

УДК 330.3 + 332.012  
JEL C67, D57

**А. О. Баранов<sup>1,2</sup>, Л. В. Мельникова<sup>1,2</sup>, В. Н. Павлов<sup>3</sup>, В. И. Суслов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Новосибирский государственный университет  
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>2</sup> Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН  
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет  
ул. Новороссийская, 50, Санкт-Петербург, 194021, Россия

baranov@ieie.nsc.ru, melnikova@ieie.nsc.ru, victor\_n\_pavlov@mail.ru, suslov@ieie.nsc.ru

### **О МЕТОДАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ФОНДОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ МОДЕЛЯХ**

Проводится сравнительное исследование методов моделирования воспроизводства основных фондов в различных типах динамических межотраслевых моделей, построенных в Новосибирском государственном университете и в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН. Подробно рассматривается математическое описание блока воспроизводства основных фондов динамической межотраслевой модели (ДММ), включенной в систему КАМИН, и оптимизационной межотраслевой межрегиональной модели (ОМММ). Анализируются особенности информационного обеспечения инвестиционного и фондового блоков ДММ, включенной в систему КАМИН, и ОМММ. Приводятся предложения по совместному использованию анализируемых моделей для прогнозирования развития экономики России. Предлагается применение ДММ системы КАМИН для краткосрочного и среднесрочного прогнозирования и ОМММ для разработки долгосрочных прогнозов с учетом пространственной структуры экономики.

*Ключевые слова:* воспроизводство основных фондов, инвестиции, динамические межотраслевые модели.

Динамика основного капитала (основных фондов) и инвестиций в основной капитал – один из ключевых факторов, предопределяющих темпы роста производства при построении прогнозов на макро- и межотраслевом уровнях. Методы моделирования воспроизводства основного капитала и методика подготовки исходных данных для инвестиционно-фондового блока динамической межотраслевой модели (ДММ) могут оказать существенное влияние на качество разрабатываемых прогнозов. Именно поэтому в статье пристальное внимание уделяется инвестиционно-фондовым блокам базовых версий ДММ, используемых в прогнозах, разрабатываемых НГУ и ИЭОПП СО РАН.

Цели исследования: 1) провести сравнительный анализ способов моделирования воспроизводства основных фондов в различных типах ДММ, разработанных в НГУ и в ИЭОПП СО РАН; 2) сопоставить методы информационного обеспечения инвестиционных блоков различных типов ДММ.

*Баранов А. О., Мельникова Л. В., Павлов В. Н., Суслов В. И. О методах моделирования воспроизводства основных фондов в динамических межотраслевых моделях // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. 2014. Т. 14, вып. 4. С. 5–14.*

Обращаясь к истории разработки ДММ, отметим, что в предложенной В. Леонтьевым ДММ [1] основные фонды в явном виде не моделировались. Модель имеет вид

$$X(t) = AX(t) + B \frac{dX(t)}{dt} + C(t),$$

где  $X(t) = [x_j(t)]$  – вектор-столбец объемов производства;

$\frac{dX(t)}{dt}$  – вектор-столбец абсолютных приростов производства;

$C(t)$  – вектор-столбец потребления;

$A = (a_{ij})$  – матрица коэффициентов прямых материальных затрат;

$B = (b_{ij})$  – матрица коэффициентов капиталоемкости приростов производства (затраты производственного накопления на единицу прироста соответствующих видов продукции).

Как видно из описания модели, в ней определяется объем инвестиций в экономике на основе динамики прироста объемов производства и коэффициентов его капиталоемкости, которые задавались экзогенно.

Во многих современных ДММ моделирование воспроизводства основного капитала осуществляется в явном виде во взаимоувязке с динамикой инвестиций. В качестве примера рассмотрим ДММ, развиваемые исследовательской группой ИНФОРУМ (Мэрилендский университет, США) под руководством К. Алмона. В моделях ИНФОРУМ осуществляется прогнозирование воспроизводства основного капитала в явном виде<sup>1</sup>. Особенностью ДММ группы ИНФОРУМ является то, что во многих странах, в том числе в США, нет официальной статистики основных фондов и оценка их величины для базового года периода прогнозирования осуществляется с использованием метода непрерывной инвентаризации на основе данных об инвестициях в основной капитал и предположений о средних сроках службы основного капитала и закономерностях его выбытия. В годы прогнозного периода пересчет основного капитала по отраслям проводится на основе данных о прогнозных инвестициях и прогнозном объеме выбытия основных средств.

