)$  уравнений, определяем индексы цен во всех остальных отраслях.

Индекс-дефлятор валового внутреннего продукта определяется по формуле (30):

$$ИД^t = \frac{\sum_{i=1}^N p_i^t \cdot ВВП_i^t}{\sum_{i=1}^N ВВП_i^t}, \quad (30)$$

где  $ИД^t$  – индекс-дефлятор валового внутреннего продукта.

На основе индекса-дефлятора ВВП рассчитываются также показатели инфляции: темп инфляции и индекс инфляции:

$$T_u^t = \frac{ИД^t - ИД^{t-1}}{ИД^t}, \quad (31)$$

$$I_u^t = \frac{ИД^t \cdot (D_n^t / D_n^{t-1})}{(P_{my}^t / P_{my}^{t-1})}, \quad (32)$$

где  $T_u^t$  – темп инфляции;  
 $I_u^t$  – индекс инфляции;  
 $D_n^t$  и  $D_n^{t-1}$  – доходы населения в году  $t$  и  $(t-1)$  соответственно;  
 $P_{my}^t$  и  $P_{my}^{t-1}$  – расходы населения на покупку товаров и оплату услуг в году  $t$  и  $(t-1)$  соответственно.

**Блок оценки сбалансированности развития экономики** позволяет на основе полученных в других блоках модели прогнозных значений ряда показателей осуществлять комплексный количественный анализ уровня сбалансированности развития экономики Республики Беларусь в прогнозном периоде при заданных значениях экзогенных переменных и управляющих параметров. В основе этого блока лежит метод сопоставления фактической динамики с нормативной (или «идеальной») динамикой. Данный подход позволяет проводить количественную оценку эффективности функционирования экономики и определять так называемые узкие места, т. е. те макроэкономические показатели, динамика которых в наибольшей мере не соответствует характеру протекания процессов в «идеальной» экономической системе, развитие которой происходит с наивысшей степенью сбалансированности.

При построении критериальной базы для количественной оценки сбалансированности развития экономики нами используются следующие показатели: инвестиции

(И), балансовая прибыль (П), амортизационные отчисления (А), доходы населения в виде заработной платы (ОТ), валовой внутренний продукт (ВВП), общественные издержки (ОИ), затраты материальных ресурсов (МЗ), дефицит бюджета (ДБ), численность занятых (Ч).

На основе содержательного обоснования получен вариант сбалансированного развития экономики (динамический норматив), который может быть представлен следующим образом [2]:

$$n(П) > n(ВВП) > n(ОИ) > n(МЗ), \quad (33)$$

$$n(П) > n(А) > n(ОТ) > n(ОИ) > n(МЗ) > n(ДБ), \quad (34)$$

$$n(ВВП) > n(Ч) > n(ДБ). \quad (35)$$

В представленной системе неравенств направление каждого знака «>» соответствует неравенству «больше» для темпов роста ( $n$ ) соответствующих показателей.

Максимально сбалансированное развитие экономики страны за отдельные смежные периоды характеризуется приведенными выше показателями, имеющими соответствующие уровни темпов роста.

Для количественной оценки степени соответствия фактического порядка нормативному используется мера сходства между матрицей динамического норматива и матрицей фактических порядков, которая вычисляется по формуле:

$$S = (1 - \frac{d}{2 \cdot K}) \cdot 100, \quad (36)$$

где  $S$  – мера сходства;

$d$  – расстояние между матрицами фактического порядка и динамического норматива;

$K$  – количество ненулевых клеток в матрице динамического норматива, не учитывая клеток главной диагонали.

Расчет данного показателя дает возможность численно сопоставить фактический и нормативный порядки. Если они не совпадают, то необходимо выяснить, какие факторы оказали наибольшее влияние на это несовпадение. То есть необходимо произвести диагностику возникшей проблемной ситуации, определить отклонение рангов фактических порядков и динамическо-

го норматива по всем показателям и построить *корректирующий динамический норматив*, реализация которого позволяет приблизиться к эталонному упорядочению.

