

Моделирование устойчивого развития системы отраслей и регионов

Т. Л. Самков

Статья посвящена построению *межотраслевой межрегиональной модели устойчивого развития*, цель которой – проанализировать движение товарных и денежных потоков внутри региона, а также товарных потоков между регионами в рамках некоторой территориальной социально-экономической системы. Указанные потоки описываются соответствующими блоками модели, на переменные которых наложены условия, обеспечивающие индикативным образом предпосылки устойчивого развития для моделируемой территории.

Ключевые слова: моделирование устойчивого развития, межотраслевой, межрегиональный, баланс, отраслевое планирование.

1. Введение

В настоящее время состояние мировой экономики и его отражение в экономических исследованиях натываются на следующий парадокс. С одной стороны, появился такой феномен, как «новая экономика» как краеугольный камень т.н. постиндустриального общества, где основным продуктом является информация и услуги по ее распространению и использованию.

С другой стороны, разразившийся в 2008 г. мировой финансовый и экономический кризис показал, что в значительной мере новая экономика стала объектом надувания «финансовых пузырей», в то время как традиционная экономика, основанная на массовом производстве с высокой добавленной стоимостью и концентрацией производства, после небольшого спада снова стала развиваться. Более того, ряд стран, ранее отказавшихся от производства в его классическом понимании, начали возвращать его обратно из других стран, преимущественно из Юго-Восточной Азии.

Все это делает актуальным выработку методологии моделирования такого взаимодействия новой и старой экономик, при котором их соотношение было бы устойчивым по отношению к внешним факторам.

Одним из путей построения подобной методологии может быть создание т.н. инфокоммуникационной модели, где моделируется роль и место знаний, а также методов их распространения для имитации текущего функционирования экономики.

И первым этапом конструирования этой, априори комплексной, модели является построение такой экономической модели, которая бы указала, где именно должны применяться разнообразные сведения и технологии, дающие общесистемный эффект для сложной социально-экономической системы.

Под сложной социально-экономической системой для России здесь мы понимаем систему регионов – часть федерального округа или округ целиком, их объединение либо все регионы РФ. Указанные регионы обладают собственной экономикой, составленной из различных отраслей со своим уровнем развития технологий и структурой взаимосвязей отраслей. При этом также надо учитывать структуру отношений регионов в части взаимных поставок продукции и их отношения с государством. Все это увязано с устойчивостью подобной системы в разрезе использования ресурсов разных видов. В данной работе рассматриваются в основном товарные (в ряде случаев выступающие как сырьевые) и индустриальные (произ-

водственные) ресурсы, их воспроизводство, один из важнейших факторов устойчивости.

Повышение экономической самостоятельности регионов и их хозяйствующих субъектов в условиях рыночной формы организации хозяйствования влечет за собой многократное возрастание рисков и сокращение доступности бюджетных источников финансирования. Это, в свою очередь, приводит к возникновению дисбалансов в использовании сырьевых и производственных ресурсов. Такие дисбалансы повышают неустойчивость развития экономики регионов, вызывают угрозу их жизнеобеспечению. Сложность региональных социально-экономических систем, тесная взаимосвязь отраслей, новизна задач, решаемых в условиях реформирования экономики, требуют создания научно-методического и программно-информационного инструментария поддержки управленческих решений по управлению ресурсами региона, обеспечению устойчивого его развития. Ядром этого инструментария может служить *межотраслевая межрегиональная модель устойчивого развития*, описывающая продуктовые и финансовые межотраслевые балансы регионов, а также межрегиональные балансировки.

Объектами модели и одновременно субъектами изучаемой экономической системы, имеющими собственные цели и стремящимися их достичь, являются регионы и отрасли.

Модель предназначена для использования в качестве инструмента исследования с точки зрения аналитических и управленческих целей.