#### **Блок моделирования основных фондов в динамической межотраслевой модели, включенной в систему КАМИН**

Воспроизводство основных фондов в модели динамического межотраслевого баланса с лагами в системе КАМИН<sup>2</sup> описывается как процесс обмена использованного продукта фондосоздающих отраслей периода  $\tau$  на ввод в действие основных фондов периода  $\tau$ , который опосредуется изменением объема незавершенного строительства<sup>3</sup>. Необходимо отметить, что часть параметров модели ДММ-КАМИН может быть описана с использованием аппарата нечетких множеств.

Применение лаговых показателей позволяет увязать процесс производства продукции фондосоздающими отраслями машиностроения и строительства, а также экспорта и импорта продукции этих отраслей в каждом периоде с предшествующими и последующими периодами. Часть произведенного и импортированного продукта фондо-

<sup>1</sup> Meade. Investment in a Macroeconomic Interindustry Model. URL: [http://www.inforum.umd.edu/papers/publishedwork/dissertations/meade\\_1990.pdf](http://www.inforum.umd.edu/papers/publishedwork/dissertations/meade_1990.pdf). В статье рассматриваются ДММ группы ИНФОРУМ, поскольку программное обеспечение этой группы и методы анализа и прогнозирования экономики на макро- и межотраслевом уровнях получили в мире широкое распространение и используются более чем в 30 странах (см. материалы Всемирных конференций ИНФОРУМ, например, [2]). Подробный анализ методов моделирования основного капитала в различных ДММ, по нашему мнению, должен стать предметом специальной публикации и выходит за рамки целей данного исследования.

<sup>2</sup> Система КАМИН (Комплексного анализа межотраслевой информации) разработана в ИЭОПП СО РАН и в НГУ [3].

<sup>3</sup> Полное описание входящей в систему КАМИН ДММ (ДММ-КАМИН) с отображением строительного лага дано в литературе. См., например, работу [3. С. 71–74].

создающих отраслей экономической системы каждого периода обеспечивает продолжение строительства объектов, начатое ранее, часть обеспечивает начало нового строительства и часть экспортируется. Это обуславливает связанность инвестиций и, следовательно, зависимость их объема, отраслевой и технологической структуры от инвестиций предшествующих периодов и от объемов импорта продукции фондосоздающих отраслей. Ввод в действие основных фондов в каждый период времени формируется по материально-вещественному составу за счет использованного продукта машиностроения и строительства ряда предыдущих и данного периода времени. В состав незавершенного строительства  $j$ -й отрасли ( $1 \leq j \leq n$ ) в период  $\tau$  поступает продукция  $i$ -й фондосоздающей отрасли в объеме  $u_{ij}^*(\tau)$  и распределяется по слоям незавершенного строительства. Инвестиции определяются по формуле

$$u_{ij}^*(\tau) = \sum_{\mu \geq 0} u_{ij}(\tau, \tau + \mu), \quad (1)$$

где  $u_{ij}(\tau, \tau + \mu)$  – инвестиции  $i$ -го вида в  $j$ -й отрасли в году  $\tau$  в объекты, вводимые в действие в период времени  $\tau + \mu$ .

Ввод в действие основных фондов  $B_{ij}(\tau)$  периода  $\tau$  в  $j$ -й отрасли формируется из использованного продукта  $i$ -й фондосоздающей отрасли по формуле

$$B_{ij}(\tau) = \sum_{\mu \geq 0} u_{ij}(\tau - \mu, \tau). \quad (2)$$

Объем инвестиций  $u_{ij}(\tau, \tau + \mu)$  в слой незавершенного строительства, вводимый в периоде  $\tau + \mu$ , вычисляется через ввод в действие основных фондов этого периода по формуле

$$u_{ij}(\tau, \tau + \mu) = \eta_{ij}(\tau, \mu) \cdot \sum_{i=1}^k B_{ij}(\tau + \mu). \quad (3)$$

Коэффициенты  $\eta_{ij}(\tau, \mu)$  являются интегральной характеристикой ввода в действие основных фондов, зависящей от технологии и интенсивности строительства объектов в отрасли  $j$ . При этом технология строительства состоит из конечного числа стадий. Тогда инвестиции определяются по формуле

$$u_{ij}(\tau, \tau + \mu) = \sum_v \left( \xi_j(\tau, \tau + \mu, v) \cdot \varphi_{ij}(\tau + \mu, v) \cdot \sum_{i=1}^k B_{ij}(\tau + \mu) \right), \quad (4)$$