Из результатов расчетов с использованием разработанной модели следует непосредственная информация для принятия решений, т. е. у исследователя имеется возможность на основе полученных количественных характеристик оценивать последствия тех или иных управленческих решений, а также при помощи корректирующих динамических нормативов определять наиболее приоритетные сферы государственного регулирования экономики и изменять значения управляющих параметров модели таким образом, чтобы данные воздействия приводили к повышению сбалансированности развития в прогнозном периоде.

Структура созданной имитационной системы предполагает активное вмешательство лица, принимающего решения (ЛПР), в процесс проведения расчетов. При этом роль, отводимая эксперту, состоит в разработке системы мероприятий макроэкономической политики, что должно выражаться в определении значений управляющих параметров и экзогенных переменных и отслеживании достигаемых результатов развития промышленного комплекса, к которым приводят воздействия в рамках данной экономической политики.

При проведении прогнозных и аналитических расчетов с использованием разработанной системы применяются четыре группы входных данных.

1. Статистическая информация за период с 1992 г., составляющая базу данных.

2. Экспертно или на основе проведения аналитических расчетов заданные значения следующих показателей: темп прироста фондовооруженности труда; доля выбывающих основных фондов; доли освоения инвестиций по годам прогнозируемого периода; доля накопления от прибыли; соотношение заработных плат занятых в производственной и непроизводственной сферах экономики.

3. Внешние по отношению к модели и прогнозируемые экзогенно показатели: индекс цен на продукцию электроэнергетики и топливной промышленности; курс доллара США; дефицит государственного бюджета.

4. Непосредственно управляющие параметры: государственные кредиты предприятиям; доля государственного потребления в конечной продукции; норма амортизации; ставка заработной платы первого разряда; ставка налога на прибыль; ставка налога на добавленную стоимость; ставка подоходного налога; норматив отчислений во внебюджетные фонды; доли расходов бюджета на различные направления в общей сумме расходов и др.

Наша система позволяет проводить многовариантные расчеты в зависимости от изменяемых значений параметров второй, третьей и четвертой групп. Задавая различную динамику по этим параметрам, можно получать разные варианты прогнозов и на их основе разрабатывать рекомендации по макроэкономическому регулированию экономики республики.

Адекватность инструментария определяется точностью модели, т. е. способностью правильно отражать реальные процессы. Оценка точности модели проведена на основе прогнозирования с ее помощью на ретроспективный период и сопоставления полученных результатов с фактическими данными по рассчитанным показателям. Проведенные расчеты, в частности на основе построенных производственных функций, показали, что для различных отраслей среднее линейное отклонение колеблется от 0,09 до 1,4%. Также сделаны ретроспективные расчеты на 2003 г., результаты которых сопоставлены с отчетными данными. В данном случае среднее линейное отклонение по показателю выпуска продукции в различных отраслях не превышает 7%. Это подтверждает высокую адекватность модели.

На основе созданной модели проведены многовариантные прогнозные расчеты, характеризующие развитие промышленного комплекса Республики Беларусь при различных значениях управляющих и экзогенных параметров. Разработаны следующие сценарии развития составляющих экономической системы республики на 2004 г.:

- инерционный вариант (значения управляющих параметров соответствуют существующим в настоящее время);

• пессимистический вариант, в рамках которого не наблюдается повышения сбалансированности развития (изменение значений управляющих параметров не вызывает улучшения ситуации в экономике);

• варианты активно управляемого, или ускоренного роста, когда наблюдается повышение эффективности функционирования экономики (изменение значений управляющих параметров приводит к повышению уровня сбалансированности развития экономики).

Динамика рассчитанных показателей приведена в таблице. Графики динамики валового выпуска в сфере материального производства экономики и динамики инвестиций в сопоставимых ценах, соответствующие четырем прогнозным вариантам развития экономики республики, приведены на рис. 1 и рис. 2.

Проведенные расчеты показывают, что осуществление эффективной экономической политики государства, направленной на

снижение налоговой нагрузки, стимулирование наращивания инвестиций в реальный сектор экономики, способствующее обновлению основных фондов и выпуску конкурентоспособной продукции, позволяет достигнуть не только стабилизации экономического роста в стране, но и обеспечить сбалансированное развитие экономики. Достижение условий, способствующих сбалансированному развитию экономической системы, в свою очередь, является необходимой предпосылкой и основным фактором дальнейшего экономического роста в республике.

