

Данный файл является фрагментом электронной копии издания,
опубликованного со следующими выходными данными:

УДК 338.984.2
ББК 65.9(2Р)30-2
М 744

DOI 10.36264/978-5-89665-376-9-2023-012-436

Рецензенты:

чл.-корр. РАН А.А. Широв, д.э.н. Г.П. Литвинцева, д.э.н. А.В. Алексеев

М 744 **Модели и методы прогнозирования: Азиатская Россия в экономике страны** / под ред. А.О. Баранова и В.И. Суслова. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2023. – 436 с.

ISBN 978-5-89665-376-9

В монографии представлено описание комплекса моделей КОМПАС-ДАР, разработанного в ИЭОПП СО РАН в последние годы. В него включены новые модельные конструкции и модифицированные модели, разработанные в предшествующие периоды. КОМПАС-ДАР позволяет выполнять аналитические и прогнозные расчеты по экономике России и ее регионам, а также отдельным отраслям. Система КОМПАС-ДАР имеет ряд существенных отличий от разработанных ранее моделей: модели макроуровня включают эконометрические конструкции для краткосрочного прогнозирования (DSGE модели, общеравновесную межотраслевую модель), в межрегиональных моделях учитывается поведение экономических агентов, в ДММ-КАМИН включен блок воспроизводства человеческого капитала, в моделях макро- и регионального уровня отражены процессы влияния экономической деятельности на окружающую среду, в финансовых моделях инвестиционных проектов используется техника реальных опционов и нечетко-множественный анализ. В монографии отражены результаты работы по гранту на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технического развития Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-804 (№ 13.1902.21.0016), а также результаты работы по проектам плана НИР ИЭОПП СО РАН: № 121040100262-7 и № 121040100281-8.

УДК 338.984.2
ББК 65.9(2Р)30-2

ISBN 978-5-89665-376-9

© ИЭОПП СО РАН, 2023
© Коллектив авторов, 2023

Полная электронная копия издания расположена по адресу:
<http://lib.ieie.nsc.ru/docs/2023/012>

3.2. Динамическая межотраслевая модель с блоком охраны окружающей среды

В систему КАМИН, разработанную в ИЭОПП СО РАН и в НГУ, включены следующие основные элементы:

1. Динамическая межотраслевая модель (ДММ) с распределенным строительным лагом (см. выше раздел 3.1).
2. Модель прогнозирования динамики финансовых потоков между субъектами финансовой деятельности.
3. Модель прогнозирования влияния монетарной политики на динамику производства.
4. Модель прогнозирования доходов и расходов федерального и консолидированного бюджетов.
5. Экологический блок [1].

Все модели, включенные в систему КАМИН, могут быть использованы в анализе и прогнозировании развития экономики России в детерминистической постановке и с использованием метода нечетких множеств, который позволяет отобразить неопределенность значений прогнозируемых показателей, определить устойчивость эндогенных параметров моделей по отношению к вариации экзогенных переменных и вычислить надежность полученных оценок прогнозируемых переменных [2].

Расчеты по всему комплексу моделей проводятся на основе единой информационной базы данных. Единая информационная база является основой согласования результатов расчетов по всем моделям с использованием системных процедур, что обеспечивает комплексность исследования. Разработанная методика информационного обеспечения позволяет формировать исходные информационные базы для системных расчетов с годовым и квартальным шагом по времени.

Отличительной особенностью моделей, включенных в систему КАМИН, является согласованность их параметров со структурой отчетных данных государственной статистики. Система адаптирована к методологии национальных счетов.

На рис. 3.2.1 представлена краткая схема одного из вариантов функционирования системы КАМИН с блоком охраны окружающей среды (блок ООС).