Как аналитическая, модель должна выявлять:

- степень взаимозависимости между субъектами системы;
- значения управляющих параметров (коэффициентов внутри- и межрегиональных обменов, параметров бюджетной политики, степени использования отраслевых и региональных ресурсов), которые обеспечивают такое состояние экономической системы, при котором достигается устойчивость всей системы без ущемления интересов ее субъектов.

Как управленческая, модель должна решать задачу планирования: при найденных в ходе анализа управляющих параметрах, гарантирующих возможность достижения состояния устойчивости, найти значения конкретных характеристик состояния системы (объемы производства, поставки по экспорту и между регионами, интенсивности импортных поступлений), которые непосредственно реализуют попадание рассматриваемой экономической системы в область устойчивого функционирования.

Практическая реализация задачи планирования предполагает:

- рационализацию системы продуктовых и финансовых потоков регионов, а также материальных и иных потоков между последними;
- экономический анализ и интерпретацию результатов вычислений, выработку управленческих рекомендаций на их основе.

Одним из главных аспектов устойчивости системы является её структурный аспект, включающий возможность угрозы пренебрежения интересами какого-либо её субъекта. Во избежание этого используются методы нахождения устойчивых решений. Разрешение противоречий между субъектами при реализации модели предусмотрено с помощью введения для каждого субъекта функции-индикатора, отвечающей соответствующим условиям и отображающей рассогласование между целью субъекта и его текущим состоянием и при этом зависящей от значений всех элементов системы. Субъект системы осуществляет управление по своей функции-индикатору путем изменения состояния в зависимости от величины этой функции, которая становится минимальной при завершении процесса.

Содержательная постановка задачи планирования в общем виде по представленной ниже модели состоит в следующем. Целью функционирования и развития отраслей в каждом регионе является достижение ими за некоторый плановый промежуток времени определённых уровней производства конечной продукции. Результатом решения задачи является *индикативный план* валовых выпусков продукции отраслей в регионах и межрегиональных поставок товаров, устойчивый (равновесный по интересам) в том смысле, что должен обеспечивать получение каждой отраслью в каждом регионе целевых значений конечных продуктов (фиксацию их в некоторых промежутках). Средствами регионального управления (на уровне

административных и региональных ассоциаций) для достижения равновесного состояния могут быть: государственные закупки продукции, региональная социальная и налоговая политика, рекомендации и стимулирование определённых направлений ресурсосбережения.

Уменьшение налоговых отчислений по отраслям отчасти способствует достижению ими состояния устойчивого развития – в этом случае появляется больше возможностей для получения целевых значений конечных продуктов и финансовой эффективности. В то же время эта политика не отвечает социальным критериям. Кроме того, она создает угрозу устойчивому развитию – уменьшение налоговой базы сказывается на конечном потреблении и количестве материальных и финансовых средств для структурных преобразований (в частности, в области энергосбережения). Это противоречие может быть разрешено через введение условия баланса конечного потребления и доходов населения, в том числе полученных перераспределением налоговых поступлений (см. блок межотраслевого финансового баланса).

В модель входят блоки межотраслевых материального и финансового балансов региона, а также межрегионального материального баланса, которые описываются ниже.

2. Блок межотраслевого материального баланса региона

Данный блок обеспечивает воспроизводство товаров отраслей в регионе. Представляет собой модель межотраслевого баланса для каждого региона следующего вида:

$$r_i + (1 - h_{ii})x_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + (1 - h_{ii})x_{ri} - \sum_{j=1}^n g_{ij}x_{rj} = y_i + z_{ri} - u_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где n – число отраслей (одинаковое для всех регионов);

$A = \{a_{ij}\}_{n,n}$ – матрица технологических коэффициентов;

$R = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ – вектор запасов продукции на начало планового периода;

$H = \{h_{ij}\}_{n,n}$ – диагональная матрица коэффициентов региональных госзакупок продукции отраслей;

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор валовых выпусков отраслей;

$X_r = (x_{r1}, x_{r2}, \dots, x_{rn})$ – вектор ввоза продукции отраслей из-за пределов региона;

$G = \{g_{ij}\}_{n,n}$ – матрица коэффициентов «обеспечения ввоза» продукции в регион из-за его пределов;

$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ – вектор конечного потребления продукции отраслей;

$Z_r = (z_{r1}, z_{r2}, \dots, z_{rn})$ – вектор вывоза продукции отраслей за пределы региона;

$U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ – вектор невязки материального баланса.