\* \* \*

Для осуществления среднесрочного прогнозирования развития экономики и отдельных ее секторов наиболее эффективными инструментами являются комплексные математические модели или системы моделей, позволяющие в имитационном

**Прогноз динамики показателей на 2004 г.**

Показатель	Варианты развития экономики		
	Инерционный	Пессимистический	Активно управляемого роста
Темп роста выпуска продукции в производственной сфере экономики, %	102,3	102,1	104,9
Темп роста ВВП, %	101,3	101,0	105,6
Темп роста инвестиций, %	98,2	98,1	114,5
Темп роста конечной продукции отраслей, %	101,3	101,1	103,7
Темп роста прибыли по промышленности, %	101,2	100,6	104,9
Темп роста национального дохода, %	100,2	99,5	104,7
Рентабельность продукции, %	9,71	9,54	13,67
Темп роста экспорта продукции, %	101,2	101,1	105,4
Темп роста импорта продукции, %	103,6	103,1	103,7
Темп роста реальной заработной платы в промышленности, %	101,3	99,7	103,2
Темп роста реальной заработной платы в экономике, %	101,1	98,2	102,0
Темп роста реальных доходов населения, %	101,1	98,7	102,1
Темп роста расходов населения, %	102,2	99,1	101,9
Темп роста накоплений и сбережений населения, %	99,3	98,5	101,8
Дефицит государственного бюджета, % к ВВП	2	2,5	1,5
Темп инфляции	-0,03	-0,02	-0,13

режиме определять влияние различных вариантов экономической политики государства на основные показатели, характеризующие состояние экономики в прогнозном периоде.

На основе представленной в статье экономико-математической модели проведен анализ взаимозависимости и взаимовлияния основных показателей, характеризующих состояние промышленного комплекса Республики Беларусь, оценены ме-

жотраслевые взаимодействия в экономике, выполнены расчеты и анализ альтернативных вариантов развития промышленного комплекса и других секторов экономики Беларуси в среднесрочной перспективе.

Анализ решений математической модели на основе предложенной системы критериев позволил количественно оценить сбалансированность развития экономической системы в прогнозном периоде, разработать механизмы ее повышения.

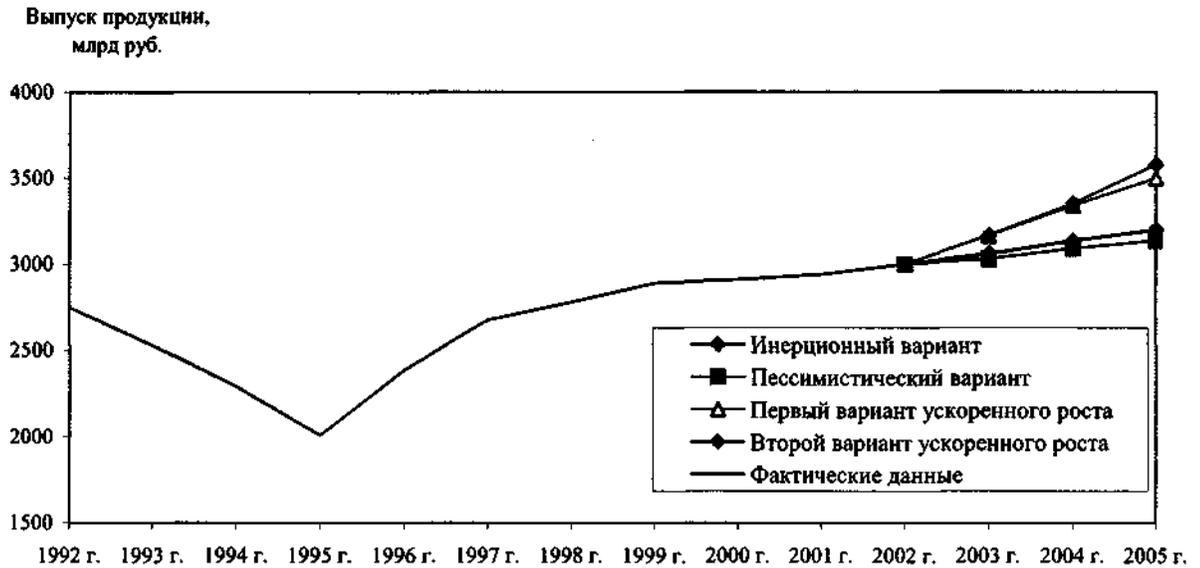


Рис. 1. Динамика валового выпуска в производственной сфере экономики в ценах 1992 г.

