

*Н.М. Оскорбин, О.П. Мамченко*

## **Моделирование финансово-материальных потоков: теоретические аспекты**

Современная рыночная экономика требует принятия эффективных решений, основанных на компьютерной технологии обработки оперативных информационных массивов. Экономико-математическое моделирование становится не просто инструментом исследования рыночной экономики, но и необходимой составляющей экономической науки. В последние годы экономические процессы достигли такой сложности и многогранности, что построение их моделей стало возможным только на системной основе [1, 2]. В качестве основных факторов такой тенденции мы считаем факторы:

1 пространственный (взаимодействие при производстве и реализации товаров и услуг охватывает большое число предприятий или имеет значительный территориальный охват);

1 временной (наибольшую ценность имеют детальные информационно-аналитические исследования в периоде от 3 до 10 лет с детализацией в месяц, квартал, год, особенно на начальном этапе);

1 требования системного соответствия целого и выделяемых элементов моделируемых потоков «замам ответственности» субъектов экономической деятельности (СЭД) – лицам, принимающим решения (ЛПР);

1 интегрированности бизнес-процессов и сложности причинно-следственных связей экономики, включая природные, политические и социальные процессы.

При математическом моделировании экономических систем следует также учитывать возможности современных информационных технологий и тенденции их развития, например, в рамках концепции реинжиниринга [3]. Необходимость использования при этом компьютерной технологии обработки информационных массивов предъявляет повышенные требования к информационному обеспечению, состав которого при переходе к рыночной экономике изменился не только на макро-, но и микроуровне. Это изменение выражено в сокращении информационного обмена между макро- и микроуровнями и расширении информационного обмена микроуровня [2]. В настоящее время использование стандартных средств анализа математических моделей и оптимизации решений дает возможность восстановления межуровневого информационного обмена без существен-

ных затрат на организацию специальных вычислительных процедур.

Анализ литературных источников в рассматриваемом аспекте позволяет сделать вывод о том, что накоплен значительный научный потенциал в области экономико-математического моделирования. Концептуальные основы иерархических многоуровневых систем заложены классической работой [4]. Развитие этих идей и самостоятельные исследования при моделировании экономических процессов и систем отражены, например, в работах [5–10]. Современные подходы при моделировании сложных экономических систем представлены для финансово-промышленных групп [11, 12], территориальных [13] и других систем.

Особо следует отметить математические методы и модели в рассматриваемой области, изложенные в работах [14–21]. Мы выделяем прежде всего математические модели системного уровня. Анализ данных работ позволяет выявить три принципиальных подхода: оптимизационный, экономического равновесия, имитационный.

В первом случае в математической модели выделяют системную цель и ЛПР-центр, ответственный за ее реализацию. Функции центра могут быть структурно представлены отдельным СЭД, как, например, в финансово-промышленной группе, так и без такого представления (коалиционные интересы в кооперативных играх, холдинговые структуры в экономике и др.). Методы оптимизации подобных систем активно разрабатывали еще в классических работах по декомпозиции задач линейного программирования [14, 19, 22].

В условиях плановой экономики не возникали принципиальные проблемы их модельных представлений. Для рыночной экономики необходимо учитывать различие интересов СЭД в объединении и невозможность соединения их решений. На наш взгляд, эти проблемы могут быть сняты в рамках информационной теории иерархических систем [17, 20], теории активных систем [16], теории игр с противоположными интересами [23], моделей конфликтов и компромиссов [20–21]. Наиболее перспективным направлением выступают игры с побочными платежами [23].

Модели экономического равновесия [24]

применимы для описания взаимодействия СЭД с ограниченной интеграцией. С теоретической точки зрения эти модели являются более простыми, чем оптимизационные, и могут быть использованы для описания динамических систем с многоэтапными процессами принятия решений. Ряд новых научных результатов по динамической устойчивости [25] используется для СЭД при «угадывании» механизмов системного взаимодействия, в частности, доказательство того, что информационно расширенные стратегии иерархических игр являются ситуациями равновесия [26].