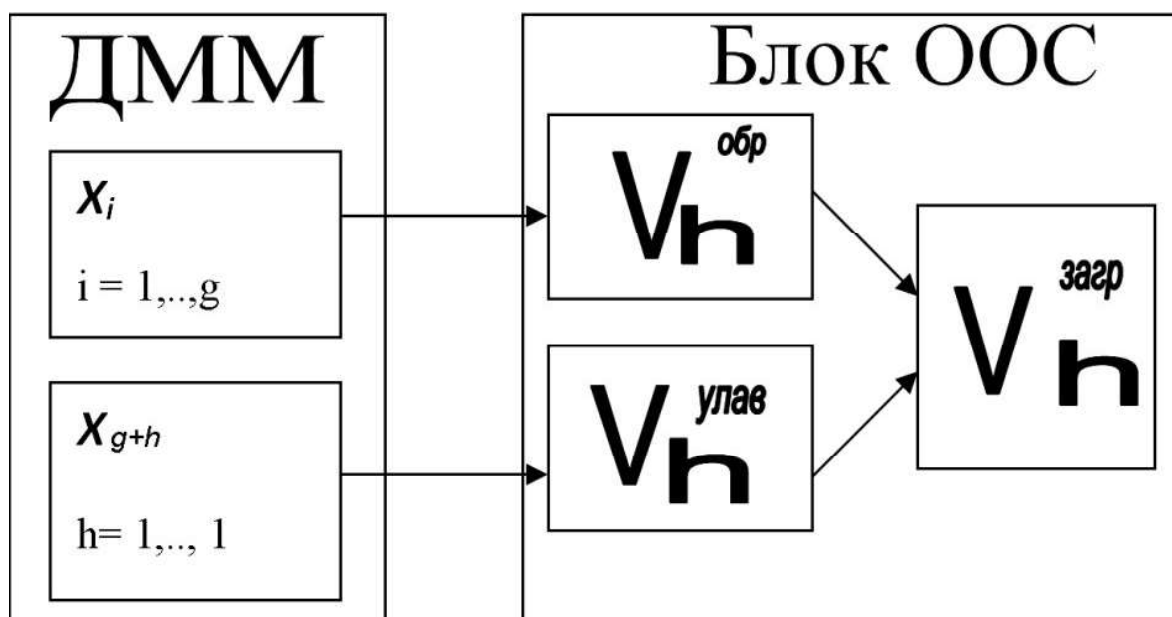


Рис. 3.2.1. Схема системы КАМИН с блоком ООС

Рассматриваются r производственных отраслей народного хозяйства. Под номером $r+1$ значится домашнее хозяйство. Первые n отраслей относятся к сфере материального производства. Отрасли $n+1, \dots, g$ относятся к нематериальному производству. В материальном производстве первые m отраслей представляют первое подразделение, отрасли $m+1, \dots, n$ – второе подразделение. В составе обоих подразделений первые k отраслей являются фондосоздающими ($1, \dots, k$ – в первом подразделении, $m+1, \dots, m+k$ – во втором подразделении). Отрасли $k+1, \dots, m$ и $m+k+1, \dots, n$ –

в первом и во втором подразделениях, соответственно, являются нефондосоздающими. Среди фондосоздающих отраслей каждого подразделения первые p отраслей производят здания и сооружения, монтируемые машины и оборудование, а остальные – производят немонтируемые машины и оборудование ($p+1, \dots, k$ – для первого подразделения и $m+p+1, \dots, m+k$ – для второго подразделения). В нематериальном производстве отрасли $n+1, \dots, h$ производят услуги, оплачиваемые по текущим счетам предприятий и относятся к первому подразделению, а отрасли $h+1, \dots, g$ производят услуги, оплачиваемые населением и правительством, и, следовательно, формируют конечный спрос. Эти отрасли нематериального производства отнесены ко второму подразделению.

К традиционным отраслям народного хозяйства добавляются отрасли материального природоохранного производства ($g+1, \dots, g+l$) и нематериального природоохранного производства ($g+l+1, \dots, r$). Выделяются l элементов, которые представляют либо определенный вид загрязнения, либо природный ресурс, который необходимо воспроизвести (загрязненный или уничтоженный). Причем предполагается однозначное соответствие между каждым из этих элементов и отраслью природоохранного материального производства (например, отрасль по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха; отрасль, занимающаяся очисткой сточных вод; отрасль по воспроизводству лесных насаждений).