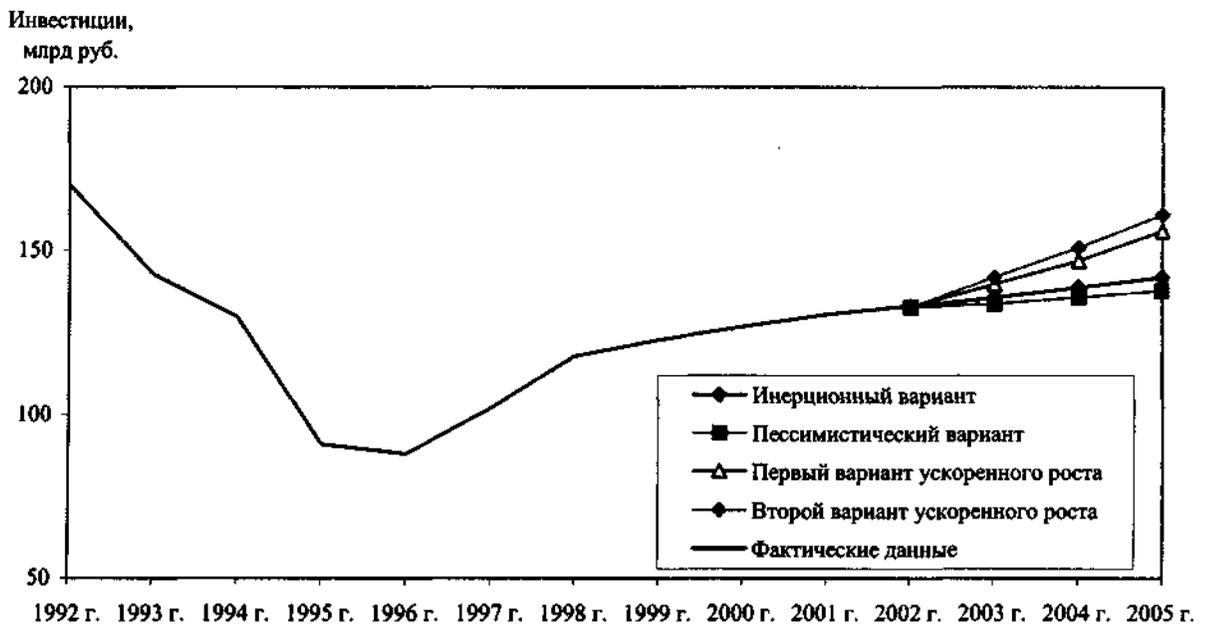


Рис. 2. Динамика инвестиций в экономику в ценах 1992 г.

Приведенные варианты ускоренного роста могут быть обеспечены реализацией следующих изменений экономической политики, результаты воздействия которых рассчитаны на основе модели.

1. Снижение налоговой нагрузки на производителей и потребителей:

- уменьшение ставки налога на прибыль на 2 пункта (с 24 до 22%);

- уменьшение ставки налога на добавленную стоимость на 2 процентных пункта (данные изменения не только стимулируют спрос населения, но и повышают конкурентоспособность отечественных производителей);

- уменьшение норматива отчислений во внебюджетные фонды от фонда заработной платы до 35% (обеспечивается снижение издержек производства, возможность повышения реальной заработной платы населения).

2. Стимулирование ускоренного возобновления основных производственных фондов посредством увеличения средней нормы амортизации на 3-4 пункта. Проведенный с использованием модели анализ показывает, что на современном этапе развития отечественной экономики для обеспечения простого воспроизводства амортизация основных фондов должна происходить примерно в 1,5 раза быстрее, чем их износ. Ускоренная амортизация основных производственных фондов в первую очередь должна производиться в отраслях с наиболее низким уровнем рентабельности основной продукции (топливная промышленность, машиностроение и металлообработка, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, промышленность строительных материалов, а также строительство, сельское и лесное хозяйство). При проведении расчетов предусматривается применение дифференцированных норм амортизации для разных отраслей экономики.