Коэффициенты g_{ij} выражают материальные затраты i -ой отрасли на перевалку, подготовку, использование внутри региона ввозимой продукции j -го вида. Матрица G аналогична матрице A , за исключением возможно большей разреженности.

В этом блоке и в дальнейшем при описании других блоков модели в обозначении переменных имеют место следующие особенности. Подстрочная буква r в некоторых переменных, например X_r , не является подстрочным индексом, а указывает на то, что переменная действует как на внутри-, так и на межрегиональном уровне. Например, переменная x_{ri} обозначает ввоз в регион продукции i -ой отрасли. Подстрочные (надстрочные) индексы опущены, чтобы не загромождать описание блоков модели.

Блок «работает» следующим образом. Для каждой отрасли разворачивается процесс производства продукции X . Параллельно в регион осуществляется ввоз продукции этих отраслей из других регионов и из-за рубежа X_r . Часть всей этой продукции поставляется другим отраслям в соответствии с коэффициентами межотраслевого обмена AX , а также коэффициентами регионального торгового обмена GX_r . После этого идут поставки продукции отраслей

по закупкам региона, выраженные членами HX и HX_r . Они выражают тот факт, что закупки регионом продукции отраслей могут осуществляться как из объема произведенной продукции, так и ввезённой, что эквивалентно выражению $H(X + X_r)$. Поэтому в обоих членах в качестве сомножителя фигурирует одна и та же матрица H . Далее идут поставки продукции, выходящей за пределы технологического потребления в данном цикле производства, а именно Y и Z_r . То, что после этого осталось, является профицитом или дефицитом материальных благ, или невязкой U .

Значения переменных уравнений (1) ограничены обычными условиями:

$$r_i^* \geq u_i \geq s_i^*, i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

где s_i^* — запас материальных ресурсов для компенсации возможных возмущений и угроз материальной безопасности отраслям региона;

r_i^* — порог, выше которого начинается «проедание» ресурсов путем создания избыточных запасов сырья и материалов.

Дополнительно наложим следующие ограничения на переменную x_i :

$$x_i^{\max} \geq x_i \geq x_i^{\min}, i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

где $x_i^{\max}$ и $x_i^{\min}$ — соответственно максимальное и минимальное значения выпуска для i -ой отрасли, полученные на основе статистического материала за ряд лет.

По смыслу $x_i^{\max}$ может ассоциироваться с производственными мощностями, а $x_i^{\min}$ — с минимально необходимым объемом выпуска с точки зрения потребителей продукции i -ой отрасли. Таким образом, ограничение (3) означает, что выпуск i -ой отрасли ограничен производственными мощностями предприятий отрасли, но при этом не может быть меньше определенного объема. Здесь также необходимы ограничения на x_{ri} :

$$x_{ri}^{\max} \geq x_{ri} \geq x_{ri}^{\min}, i = 1, \dots, n, \quad (4)$$

где $x_{ri}^{\max}$ и $x_{ri}^{\min}$ — соответственно максимальное и минимальное значение ввоза продукции i -ой отрасли.

Таким образом, ограничение (4) означает, что ввоз в регион продукции i -ой отрасли ограничен сверху и снизу определенными величинами, связанными со спросовыми потребностями промышленности и населения региона, а также возможностями региона их удовлетворить: покупательной способностью населения региона, пропускными способностями транспортных путей внутри и вне региона.