где  $\varphi_{ij}(\tau + \mu, v)$  – доля ввода в действие основных фондов  $i$ -го вида в  $j$ -й отрасли в период  $\tau + \mu$ , которая формируется в  $v$ -й стадии строительства;  $\xi_j(\tau, \tau + \mu, v)$  – часть  $v$ -й стадии, выполненная в  $\tau$ -м периоде (за  $\mu$  периодов до ввода данного слоя). В зависимости от ожидаемых инвестиций в основной капитал несколько последовательных стадий могут быть выполнены в течение одного периода или одна стадия может продолжаться несколько периодов. Формулы (3), (4) – базовые для определения объемов инвестиций в основной капитал по отраслям экономической системы через ожидаемые вводы в действие основных фондов. Дополнительные управляющие параметры  $\xi_j(\tau, \tau + \mu, v)$  в формуле (4) дают возможность прогнозировать согласованные ввод в действие основных фондов и инвестиции в основной капитал в условиях изменяющихся во времени сроков строительства. Для этого в нормативах  $\xi_j(\tau, \tau + \mu, v)$  учитывается ускорение или замедление интенсивности капитального строительства.

Рекуррентные соотношения по пересчету незавершенного строительства описываются формулой

$$N_{ij}(\tau) = N_{ij}(\tau - 1) - \sum_{\mu=1}^{\mathfrak{S}_{ij}-1} u_{ij}(\tau - \mu, \tau) + \sum_{\mu=1}^{\mathfrak{S}_{ij}-1} u_{ij}(\tau, \tau + \mu), \quad (5)$$

где  $N_{ij}(\tau)$  – незавершенное строительство основных фондов  $i$ -го вида в  $j$ -й отрасли на конец периода  $\tau$ ;  $\vartheta_{ij}$  – строительный лаг в  $j$ -й отрасли по  $i$ -му виду основных фондов.

Рекуррентные соотношения для определения объема основных фондов  $i$ -го вида в  $j$ -й отрасли возраста  $\mu$  на конец периода  $\tau$  задаются формулой

$$F_{ij}(\tau, 0) = B_{ij}(\tau), \quad F_{ij}(\tau, \mu) = F_{ij}(\tau - 1, \mu - 1) \cdot (1 - \kappa_{ij}(\tau, \mu)), \quad (6)$$

где  $\kappa_{ij}(\tau, \mu)$  – коэффициент выбытия основных фондов  $i$ -го вида в  $j$ -й отрасли возраста  $\mu$  в период  $\tau$ .

Модель воспроизводства основных фондов (1)–(6) используется для определения инвестиций в основной капитал и их технологической структуры по отраслям через ожидаемый ввод в действие основных фондов с учетом строительного лага и режима  $\xi_j(\tau, \tau + \mu, \nu)$  функционирования инвестиционного комплекса.

Произведенный валовой выпуск  $i$ -й фондосоздающей отрасли  $x_i(\tau)$  в период  $\tau$  определяется по формуле

$$x_i(\tau) = \sum_{j=1}^n u_{ij}^*(\tau) + S_i(\tau) + \Pi_i(\tau), \quad 1 \leq i \leq k, \quad (7)$$

где  $S_j(\tau)$  – сальдо экспорта-импорта по  $j$ -му продукту;

$\Pi_j(\tau)$  – потери продукции  $j$ -й отрасли в период  $\tau$ .

#### **Блок моделирования инвестиций в точечной динамической межотраслевой модели, включенной в систему расчетов с применением ОМММ**

В точечной динамической межотраслевой модели, разработанной на основе оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели (ОМММ), которую назовем ДММ-СМНП (ДММ, разработанной в секторе межрегиональных народнохозяйственных проблем ИЭОПП СО РАН), сохранена присущая ОМММ специфика моделирования инвестиционного процесса [4; 5]. Инвестиции создаются в двух капиталобразующих отраслях – машиностроении и строительстве. Продукция последних отраслей, в соответствии со стандартным балансовым ограничением производства и распределения продукции, расходуется на производственное потребление, инвестиции, конечное потребление, межрегиональный вывоз и экспорт.