Для обеспечения ускоренного обновления основных производственных фондов необходимо предусмотреть установление пониженного банковского процента по кредитам, выдаваемым на обновление основных фондов (особенно в ведущих отраслях экономики республики), а также орга-

низацию государственного контроля за использованием амортизационных фондов предприятий по их прямому назначению.

3. В настоящее время основным источником инвестиций в отечественную экономику являются средства предприятий. Поэтому рост инвестиций в реальный сектор экономики наряду с увеличением норм амортизации может быть обеспечен за счет увеличения доли прибыли предприятий, используемой на накопление, что предусматривается при проведении экспериментальных расчетов по модели. Увеличение доли прибыли, используемой на накопление, может быть обеспечено как методами прямого, так и косвенного регулирования деятельности субъектов хозяйствования: установление нормативов, обеспечение налоговых льгот, государственная финансовая поддержка.

4. Сокращение сроков освоения инвестиций посредством законодательного регулирования инвестиционной деятельности, обеспечения приоритета обновления основного капитала над его расширением.

5. Увеличение прямых государственных инвестиций в отрасли, выпускающие экспортную продукцию (химическая промышленность, промышленность строительных материалов, сельское хозяйство); отрасли, характеризующиеся потенциалом дальнейшего высокотехнологичного развития (машиностроение, связь). Стимулирование развития данных отраслей посредством расширения государственных закупок их продукции.

Вариантные расчеты показали, что модель успешно решает проблему прогнозирования развития промышленного комплекса и определения условий достижения и поддержания высокой сбалансированности развития экономики Республики Беларусь в среднесрочной перспективе при различных вариантах экономической политики и экономической конъюнктуры. Прогнозно-аналитическая система является эффективным инструментом, который может быть использован органами государственного управления и научными учреждениями Республики Беларусь для разработки комплексных прогнозов развития промышленного комплекса страны с учетом его внутренних

и внешних связей, определения направленного воздействия на экономику, обеспечивающих повышение сбалансированности ее развития. Модель снабжена системой математического и программного обеспечения, что позволяет автоматизировать процесс проведения расчетов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Жичкин А.М., Хвоинский В.П.* Методика системного анализа и прогнозирования экономических показателей развития производства на хозяйственном предприятии (объединении). М.: Центральный НИИ «Электроника», 1989.

2. *Асанович В.Я., Касперович С.А.* Анализ экономических процессов в Республике Беларусь при помощи динамического моделирования // Бух. учет и анализ. 1999. № 1.

3. *Касперович С.А., Асанович В.Я.* Анализ межотраслевых связей в производственной сфере экономики Республики Беларусь // Актуаль-

ная статистика 2002: Сб. науч. тр. / Под ред. В.Н. Тамашевича, Л.П. Шахотько, Н.Ч. Бокун. Мн.: Информстат, 2002.

4. *Комков В.Н.* Прогнозирование и программирование развития экономики Республики Беларусь на основе экономико-математических моделей.: Автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра экон. наук: 08.00.05, 08.00.13. Мн., 2000.

5. *Комков В.Н.* Финансовое программирование в переходной экономике. Мн.: БГУ, 1999.

6. *Миксюк С.Ф.* Моделирование экономики переходного периода: прикладной аспект. На примере Республики Беларусь. Мн.: БГЭУ, 2001.

7. *Миксюк С.Ф.* Применение макромоделей в исследовании и прогнозировании экономики // Белорусский экономический журнал. 1998. № 2.

8. *Харин Ю.С., Малюгин В.И.* Статистический анализ и прогнозирование макроэкономических процессов с использованием ППП СЭМП // Актуальная статистика 2000: Сб. науч. тр. / Под ред. В.Н. Тамашевича, Л.П. Шахотько, Н.Ч. Бокун. Мн.: Информстат, 2000. Т. 2.