3. Блок межотраслевого финансового баланса

Отражает воспроизводство финансовых, а через них и индустриальных ресурсов. Представляет следующую модель для каждого региона:

$$\begin{aligned} & r_{ff} + (1 - h_{ffj})(x_j - z_{rj})p_j + (1 - h_{ffj})z_{rj}p_{rj} - \sum_{i=1}^n a_{ij}x_j p_i + \\ & + (1 - h_{frj})x_{rj}d_{ff} - \sum_{i=1}^n g_{ij}x_{rj} p_i - w_{jj}v_j - z_{ff}^* = -u_{ff}, j = 1, \dots, n; \\ & \beta \sum_{i=1}^n p_i y_i = \sum_{j=1}^n \{w_{jj}v_j + \alpha[h_{ffj}p_j(x_j - z_{rj}) + \end{aligned} \quad (5)$$

$$+h_{fjj}p_{rj}z_{rj} + h_{frjj}d_{fj}x_{rj}]\}, \quad (6)$$

где $R_f = (r_{f1}, r_{f2}, \dots, r_{fn})$ – вектор объемов финансовых ресурсов по отраслям на начало планового периода;

$P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ – вектор средних рыночных цен (прогнозных) на продукцию отраслей региона;

$P_r = (p_{r1}, p_{r2}, \dots, p_{rn})$ – вектор средних «экспортных» цен на вывозимую продукцию отраслей региона;

$H_f = \{h_{fij}\}_{n,n}$ – диагональная матрица коэффициентов налоговых отчислений с доходов от реализации производимой продукции;

$H_{fr} = \{h_{frij}\}_{n,n}$ – диагональная матрица коэффициентов налоговых отчислений с доходов от реализации ввозимой продукции;

$D_f = (d_{f1}, d_{f2}, \dots, d_{fn})$ – вектор удельных дополнительных доходов по отраслям от реализации в регионе ввозимой продукции (реализованное торговое наложение);

$V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ – вектор средних зарплат по отраслям;

$W = \{w_{ij}\}_{n,n}$ – диагональная матрица численности рабочей силы в отраслях;

$Z_f^* = (z_{f1}^*, z_{f2}^*, \dots, z_{fn}^*)$ – вектор объемов финансовых ресурсов по отраслям на конец планового периода;

α – доля выплат работникам бюджетной сферы, получающим зарплату из региональных бюджетов;

β – доля фонда потребления в конечной продукции;

$U_f = (u_{f1}, u_{f2}, \dots, u_{fn})$ – вектор невязки финансового баланса.

На значения переменных уравнений (5) налагают следующие условия:

$$r_{fj}^* \geq u_{fj} \geq s_{fj}^*, j = 1, \dots, n, \quad (7)$$

где s_{fj}^* – запас финансовых ресурсов для компенсаций возможных возмущений и угроз финансовой безопасности отраслям региона;

r_{fj}^* – порог, превышение которого означает появление «избыточности» финансовых ресурсов (в смысле сокращения возможностей эффективного их вложения).

4. Блок межрегионального материального баланса отрасли

Блок обеспечивает баланс межрегиональных поставок продукции. Строится для товаров каждой отрасли, представляя модель следующего вида:

$$e_i + \sum_{j=1, i \neq j}^m z_{rij} - z_i - \sum_{j=1, j \neq i}^m z_{rji} = u_{ri}, i = 1, \dots, m, \quad (8)$$

$$e_i + \sum_{j=1, i \neq j}^m z_{rij} = z_{ri}, z_i + \sum_{j=1, j \neq i}^m z_{rji} = x_{ri}, i = 1, \dots, m, \quad (9)$$

где m – число регионов в рассматриваемой системе;

$Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ – вектор импорта продукции из-за рубежа;

$E = (e_1, e_2, \dots, e_m)$ – вектор экспорта за рубеж;

$U_r = (u_{r1}, u_{r2}, \dots, u_{rm})$ – вектор сальдо межрегионального торгового баланса;

z_{rij} – объем межрегиональных поставок продукции из i -го в j -ый регион ($i, j = 1, \dots, m$).