Имитационный, как наиболее простой, подход к моделированию экономических систем предполагает «угадывание» не только механизмов функционирования, но и решений СЭД. В настоящее время имитационное моделирование поддержано мощными информационными системами и технологиями, его уровень и тенденции развития показывают актуальные направления экономико-математического моделирования. Поэтому целесообразно ориентироваться на использование универсальных и специализированных информационных систем как инструментария при рассмотрении проблемы моделирования производственных, товарных и финансовых потоков в рыночных экономических системах.

Теоретический анализ математических методов и моделей, проведенный нами, позволяет рассмотреть данную проблему с целью получения новых научных результатов. В качестве базовой для моделирования финансово-материальных потоков будем использовать разработанную нами концепцию описания непрерывных производств [9, 27]. В соответствии с данной концепцией типовыми процессами непрерывного производства являются производственный элемент (ПЭ) и накопительный элемент (НЭ). Наличие накопительных элементов на связях между производственными элементами в структуре производственной системы определяет специфику управления и является необходимым при описании временных процессов. При моделировании используется класс дискретных процессов и систем [28]. Основной характеристикой технологического потока в производственной системе является интенсивность, т.е. количество продукции в единицу времени.

Для стационарных режимов производства достаточно оптимизацию его параметров рассматривать на единичном временном интервале. В этом случае описание  $ТП_i$ , ( $i = \overline{1, n}$ ) можно задать четверкой [9]:  $\langle x_i, y_i, v_i, \omega_i \rangle$ , где  $x_i$  –

вектор параметров потока на входе;  $y_i$  – вектор параметров потока на выходе;  $v_i$  – вектор управляющих воздействий;  $\omega_i$  – вектор внешних воздействий (возмущений), информированность всех ЛПР о которых может быть восстановлена.

Для определенности можем принять, что  $x_{i1}, y_{i1}$  – интенсивности потока, а  $x_{ij}, y_{ij}$  при  $j > 1$  – показатели качества потоков на входе и выходе, набор которых достаточен для описания технологических процессов, финансовых переменных и потребительских качеств конечных в последующем товаров. Совокупность векторов управляющих воздействий  $v_i$  образует множество  $V_i$ , которое может зависеть от всех остальных переменных  $ТП_i$ , что обеспечивает условие допустимости траектории потока. Мы не указываем эту зависимость, но по требованию она может быть учтена.

С одной стороны, финансово-материальные запасы в накопительных элементах позволяют уменьшить жесткость связей между производственными элементами и, следовательно, снизить требования к управлению. С другой стороны, наличие накопительных элементов увеличивает число вариантов задачи выбора управлений и требования к оптимальности, интегрированности системы.

Связи между элементами производственной системы задаются как проекционные и, например, для последовательных технологических процессов имеют вид:  $x_{i+1} = y_i$ ,  $i = \overline{1, n-1}$ .

Переменная считается заданной либо включается в вектор  $v_i$ . Иные взаимосвязи между  $ТП_i$  не учитываются.

Описание производственных потоков во времени требует прежде всего учета накопительного фактора [27], однако схема отображения сохраняется.

Если взаимосвязей  $ТП$  по финансовым потокам не происходит, т.е. уровни финансовых потоков не влияют на решения ЛПР, то можно записать задачу оптимизации совокупности последовательных  $ТП_i$ , ( $i = \overline{1, n}$ ) в следующем виде [9, с. 73]:

$$I = \Psi(y_n) - \sum_{i=1}^n \varphi_i(x_i, y_i, v_i, \omega_i) \rightarrow \max_{v_i \in V_i, i=\overline{1, n}} \quad (1)$$

$$y_i = F_i(x_i, v_i, \omega_i), i = \overline{1, n}, \quad ;$$

$$x_{i+1} = y_i, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (2)$$

$$x_1 - \text{задана.} \quad ;$$

Здесь в качестве целевой функции принята интенсивность получения прибыли с рассмат-

риваемого технологического процесса:  $\Psi_{(v_i)}$  – функция стоимости реализации продукции, полученной в единицу времени в зависимости от объема  $y_{nj}$ ,  $j > 1$ ;  $\varphi_i(x_i, y_i, v_i \omega_i)$  – сумма технологических затрат в единицу времени на  $ТП_i$ ,  $(i = \overline{1, n})$ .