В динамической модели объемы инвестиций рассчитываются на последний год каждого прогнозируемого подпериода как результат решения соответствующего балансового уравнения для капиталобразующей отрасли. Суммарный объем инвестиций за каждый подпериод зависит от объема, достигнутого на конец предыдущего периода и от объема на конец данного подпериода. Такая зависимость имеет форму нелинейной функции.

В задаче принята гипотеза об экспоненциальном законе роста валовых инвестиций, т. е. ежегодные темпы роста неизменны внутри каждого из периодов. Экспоненциальный закон роста имеет свойство, позволяющее осуществлять линеаризацию нелинейной функции с любой степенью точности: чем выше среднегодовые темпы роста инвестиций, тем выше доля последнего года в суммарных за весь период инвестициях.

Однако требование неизменности сохранения ежегодных темпов прироста инвестиций не является жестким. Ежегодные темпы прироста могут варьировать, но если доля инвестиций последнего года периода в суммарных за весь период инвестициях остается неизменной, то постановка модели адекватно отражает особенности инвестиционных процессов. Более того, закон роста инвестиций необязательно должен быть экспо-

ненциальным: можно предположить и возможность ускорения темпов их роста, и даже возможность понижения темпов роста инвестиций, но в таких рамках, чтобы сохранялась возможность осуществлять линеаризацию нелинейных функций.

В каждом прогнозном подпериоде балансовые ограничения по инвестициям обеспечивают равенство суммарных инвестиций за подпериод сумме капитальных затрат на поддержание объема продукции на уровне, достигнутом в базовом году, в течение прогнозного периода и на обеспечение прироста выпуска продукции в каждом подпериоде и поддержание его до конца прогнозного периода. Эти капитальные затраты в каждом подпериоде интерпретируются как затраты на поддержание производственных мощностей, введенных в предыдущие подпериоды (включая все имевшиеся мощности на начало базового года), и на создание новых производств в течение данного подпериода. Таким образом, вводится условное разделение на так называемые «старые» и «новые» производственные мощности.

Капитальные затраты определяются как сумма произведений отраслевых коэффициентов капиталоемкости на объемы производства в соответствующих отраслях. Но если для первого подпериода рассчитывается два вида капитальных затрат – на поддержание объемов выпуска базового года и на прирост выпуска в данном подпериоде, то для  $T$ -го периода рассчитывается  $(T + 1)$  видов капитальных затрат: 1) на поддержание объемов выпуска базового года в течение всех  $T$  периодов; 2) на прирост выпуска в первом подпериоде и поддержание данного объема в оставшихся  $(T - 1)$  подпериодах; 3) на прирост выпуска во втором подпериоде и поддержание данного объема в оставшихся  $(T - 2)$  подпериодах; ...  $(T)$  на прирост выпуска в  $(T - 1)$ -м подпериоде и поддержание данного объема в  $(T)$ -м подпериоде; и  $(T + 1)$  на прирост выпуска в последнем,  $(T)$ -м подпериоде. Следовательно, отраслевые коэффициенты капиталоемкости являются приростными и кумулятивными за период.

Капиталоемкость в модели выступает экзогенным параметром, прогнозируемым за рамками модели. Данный показатель по смыслу далек от того коэффициента, который можно было бы рассчитать простым делением объема капитальных вложений на прирост объема выпуска. Коэффициент приростной капиталоемкости показывает, сколько продукции машиностроения / строительства в стоимостном выражении (в основных ценах базового года) требуется на 1 рубль суммарного за прогнозируемый период выпуска продукции на «старых» / «новых» производственных мощностях конкретной отрасли и в конкретном регионе. Расчеты на оптимизационной межотраслевой модели требуют предварительного прогноза коэффициентов капиталоемкости по подпериодам. Так, для двухпериодной межотраслевой модели требуется оценить 5 типов коэффициентов: два для первого периода и три для второго периода.

Для первого периода рассчитываются коэффициенты  $k_{gj}^{01}$  (коэффициент капитальных затрат, необходимых для поддержания объема выпуска продукции отрасли  $j$  в течение 1-го периода на уровне, достигнутом в базовом году) и  $k_{gj}^{11}$  (коэффициент капитальных затрат, необходимых для увеличения объема выпуска продукции отрасли  $j$  в течение 1-го периода):

$$k_{gj}^{01} = \frac{X_{gj}^{01}}{X_j^0} \text{ и } k_{gj}^{11} = \frac{X_{gj}^{11}}{X_j^1},$$

где

$X_{gj}^{01}$  – часть выпуска капиталобразующей отрасли  $g$  в 1-м периоде, потраченная на инвестиции в поддержание выпуска  $j$ -й отрасли на уровне базового года;

$X_j^0$  – достигнутый в базовом году объем выпуска в  $j$ -й отрасли;

$X_{gj}^{11}$  – часть выпуска капиталобразующей отрасли  $g$  в 1-м периоде, потраченная на инвестиции на прирост выпуска  $j$ -й отрасли в 1-м периоде;

$X_j^1$  – прирост выпуска в  $j$ -й отрасли за 1-й период.