На значения компонентов вектора сальдо межрегионального торгового баланса могут быть наложены следующие ограничения:

$$r_{ri}^* \geq u_{ri} \geq s_{ri}^*, i = 1, \dots, m, \quad (10)$$

где s_{ri}^* – запас материальных ресурсов для компенсации возможных дефицитов товаров в межрегиональном обмене;

r_{ri}^* – порог, выше которого начинается «проедание» ресурсов путем создания избыточных запасов сырья и материалов, обеспечивающих надежность межрегионального обмена.

Как и ранее, в обозначении переменных данного блока в целях уменьшения громоздкости опущены индексы, фиксирующие их принадлежность к конкретной отрасли.

5. Применение модели для поиска области устойчивости и ее особенности

Модель направлена не только на решение конкретной задачи, но и является попыткой строить подобные модели по идеологии однородных целенаправленных элементов.

Работа в рамках этого направления, с одной стороны, дает преимущества в технологическом плане, заключающиеся в четком представлении и конструировании экономико-технологических процессов, а также в компьютерной поддержке для работы с ними. С другой стороны, идеология таких элементов соответствует принципам рынка, где представлено множество субъектов с разными интересами, но однородными функционально.

Условия (2), (7), (10) назовем *условиями устойчивости*. Тогда управляющими параметрами, отвечающими этим условиям и обеспечивающими попадание в область устойчивости, являются диагональные матрицы H , H_f и, кроме того, матрицы A , G . Наборами конкретных характеристик состояния системы, реализующими попадание в область устойчивости, являются векторы X , X_r , Z_r , Z .

В настоящее время известно множество мультирегиональных моделей, представленных в большом числе публикаций. Достаточно полный обзор и систематику работающих модельных конструкций можно найти, например, в [1, 2, 3]. Идеи совершенствования расчётов территориальных межотраслевых балансов объединением их в систему межрайонного (межрегионального) многоотраслевого баланса производства и распределения продукции были высказаны У. Изардом, Л. Мозесом, Б. Стивенсом, А. Г. Гранбергом. Причём именно вариант модели, предложенной А. Г. Гранбергом, стал в СССР рабочим инструментом пространственного анализа. Возможности модификации мультирегиональных моделей связаны в первую очередь с изменением их специфических предпосылок.

Ниже перечислены основные особенности рассматриваемой межотраслевой межрегиональной модели, ассоциирующиеся с необходимостью удовлетворения требованиям определённой теоретической схемы – обобщением образования ассоциативных структур, содержащих регионы и отрасли в качестве хозяйственно самостоятельных объектов:

- отсутствие национального (народнохозяйственного) блока, отражающего существование вертикальных связей пространственной системы;
- отсутствие фиксации пропорций межрайонного обмена продукцией либо порайонной структуры производства и определение таким образом соотношений межрегионального обмена непосредственно в процессе реализации модели;
- наличие финансового блока, описывающего и обеспечивающего воспроизводство финансовых ресурсов;
- существование в модели параметров регионального управления (матриц коэффициентов региональных госзакупок и налоговых отчислений), дающих возможность влиять на реализуемость индикативного плана.

Представленная модель может использоваться для синтезирования результатов расчётов, выполняемых с помощью моделей ТЭК [4], включающих технологические и финансово-экономические модели. Данные типы моделей в свою очередь должны входить в состав разрабатываемой в настоящее время системы поддержки принятия решений (СППР), призванной обеспечивать комплексное разрешение проблемы устойчивого развития в масштабах страны или региона [5].

Методика нахождения устойчивых решений по модели (1)–(10) является модификацией

метода поиска точки равновесия задачи совместного функционирования А. В. Малишевского [6].