Анализ условий (1)–(2) показывает, что производственные потоки отражены в модели наиболее полно, хотя потоки товаров и финансов не детализированы. Данную модель (1)–(2) можно рассматривать в качестве исходной для моделирования финансовых и товарных потоков. Как отмечается в работе «Финансовый рынок: расчет и риск», «движение товара можно рассматривать с момента окончания его производства.» [29, с. 9], поэтому расширение технологических процессов торговыми процессами не меняет формально описания системы, поскольку изменяются только состав и свойства системы. Данное утверждение не исключает использования специализированных моделей товарных потоков, предприятий оптовой торговли, товарных бирж и в том случае, если они интегрированы с производственными системами или являются самостоятельными. Моделирование производственных и торговых объединений позволило бы обеспечить зависимость производственных решений от возмущений на торговые процессы и повысить тем самым эффективность финансирования системы в целом.

Рассмотрим проблемы моделирования финансовых потоков в производственных и торговых системах. Представленная выше модель (1)–(2) включает в себя описание в простейшей форме финансовых потоков. Необходимо выяснить, в каких случаях возникает необходимость расширения модели в рассматриваемом направлении и как это расширение осуществить.

Рассмотрим эти вопросы. Как известно, цены на товары возникли в результате обмена в глубокой древности [29]. И лишь сравнительно недавно, в XIX в., осознали, что финансовые величины выполняют функцию согласования, т.е. оптимального «конкурентного взаимодействия между промышленностью и рынком» [30, с. 62].

Для математического моделирования финансовых потоков принципиально важным является самостоятельность их процессов: наличие институтов оценивания товаров, накопления, передачи денежных средств, изобретение и развитие финансовых инструментов, финансовый

менеджмент. Характерно, что эти процессы происходят зачастую в отрыве от оцениваемых товаров и услуг.

При теоретическом моделировании финансовых потоков нам представляются важными первые две функции: денежного эквивалента товара и инструмент согласования производственных и торговых процессов. При детальном исследовании этих функций можно увереннее моделировать собственные процессы финансового рынка. Данное решение связано с возможностью исследования законов ценообразования как единого комплекса производственных, торговых и финансовых процессов. При этом мы используем свойства цен как объективно обусловленных оценок (см. примечание редактора в работе [30, с. 65]), получаемых из теории двойственности.

Применительно к задаче (1)–(2) данная теория рассматривалась в работе [9], где для  $ТП_i$  получена следующая задача согласования решений:

$$I_i^* = \max_{x_i, v_i \in V_i} [y_i \cdot \lambda_{i+1}^* - \varphi_i(s_i) - x_i \cdot \lambda_i^*] \quad (3)$$

где  $\lambda_i^*$ ,  $\lambda_{i+1}^*$  – векторы оптимальных цен на входные и выходные производственные потоки, размерность которых совпадает с размерностью векторов  $x_i$  и  $y_i$  соответственно;  $s_i = (x_i, y_i, v_i, \omega_i)$

Аналогичная задача метода динамического программирования записывается в следующем виде [7, с. 91]:

$$I_i^{ДП} = \max_{u_i \in V_i} [\Psi_i(y_i, \omega^{i+1}) - \varphi_i(s_i) - \Psi_i(x_i, \omega^i)], \quad (4)$$

где  $\Psi_i(y_i, \omega^{i+1})$ ,  $\Psi_i(x_i, \omega^i)$  – функции Беллмана;  $x_i$  в данном механизме согласования решений – заданная величина;  $\omega^i = (\omega_i, \dots, \omega_N)$  – совокупный вектор возмущений для  $ТП_i$ .