Для второго периода рассчитываются коэффициенты  $k_{gj}^{02}$  (коэффициент капитальных затрат, необходимых для поддержания объема выпуска продукции отрасли  $j$  в течение 2-го периода на уровне, достигнутом в базовом году);  $k_{gj}^{12}$  (коэффициент капитальных затрат, необходимых для увеличения объема выпуска продукции отрасли  $j$  в 1-й период и поддержания этих приростов во 2-м периоде); и  $k_{gj}^{22}$  (коэффициент капитальных затрат, необходимых для увеличения объема выпуска продукции отрасли  $j$  во 2-м периоде):

$$k_{gj}^{02} = \frac{X_{gj}^{02}}{X_j^0}; \quad k_{gj}^{12} = \frac{X_{gj}^{12}}{X_j^1} \quad \text{и} \quad k_{gj}^{22} = \frac{X_{gj}^{22}}{X_j^2},$$

где

$X_{gj}^{02}$  – часть выпуска капиталобразующей отрасли  $g$  во 2-м периоде, потраченная на инвестиции в поддержание выпуска  $j$ -й отрасли на уровне базового года;

$X_{gj}^{12}$  – часть выпуска капиталобразующей отрасли  $g$  во 2-м периоде, потраченная на инвестиции в поддержание выпуска  $j$ -й отрасли на уровне 1-го периода;

$X_{gj}^{22}$  – часть выпуска капиталобразующей отрасли  $g$  во 2-м периоде, потраченная на инвестиции на прирост выпуска  $j$ -й отрасли во 2-м периоде;

$X_j^2$  – прирост выпуска в  $j$ -й отрасли за 2-й период.

Выделение большего числа временных точек обеспечивает возможность более адекватного и гибкого учета неравномерности динамики параметров по периодам. Связь между периодами обеспечивается наличием «сквозных» переменных, представленных в балансовых условиях производства и распределения продукции для всех трех периодов, и взаимозависимостью функций, определяющих соотношения между валовыми инвестициями в каждом периоде и их объемами в последние годы каждого периода. Такая структура задачи обуславливает наличие как прямой, так и обратной связи между периодами. Прямая связь выражается в том, что достигнутые к концу первого периода результаты становятся стартовыми условиями функционирования экономики во втором периоде, и т. д. Обратная связь проявляется в особенностях отображения инвестиционных процессов. Так, если главная цель – поставить долгосрочный ориентир – достигнуть максимума конечного потребления к концу всего прогнозного периода, то реализацию этой цели обеспечивает изменение соотношения между потреблением и накоплением в первом периоде в пользу последующих.

Модель характеризуется равенством временных интервалов, хотя ранее была реализована версия и с неравными интервалами. Это улучшает математические свойства модели, в частности, устраняет те различия в оценках балансовых условий модели, которые вызываются разной продолжительностью рассматриваемых периодов. Поскольку на значения оценок большое влияние оказывает инвестиционная составляющая затрат, то, в силу специфики представления инвестиционного блока, значения этих оценок для более короткого периода оказывались повышенными.

Инвестиционный блок трехпериодной точечной динамической модели записывается следующим образом.

#### *Балансовые ограничения по инвестициям*

За первый период:

$$\sum_{j=1}^n k_{gj}^{01} x_j^0 + \sum_{j=1}^n k_{gj}^{11} x_j^1 - f_1(u_g^0, u_g^1) \leq 0; \quad g \in G. \quad (8)$$

За второй период:

$$\sum_{j=1}^n k_{gj}^{02} x_j^0 + \sum_{j=1}^n k_{gj}^{12} x_j^1 + \sum_{j=1}^n k_{gj}^{22} x_j^2 - f_2(u_g^1, u_g^2) \leq 0; \quad g \in G. \quad (9)$$