На рис. 3.2.2 представлена структура матрицы коэффициентов прямых материальных затрат и вектора личного непроизводственного потребления модели.

	1, ..., m	m+1, ..., n	n+1, ..., h	h+1, ..., g	g+1, ..., g+l	g+l+1, ..., r	r+1
1, ..., m	A_1	A_2	A_3	A_4	A_9	A_{10}	0
m+1, ..., n	0	0	0	0	0	0	
n+1, ..., h	A_5	A_6	A_7	A_8	A_{11}	A_{12}	0
h+1, ..., g	0	0	0	0	0	0	
g+1, ..., g+l	A_{13}	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}	A_{18}	0
g+l+1, ..., r	0	0	0	0	A_{19}	A_{20}	0

Рис. 3.2.2. Структура матрицы коэффициентов прямых материальных затрат и вектора личного непроизводственного потребления (столбец $r+1$)

На рисунке используются следующие обозначения:

A_1, A_2 – подматрицы коэффициентов прямых материальных затрат продукции первого подразделения на производство продукции первого и второго подразделения материального производства;

A_3, A_4 – аналогичные подматрицы для затрат продукции I подразделения на производство услуг, оплачиваемых по текущим счетам предприятий, и услуг, формирующих конечный спрос (I и II подразделения нематериального производства);

A_5, A_6, A_7, A_8 – подматрицы коэффициентов затрат услуг на производство единицы продукции в соответствующих отраслях;

A_9, A_{11} – подматрицы коэффициентов прямых материальных затрат продукции I подразделения материального и нематериального производства (соответственно) на производство продукции природоохранного материального производства;

A_{10}, A_{12} – аналогичные подматрицы для затрат продукции I подразделения материального и нематериального производства на производство продукции природоохранного нематериального производства;

$A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}$ – подматрицы коэффициентов затрат продукции природоохранного материального производства на производство продукции в соответствующих отраслях;

A_{19}, A_{20} – аналогичные матрицы для затрат продукции природоохранного нематериального производства на материальный природоохранный сектор и на собственное производство (соответственно).

В ДММ так же, как и для любой традиционной отрасли моделируется процесс воспроизводства основных природоохранных фондов и процесс производства продукции природоохранных отраслей, который описывается следующими уравнениями.

Уравнение (3.2.1) моделирует выпуск фондосоздающих отраслей I подразделения, производящих здания и сооружения, монтируемые машины и оборудование:

$$X_i(t) = \sum_{j=1}^r \sum_{\tau=0}^{\theta_{ij}} K_{ij}(t, t+\tau) + S_i(t) \quad (i=\overline{1, p}; t=\overline{1, T}) \quad (3.2.1)$$

Уравнение (3.2.2) показывает выпуск фондосоздающих отраслей I подразделения, производящих немонтируемые машины и оборудование:

$$X_i(t) = \sum_{j=1}^r B_{ij}(t) + S_i(t) \quad (i=\overline{p+1, k}; t=\overline{1, T}) \quad (3.2.2)$$

Следующее уравнение (3.2.3) демонстрирует выпуск нефондосоздающих отраслей первого подразделения материального производства, результат производства нематериальных услуг производственного потребления, а также выпуск природоохранных отраслей (на данном этапе моделирования природоохранное производство полностью отнесено нами к материальному производству, т.е. $g+l=r$):

$$X_i(t) = \sum_{j=1}^r a_{ij}(t)X_j(t) + S_i(t) \quad (i=\overline{k+1, m, n+1, h, g+1, r}; t=\overline{1, T}) \quad (3.2.3)$$

Уравнение, описывающее выпуск отраслей II подразделения материального и нематериального производства (3.2.4):

$$X_i(t) = [X_i(t-1) - S_i(t-1)]q_{\lambda_i} + S_i(t) \quad (i=\overline{m+1, n, h+1, g}; t=\overline{1, T}) \quad (3.2.4)$$