Следует отметить, что наиболее общая форма согласования решений предложена В.Ф. Кротовым. Он показал, что в частных случаях она совпадает с выражением (4) [31], поэтому ограничимся анализом выражений (3), (4). Нетрудно заметить, что целевая функция в выражении (3) отражает операции с финансовыми потоками. Анализ выражения (4), проведенный Р.Н. Люблинским и Н.М. Оскорбинным [9, с. 91–93], показывает, что функция Беллмана также связана со стоимостью соответствующих промежуточных продуктов. Данный вывод базируется на том, что при определенных условиях производная функции Беллмана совпадает с соответствующим множеством Лагранжа. Таким

образом, целевая функция в (4) также связана с финансовыми потоками.

Как результат проведенного анализа выделим основные задачи и методы моделирования финансовых потоков в производственно-торговых процессах.

1. При сложившейся или планируемой системе ценообразования и стратегиях финансового менеджмента определить степень согласованности (оптимальности) функционирования системы в целом.

2. Для заданного производственно-торгово-

го процесса и заданных принципов согласования найти варианты оптимальных финансовых стратегий и, соответственно, рассчитать полученные финансовые потоки.

3. Проводить независимое математическое моделирование финансовых потоков на финансовых рынках, рассматривая процессы накопления и обращения денежных средств.

Методы решения данных задач могут базироваться на оптимизационном, имитационном подходах или использовать модели экономического равновесия.

## Литература

1. Доманова А.В., Жак С.В., Стерликов Ф.Ф. Экономика. Компьютерное моделирование. Ростов-на-Дону, 1998.
2. Мамченко О.П. Реформирование региональной системы управления финансово-материальными потоками. // Проблемы развития региона в условиях общего кризиса: политического, экономического, социального: Материалы межрегиональной научно-практической конференции. Горно-Алтайск, 2000.
3. Охман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии. М., 1997.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М., 1973.
5. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством. М., 1975.
6. Математика и кибернетика в экономике: Словарь-справочник. М., 1975.
7. Плискин Л.Г. Оптимизация непрерывного производства. М., 1975.
8. Багриновский К.А. Основы согласования плановых решений. М., 1977.
9. Люблинский Р.Н., Оскорбин Н.М. Методы декомпозиции при оптимальном управлении непрерывными производствами. Томск, 1979.
10. Оптимизация планов производства / Под ред. Н.Б. Мироносецкого. Новосибирск, 1987.
11. Тишов В.В., Маркова В.Л., Соломенникова Е.А. Финансово-промышленные группы: проблемы становления, функционирования, моделирования. Новосибирск, 1996.
12. Дементьев В.Е. Инвестиционные и инновационные достоинства финансово-промышленных групп // Экономика и математические методы. 1996. №6
13. Лизинг аграрных машин в Сибири / Под ред. В.П. Кокорева, В.В. Титова. Новосибирск, 1998.
14. Лэсдон Л.С. Оптимизация больших систем. М., 1975.
15. Итеративное агрегирование и его применение в планировании / Под ред. Л.М. Дудкина. М., 1979.
16. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. М., 1977.
17. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М., 1982.
18. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. М., 1982.
19. Оскорбин Н.М. О схемах блочного программирования // Экономика и математические методы. 1981. №5.
20. Горелик В.А., Горелов М.А., Кононенко А.Ф. Анализ конфликтных ситуаций в системах управления. М., 1991.
21. Алгазин Г.И. Математические модели системного компромисса. Барнаул, 1999.
22. Цурков В.И. Декомпозиция в задачах большой размерности. М., 1981.
23. Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. М., 1976.
24. Колемаев В.А. Математическая экономика: Учебник для вузов. М., 1998.
25. Данилов Н.И. Теория многошаговых неантагонистических игр. Кемерово, 1985.
26. Кукушкин Н.С., Морозов В.В. Теория неантагонистических игр. М., 1984.
27. Проблемы принятия управленческих решений: Сборник научных трудов / Под ред. О.П. Мамченко, Н.М. Оскорбина. Барнаул, 2000.
28. Пропей А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов. М., 1973.
29. Первозванский А.А., Первозванская Т.Н. Финансовый рынок: расчет и риск. М., 1994.
30. Зангвил У. Нелинейное программирование. Единый подход. М., 1973.
31. Кротов В.Ф., Гурман В.И. Методы и задачи оптимального управления. М., 1973.