За третий период:

$$\sum_{j=1}^n k_{gj}^{03} x_j^0 + \sum_{j=1}^n k_{gj}^{13} x_j^1 + \sum_{j=1}^n k_{gj}^{23} x_j^2 + \sum_{j=1}^n k_{gj}^{33} x_j^3 - f_3(u_g^2, u_g^3) \leq 0; \quad g \in G. \quad (10)$$

Обозначения переменных:

$x_i^0$  – базовый объем выпуска в  $i$ -й отрасли;

$x_i^1, x_i^2, x_i^3$  – прирост выпуска в  $i$ -й отрасли за 1, 2 и 3-й периоды соответственно;

$u_g^1, u_g^2, u_g^3$  – валовые инвестиции в основной капитал в последнем году 1, 2 и 3-го периодов соответственно (в части капиталобразующей отрасли  $g$ );

$u_g^0$  – объем инвестиций в базовом году;

$k_{gj}^{01}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для поддержания объема выпуска продукции отрасли  $j$  в 1-й период на уровне, достигнутом в базовом году (в части затрат, приходящихся на долю капиталобразующей отрасли  $g$ );

$k_{gj}^{02}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для поддержания объема выпуска продукции отрасли  $j$  во 2-й период на уровне, достигнутом в базовом году;

$k_{gj}^{03}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для поддержания объема выпуска продукции отрасли  $j$  в 3-й период на уровне, достигнутом в базовом году;

$k_{gj}^{11}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для увеличения объема выпуска продукции отрасли  $j$  в 1-й период (в части затрат, приходящихся на долю капиталобразующей отрасли  $g$ );

$k_{gj}^{12}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для обеспечения приростов выпуска продукции отрасли  $j$  в 1-й период и поддержания этих приростов во 2-м периоде;

$k_{gj}^{13}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для обеспечения приростов выпуска продукции отрасли  $j$  в 1-й период и поддержания этих приростов в 3-м периоде;

$k_{gj}^{22}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для увеличения объема выпуска продукции отрасли  $j$  во 2-м периоде;

$k_{gj}^{23}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для обеспечения приростов выпуска продукции отрасли  $j$  во 2-й период и поддержания этих приростов в 3-м периоде;

$k_{gj}^{33}$  – коэффициенты капитальных затрат, необходимых для увеличения объема выпуска продукции отрасли  $j$  в 3-м периоде;

$f_1(u_g^0, u_g^1)$  – функция зависимости суммарных инвестиций в основной капитал за первый период от значений базового их объема и достигнутого в последнем году первого периода (для заданного закона их роста);

$f_2(u_g^1, u_g^2)$  – функция зависимости суммарных инвестиций в основной капитал за второй период от значений достигнутых их объемов соответственно в последние годы первого и второго периодов (для заданного закона их роста);

$f_3(u_g^2, u_g^3)$  – функция зависимости суммарных инвестиций в основной капитал за третий период от значений достигнутых их объемов соответственно в последние годы второго и третьего периодов (для заданного закона их роста).

### Отличия информационной базы основной динамической межотраслевой модели системы КАМИН и точечной ДММБ, включенной в систему расчетов по ОМММ

Главные отличия информационной базы ДММ-КАМИН и точечной ДММ сектора межрегиональных народнохозяйственных проблем (ДММ-СМНП) обусловлены в первую очередь различными методиками моделирования воспроизводства основных фондов, а также разделением каждого вида экономической деятельности между продукцией первого и второго подразделений.

1. В ДММ-КАМИН продукция каждого вида экономической деятельности дифференцируется на две составляющие: 1) товары и услуги, произведенные в первом подразделении; 2) товары и услуги, произведенные во втором подразделении. К первому подразделению относится производство средств производства и услуг, удовлетворяющих промежуточный спрос. Во второе подразделение включается производство предметов потребления и услуг, удовлетворяющих потребительский спрос. В результате такого подхода номенклатура видов экономической деятельности ДММ-КАМИН удваивается по сравнению с аналогичной номенклатурой видов экономической деятельности точечной ДММ-СМНП.

2. В номенклатуре видов экономической деятельности ДММ-КАМИН машиностроение и строительство делятся на две составляющие: фондосоздающую и нефондосоздающую. Валовой выпуск фондосоздающего машиностроения в информационной базе увязывается с инвестициями в активную часть основных фондов, а валовой выпуск фондосоздающего строительства – с инвестициями в строительно-монтажные работы и прочие капитальные работы и затраты. Нефондосоздающие отрасли машиностроения и строительства обеспечивают производство промежуточной продукции этих отраслей, например, производство текущего ремонта зданий и сооружений.