Уравнение для определения величины производственных инвестиций (3.2.5):

$$K_{ij}(t-s, t+\tau) = K_{ij}(t-s, t-s+\theta_{ij})\xi_{ij}(t)/\xi_{ij}(\theta_{ij}) \quad (i=\overline{1, p}; j=\overline{1, r}; t=\overline{1, T}; \tau=0, \theta_{ij}) \quad (3.2.5)$$

Уравнение для расчета наличия на начало года основных фондов пассивного вида (зданий, сооружений, монтируемых машин и оборудования) (3.2.6):

$$\Phi_{ij}(t) = \Phi_{ij}(t-1) + \sum_{s=0}^{\theta_{ij}} K_{ij}(t-1-s, t-1) - F_{ij}(t-1, H_i) \quad (3.2.6)$$

$$(i=\overline{1, p}; j=\overline{1, r}; t=\overline{1, T})$$

Уравнение для расчета наличия на начало года основных фондов активного вида (немонтируемых машин, оборудования и передаточных устройств) (3.2.7):

$$\Phi_{ij}(t) = \Phi_{ij}(t-1) + B_{ij}(t-1) - F_{ij}(t-1, H_i) \quad (3.2.7)$$

$$\left(i = \overline{p+1, k}; j = \overline{1, r}; t = \overline{1, T} \right)$$

Ограничение на основные фонды (3.2.8):

$$b_{ij} X_j(t) = \Phi_{ij}(t+1) \quad \left(i = \overline{i, k}; j = \overline{1, r}; t = \overline{1, T} \right) \quad (3.2.8)$$

Уравнение для расчета объемов незавершенного строительства на конец года (3.2.9):

$$N_{ij}(t) = N_{ij}(t-1) + \sum_{\tau=1}^{\theta_{ij}} K_{ij}(t, t+\tau) - \sum_{s=1}^{\theta_{ij}} K_{ij}(t-s, t) \quad (3.2.9)$$

$$\left(i = \overline{i, p}; j = \overline{1, r}; t = \overline{1, T} \right)$$

Ограничение на трудовые ресурсы (3.2.10):

$$L(t) = \sum_{j=1}^r c_j(t) X_j(t) \quad \left(t = \overline{1, T} \right) \quad (3.2.10)$$

В уравнениях основного блока модели используются следующие обозначения параметров модели:

θ_{ij} – длина инвестиционного лага (число лет) фонда вида i в отрасли j ;

H_i – срок службы основных фондов вида i ;

$a_{ij}(t)$ – коэффициенты матрицы прямых материальных затрат;

$b_{ij}(t)$ – фондоемкость фондов вида i в отрасли j , рассчитываемая по формуле:

$$b_{ij}(t) = \Phi_{ij}(t+1) / X_j(t);$$

$\xi_{ij}(\tau)$ – коэффициенты, показывающие среднюю долю ввода в действие основных фондов типа i в отрасли j в каждом году прогнозируемого периода за счет инвестиций, осуществленных τ лет назад;

$c_j(t)$ – трудоемкость в отрасли j в году t ;

$q \lambda_i$ – темп роста продукции i -й отрасли II подразделения по уровню шкалы λ .

Экзогенные переменные основного блока модели:

$S_i(t)$ – чистый экспорт отрасли i в году t ;

$L(t)$ – число занятых в национальной экономике в году t ;

$B_{ij}(t)$ – ввод в действие основных фондов вида i в отрасли j в году t , определяемый по формуле: $B_{ij}(t) = F_{ij}(t+1, 1)$;

Эндогенные переменные модели:

$K_{ij}(t-s, t-s + \theta_{ij})$ – инвестиции на начальное строительство;

$X_i(t)$ – валовой выпуск в отрасли i в году t ;

$F_{ij}(t, l)$ – объем основных фондов вида i в отрасли j на начало года t , введенных в действие l лет назад;

$\Phi_{ij}(t)$ – объем основных фондов вида i в отрасли j на начало года t , определяемых по формуле:

$$\Phi_{ij}(t) = \sum_{l=1}^{H_i} F_{ij}(t, l);$$

$N_{ij}(t)$ – объем незавершенного строительства основных фондов типа i в отрасли j на конец года t ;