Заключение

Разработанная и представленная в данной работе модель показала возможность комплексного описания широкого спектра процессов производства и распределения взаимоувязанных продуктовых и денежных потоков в рамках региональной системы. При этом в ходе создания указанного инструмента регионально-отраслевого планирования преследовалась цель сделать представленную модель как можно более «технологичней». Здесь это выражается в единообразии блоков модели и условий, наложенных на переменные в их составе, что позволяет использовать одни и те же процедуры для решения задач оптимизации.

Дальнейшее развитие модели предполагает детализацию как разработанных блоков, так и условий их функционирования, включая рамочные направления развития процессов, ими описываемых. Данные направления представляются в виде граничных и краевых условий на оптимизируемые переменные, так как предусматривается игровой подход в поиске оптимальных значений параметров выпуска и распределения. Подход состоит в использовании дифференциальных иерархических игр для моделирования интересов всех игроков, представляющих отрасли регионов в процессе их конкуренции за сырье в рамках их производственной и торговой деятельности. Дифференциальные уравнения, описывающие указанный конфликт, дополняются указанными граничными и краевыми условиями.

Помимо этого, планируется разработать блок, отражающий сальдо внешнеторгового баланса для отдельно взятой региональной системы. Он должен замыкать различные выплаты и поступления, возникающие в ходе производства и торговли продукции отраслей, давая окончательный финансовый результат их деятельности.

Описанные направления совершенствования представленной модели делают ее актуальной в силу следующих обстоятельств.

Импортозамещение, о котором сейчас популярно говорить, сталкивается с рядом препятствий, основное из которых – почти полное отсутствие соответствующих инструментов, прежде всего масштабных моделей, описывающих всю совокупность процессов производства и торговли между регионами РФ.

Кроме того, те немногие модели подобного рода, которые все-таки имеются, часто не пригодны для программной реализации.

И при этом создатели указанных моделей зачастую обходят своим вниманием тот факт, что в России давно имеет место рыночная экономика. Поэтому директивные методы управления ею, в частности промышленным производством, реализованные в упомянутых моделях, не соответствуют условиям функционирования национального хозяйства.

Все это и вызвало появление представленной модели, которая далее будет совершенствоваться для полного учета всех перечисленных выше макроэкономических факторов.

Литература

1. Multiregional Economic Modeling: Practice and Prospect. – Amsterdam: North-Holl., 1982.
2. Гранберг А. Г., Суспицин С. А. Введение в системное моделирование народного хозяйства. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 304 с.
3. Сулов В. И. Измерение эффектов межрегиональных взаимодействий: модели, методы, результаты. – Новосибирск: Наука, 1991. – 252 с.
4. Методы и модели разработки региональных энергетических программ / Санеев Б. Г. и др. – Новосибирск: Наука, 2003. – 197 с.
5. Вороний Н. И., Криворуцкий Л. Д., Массель Л. В. Энергетическая безопасность и устой-

чивость развития России: проблемы принятия решений // Проблемы равновесия и устойчивости в экономических и социальных системах: Сб. науч. тр. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. С. 52–56.

6. Малишевский А. В. Качественные модели в теории сложных систем. – М.: Наука. Физматлит, 1998. – 528 с.
7. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / Пер. с фр. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.
8. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981. – 208 с.

*Статья поступила в редакцию 20.05.2015;
переработанный вариант — 19.08.2015*

Самков Тимур Леонидович

к.т.н., доцент кафедры промышленного менеджмента и экономики энергетики Новосибирского государственного технического университета (Новосибирск, 630087, пр. Карла Маркса, 20), 630087, тел. 8(913) 90-90-009, ermin@ngs.ru

Sustainable development modeling of industry systems and regions

T. Samkov

This paper is devoted to the construction of inter-industry *interregional model of sustainable development*. Its goal is to analyze flow of goods and cash flow movement inside a region as well as flow of goods between the regions within the bounds of some territorial social-economic system. These flows are described by relevant model blocks, on which variables, conditions providing indicatively prerequisites of sustainable development for simulated territory are imposed.

Keywords: sustainable development simulation, multispectral, interregional, balance, sectoral planning.