3. В ДММ-КАМИН наряду с моделированием производства осуществляется моделирование основных фондов, увязанное с динамикой валового выпуска фондосоздающих отраслей. Следовательно, информационная база включает баланс основных фондов по всем видам экономической деятельности с его разбиением на активную и пассивную части.

4. В ДММ-КАМИН моделирование воспроизводства основных фондов осуществляется с учетом строительного лага. Это приводит к необходимости включения в информационную базу целого ряда дополнительных элементов.

Перечислим дополнительные элементы информационной базы, необходимые для выполнения расчетов по ДММ-КАМИН с распределенными строительными лагами.

А. Матрица  $\|\theta_{ij}\|$ , каждый элемент которой характеризует величину строительного лага инвестиций в основной капитал вида  $i$  в отрасли  $j$ .

В. Коэффициенты, характеризующие распределение во времени формирования ввода в действие основных производственных фондов в каждой отрасли номенклатуры модели, являющиеся параметрами уравнений связи инвестиций в основной капитал года  $t$  с вводом основных производственных фондов того же года и последующих лет,

$$u_{ij}(\tau) = \sum_{\mu=0}^{\theta_{ij}-1} \xi_{ij}(\mu) B_{ij}(\tau + \mu), \quad i = 1, \dots, p; \quad j = 1, \dots, n; \quad \tau = 1, \dots, \bar{\tau}, \quad (11)$$

где

$p$  – число фондосоздающих отраслей, производящих здания и сооружения и монтируемые машины и оборудование;

$n$  – общее число отраслей номенклатуры ДММ-КАМИН;

$\bar{\tau}$  – число лет прогнозируемого периода.

Следовательно, вторым дополнительным элементом информационной базы ДММ-КАМИН с лагами является матрица коэффициентов  $\|\xi_{ij}(\mu)\|$ .



С. Определение матрицы  $\|\xi_{ij}(\mu)\|$  на стадии подготовки информационной базы ДММ требует решения специальной задачи квадратичного программирования для определения вектора  $[\xi_{ij}(0), \dots, \xi_{ij}(\theta-1)]$  для каждой отрасли  $j$  для каждого вида инвестиций в основной капитал  $i$ . Решение такой задачи предполагает наличие отчетной информации о величинах годовых инвестиций в основной капитал  $u_{ij}(\tau_0-1), \dots, u_{ij}(\tau_0-\theta_{ij}+1)$  ( $i = 1, \dots, p; j = 1, \dots, n$ ), где  $\tau_0$  – первый год планового периода, объемах годовых вводов основных фондов  $B_{ij}(\tau_0-1), \dots, B_{ij}(\tau_0-\theta_{ij}+1)$  ( $i = 1, \dots, p; j = 1, \dots, n$ ) и величинах незавершенного строительства на конец года  $N_{ij}(\tau_0-1), \dots, N_{ij}(\tau_0-\theta_{ij}+1)$  ( $i = 1, \dots, p; j = 1, \dots, n$ ). Кроме этого, необходима прогнозная (плановая) информация о величинах годовых вводов основных фондов  $B_{ij}(\tau_0), \dots, B_{ij}(\tau_0+\bar{\tau}+\theta_{ij}-2)$  ( $i = 1, \dots, p; j = 1, \dots, n$ ).

Различия в методике моделирования капиталообразования в ДММ-КАМИН и в ДММ-СМНП предопределяют возможности совместного использования этих моделей при проведении прогнозных расчетов. ДММ-СМНП целесообразно использовать при прогнозировании развития национальной экономики на длительную перспективу (15–30 лет). В этом случае отсутствие учета инвестиционного лага, характерное для этой модели, не имеет существенного значения, так как строительные лаги в большинстве отраслей не превосходят 5 лет. ДММ-КАМИН может быть использована для годовой «разверстки» долгосрочного прогноза, подготовленного с применением ДММ-СМНП, когда необходимо учитывать запаздывание ввода основных фондов относительно сроков осуществления инвестиций.