$K_{ij}(t-s, t+\tau)$ – объем инвестиций вида i в отрасли j в году $t-s$, ввод в действие основных фондов за счет которых будет осуществлен в году $t+\tau$

$$(\tau = \theta_{ij} - s).$$

Кроме того, существует экологический блок, описывающий материально-вещественные показатели экологических процессов. На основе величин произведенной продукции традиционных от-

раслей промышленности и народного хозяйства (X_i , $i=1, r$) с использованием коэффициентов образования загрязнителя h ($h=1, l$), приходящегося на производство единицы продукции отрасли i (w_{ih}), определяется объем образования загрязнителя h непосредственно в процессе производства (v_h^o):

$$V_h^o(t) = \sum_{i=1}^g w_{ih}(t)X_i(t) + D_{r+1,h}(t) \quad (h=\overline{1,l}; t=\overline{1,T}), \quad (3.2.11),$$

где $D_{r+1,h}(t)$ – выпуск загрязнителя h (объем загрязненного или уничтоженного природного ресурса) в домашнем хозяйстве в году t .

Существуют ограничения по объему загрязнителя h , поступающего в окружающую среду без очистки, или по объему уничтоженного, но невозпроизведенного природного ресурса (v_h^z):

$$V_h^z(t) = V_h^o(t) - V_h^u(t) \quad (h=\overline{1,l}; t=\overline{1,T}), \quad (3.2.12)$$

где $V_h^u(t)$ – объем восстановленного природного ресурса (уничтоженного или уловленного загрязнителя) вида h в году t , определяемого по формуле: $V_h^u(t) = \gamma_h(t)V_h^o(t)$, $\gamma_h(t)$ – доля восстановления природного ресурса вида h в общем объеме его потери (или улавливания загрязнителя в общем объеме его образования в производственном процессе).

Результат деятельности отраслей, занимающихся охраной и воспроизводством природных ресурсов, представлен в ДММ с блоком ООС в двух формах: стоимостной, как объем произведенного продукта природоохранной отрасли, и натуральной, как объем улавливания загрязнений (восстановления уничтоженного или загрязненного природного ресурса). Связь между двумя формами результата природоохранной деятельности можно представить следующим образом:

$$X_{g+h}(t) = \omega_h(t)V_h^u(t) + \varepsilon_h(t) \quad (h=\overline{1,l}; t=\overline{1,T}), \quad (3.2.13)$$

где $\omega_h(t)$ – текущие затраты на очистку (восстановление) единицы природного ресурса h (или на уничтожение единицы загрязнителя) в природоохранной отрасли $(g+h)$ в году t ;

$\varepsilon_h(t)$ – народнохозяйственный эффект в году t в результате восстановления природного ресурса h (уничтожения загрязнителя h).

Таким образом, лежащая в основе комплекса КАМИН межотраслевая модель также принадлежит к более сложным моделям леонтьевского типа, учитывающим не только натурально-вещественные, но и стоимостные аспекты природоохранной деятельности. В отличие от практически используемых для прогнозирования современных леонтьевских моделей, где используются коэффициенты выбросов загрязняющих веществ на единицу выпуска продукции, в рассматриваемой версии леонтьевской модели задействованы коэффициенты образования загрязняющих веществ непосредственно в процессе производства, что позволяет моделировать отдельно производственные процессы, процессы улавливания загрязняющих атмосферу веществ и очистки загрязненных сточных вод.

Выше была изложена теоретическая версия модели, для ее практического использования были сделаны следующие упрощения:

1. Рассматриваются два элемента окружающей среды – водные природные ресурсы и атмосферный воздух и, соответственно, две природоохранные отрасли: отрасль по очистке воды и отрасль, предотвращающая загрязнение воздушного бассейна. Не учитывается нематериальное природоохранное производство (т.е. в модели $l=2, g+l=r$).