### Список литературы

1. Леонтьев В. Исследование структура американской экономики. М.: Госстатиздат, 1958, 534 с.
2. Development of Macro and Interindustrial Methods of Economic Analyses: Proceedings of the 21<sup>st</sup> INFORUM World Conference. Listvyanka, 26–31 August 2013 / Ed. by A. Baranov, V. Suslov; Institute of Economics and Industrial Engineering of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences. Novosibirsk: IEIE SB RAS, 2014. 215 p.
3. Исследование экономики России с использованием моделей с нечеткими параметрами / Под ред. А. О. Баранова, В. Н. Павлова; Новосиб. гос. ун-т, ИЭОПП СО РАН. Новосибирск, 2009. 236 с.
4. Ершов Ю. С., Ибрагимов Н. М., Мельникова Л. В. Современные постановки прикладных межрегиональных межотраслевых моделей // Исследования многорегиональных экономических систем: опыт применения оптимизационных межрегиональных межотраслевых систем: Сб. ст. / Под ред. В. И. Сусллова; ИЭОПП СО РАН. Новосибирск, 2007. С. 29–59.
5. Ершов Ю. С., Мельникова Л. В., Суслов В. И. Практика применения оптимизационных мультирегиональных межотраслевых моделей в стратегических прогнозах российской экономики // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Социально-экономические науки. 2009. Т. 9, вып. 4. С. 9–23.

**A. O. Baranov, L. V. Melnikova, V. N. Pavlov, V. I. Suslov**

*Novosibirsk National Research State University  
2 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

*Institute of Economics and Industrial Engineering of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences  
17 Lavrentiev Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

*St. Petersburg State University of Trade and Economics  
50 Novorossiyskaya Str., Saint-Petersburg, 194021, Russian Federation*

*baranov@ieie.nsc.ru, melnikova@ieie.nsc.ru, victor\_n\_pavlov@mail.ru, suslov@ieie.nsc.ru*

### **ON MODELING METHODS OF REPRODUCTION OF FIXED ASSETS IN DYNAMIC INPUT – OUTPUT MODELS**

The article presents a comparative study of methods for modeling reproduction of fixed assets in various types of dynamic input-output models, which have been developed at the Novosibirsk State University and at the Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Division of Russian Academy of Sciences. The study compares the technique of information providing for the investment blocks of the models. Considered in detail mathematical description of the block of fixed assets reproduction in the Dynamic Input – Output Model included in the KAMIN system and the optimization interregional input – output model. Analyzes the peculiarities of information support of investment and fixed assets blocks of the Dynamic Input – Output Model included in the KAMIN system and the optimization interregional input – output model. In conclusion of the article provides suggestions for joint use of the analyzed models for Russian economy development forecasting. Provided the use of the KAMIN system's models for short-term and middle-term forecasting and the optimization interregional input – output model to develop long-term forecasts based on the spatial structure of the economy.

*Keywords:* fixed assets reproduction, investment, dynamic input – output models.

### **References**

1. Leontiev V. *Issledovanie struktury amerikanskoi ekonomiki [Investigation of the structure of the US economy]*. Moscow, Gosstatizdat, 1958, 534 p. (in Russ.).
2. Baranov A., Suslov V. (eds.) *Development of Macro and Interindustrial Methods of Economic Analyses: Proceedings of the 21<sup>st</sup> INFORUM World Conference*. Listvyanka, 26–31 August 2013. Institute of Economics and Industrial Engineering of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences. Novosibirsk, IEIE SB RAS, 2014. 215 p.
3. Baranov A., Pavlov V. (eds.) *Issledovanie ekonomiki Rossii s ispolzovaniem modelei s nechetkimi parametrami [Investigation of the Russian economy using models with fuzzy parameters]*. Novosibirsk State University, IEIE SB RAS. Novosibirsk, 2009, 236 p. (in Russ.).
4. Ershov U., Ibragimov N., Melnikova L. *Sovremennye postanovki prikladnykh mezhregionalnykh mezhotraslevykh modelei [Modern formulation of applied interregional intersectoral models]*. Suslov V. (ed.) *Studies Multiregional Economic Systems: Experience in the Application of Optimization of Inter-Regional Cross-Industry Systems*. IEIE SB RAS. Novosibirsk, 2007, p. 29–59. (in Russ.).
5. Ershov U., Melnikova L., Suslov V. *Praktika primeniya optimizatsionnykh multiregionalnykh mezhotraslevykh modelei v strategicheskikh prognozach rossiiskoi ekonomiki [The practice of applying optimization multiregional interindustry models in strategic forecast of the Russian economy]*. *Vestnik of Novosibirsk State University. Series: Social-Economic Sciences*, 2009, vol. 9, iss. 4, p. 9–23. (in Russ.).