2. В модели не учитывается загрязнение воды и атмосферы домашними хозяйствами, в частности загрязнение воздуха автомобильным транспортом, находящимся в собственности домашних хозяйств. Таким образом, данный вариант ДММ с экологическим блоком моделирует загрязнения, исходящие только от стационарных источников (т.е. $D_{r+l, h}(t) = 0$). Оценка автомобильных выбросов в прогнозных расчетах производится вне модельных расчетов путем экстраполяции существующих тенденций.

3. Природоохранное производство полностью отнесено нами к I подразделению.

4. При расчете валовой продукции природоохранных отраслей не учитывается народнохозяйственный эффект вследствие предотвращения ущерба от загрязнения данными отраслями, так как не существует достаточно эффективных методик его расчета (т.е. $\varepsilon_h(t) = 0$).

В дальнейших исследованиях предполагается включить в экологический блок природоохранную деятельность, направленную на решение проблем, связанных с сокращением лесных массивов, загрязнением почв и образованием бытовых и производственных отходов.

Существуют два алгоритма расчетов по системе КАМИН с экологическим блоком.

По *первому алгоритму* согласно выбранным направлениям природоохранной политики (например, консервативная политика, проявляющаяся в сохранении существующих долей улавливания загрязнений $\gamma_h(t)$, или улучшение природоохранной деятельности, что вызывает необходимость увеличения затрат на экологию) определяются затраты на средозащитные цели.

В основном блоке КАМИН происходит процесс моделирования воспроизводства основных природоохранных фондов, необходимых для осуществления заданных экологических затрат. С использованием гипотез об экономическом развитии отраслей и возможностях экономики осуществлять природоохранные затраты осуществляется прогнозирование динамики производства в отраслях народного хозяйства. Основываясь на данной динамике, на удельных показателях образования загрязнений (коэффициентах образования загрязненных сточных вод на единицу выпускаемой продукции, коэффициентах образования загрязняющих атмосферу веществ на единицу выпускаемой продукции) и на величинах экологических затрат прогнозируются объемы образования загрязнений в народном хозяйстве, объемы улавливания и очистки загрязняющих веществ. Следовательно, мы получаем объемы сбросов загрязненных сточных вод в водоемы РФ и выбросов основных загрязняющих атмосферу веществ.

Согласно *второму алгоритму* задача может быть поставлена обратным образом. В соответствии с международными и национальными программными документами экологического направ-

ления устанавливаются ограничения на сбросы и выбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду.

По результатам прогнозных расчетов в основном блоке системы КАМИН определяются объемы образования загрязняющих веществ и величины текущих природоохранных затрат (соответственно и объемы улавливания загрязнений), которые обеспечат заданную нагрузку на окружающую природную среду. Далее происходит корректировка: перераспределение ресурсов в пользу природоохранной деятельности, что отразится на прогнозируемой динамике выпуска в отраслях народного хозяйства, и, следовательно, на объемах образования загрязнений в производственной сфере. На следующем этапе опять определяются необходимые объемы улавливания или уничтожения загрязнений и природоохранные затраты и так происходит до тех пор, пока не будет получен сбалансированный прогноз с целью выхода на заданные целевые экологические показатели. Таким образом, в результате прогноза определяются экологические затраты, обеспечивающие заданные объемы сбросов загрязненных сточных вод и выбросов основных загрязняющих атмосферу веществ.

Литература к разделу 3.2

1. Тагаева Т.О. Математическое описание экологического блока с нечеткими параметрами и согласование результатов прогнозных расчетов по нему с моделями системы КАМИН-ФАЗЗИ // Исследование экономики России с использованием моделей с нечеткими параметрами / отв. ред. А.О. Баранов, В.Н. Павлов; Новосиб. гос. ун-т, ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск, 2009. – Гл. 11.2. – С. 218–221.
2. Баранов А.О., Павлов В.Н., Павлов А.В. Оптимизационная межотраслевая динамическая модель с нечеткими параметрами // Исследование экономики России с использованием моделей с нечеткими параметрами // Исследование экономики России с использованием моделей с нечеткими параметрами / отв. ред. А.О. Баранов, В.Н. Павлов; Новосиб. гос. ун-т, ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск, 2009. – Гл.3. С. 69–74.