

УДК 338.24.01  
ББК 65.9(2)23

## **ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ В СЕТЕВЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУРАХ**

**Просвиркин Н. Ю.<sup>1</sup>**

*(Самарский государственный аэрокосмический  
университет имени академика С.П. Королева, Самара)*

*Предложен комплекс взаимосвязанных критериев при организации взаимодействий интегрированных компаний, позволяющий количественно оценить издержки на товародвижение, сроки поставок, а также загруженность оборудования, складского хозяйства и транспорта. Разработана многокритериальная модель оптимизации взаимодействий для интегрированных компаний. В модели предполагается, что на рынке может существовать неограниченное число производителей и поставщиков. Учитывается спрос на продукцию и объемы поставок каждого поставщика.*

Ключевые слова: многокритериальная модель, векторная оптимизация, управление взаимодействиями элементов.

### **1. Введение**

Существует несколько основных организационных вариантов межфирменных взаимодействий. Разновидность вариантов связей предприятий варьируется практически от полной свободы до полной интеграции с потерей самостоятельности. Выбор конкретного вида партнерских связей определяется условиями, в которых компании осуществляют свою деятельность. Интегрированные структуры разделяют на два основных вида: верти-

---

<sup>1</sup> Николай Юрьевич Просвиркин, доцент, кандидат экономических наук ([nik-prosvirkin@yandex.ru](mailto:nik-prosvirkin@yandex.ru))

кально и горизонтально интегрированные [3]. Вне зависимости от характера взаимодействия возникает ряд общих проблем:

- каждый участник стремится получить наибольшую прибыль;
- согласование интересов необходимо осуществлять на разных уровнях;
- взаимодействие осуществляется в условиях ограниченности информации.

Управление материальными потоками (МП) – достаточно сложный и в определенной мере наукоемкий процесс. При управлении МП требуются знания из различных областей науки. Автором проведен анализ публикаций различных направлений, относящихся к управлению МП. В последние десятилетия вопросы управления материальными потоками рассматривались отечественными авторами: А.М. Гаджинским, Б.А. Аникиным, Л.Б. Миротиним, Ю. Рыжиковым, А.Н. Стерлиговой и др. Научным обоснованием методов управления организационными системами (теории контрактов, исследования операций, теории активных систем и др.) занимались К. Берж, Ю.Б. Гермейер, В.А. Горелик, В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, Н.С. Кукушкин, Д. Нэш, Л.А. Петросян, Р. Ауман, Э. Мулен. Разработка методов векторной оптимизации и теории графов представлены в работах Ю.К. Машунина, Ф. Харрари. Разработка решений многокритериальных задач представлена в работах Е.В. Шикина, Р. Штойера.

Анализ публикаций показывает, что ученые обосновали основные принципы управления товародвижением, разработали множество моделей управления запасами, однако далеко не все аспекты системы поставок и товародвижения достаточно глубоко изучены и проработаны с практической точки зрения. Следует отметить, что еще не получили отражения специфические особенности обеспечения поставок для интегрированных сетевых структур, такие как необходимость обеспечения снижения затрат при одновременном сокращении сроков доставки продукции и увеличении загруженности складского хозяйства и транспорта. Именно данное обстоятельство обусловило актуальность и целесообразность выбора данной темы в качестве предмета исследования.

Обычно при моделировании взаимодействий в интегрированных структурах во многих современных исследованиях не учитывается многофакторный характер взаимоотношений. На взгляд автора, отсутствие учета многокритериальности в теории приводит к ошибочным выводам, а на практике – к потере прибыли. Поэтому для повышения эффективности деятельности необходимо отдельно рассматривать каждый вид и форму взаимодействия с целью установления исчерпывающего количества критериев. Научная новизна исследований состоит в следующем:

1. Сформированы критерии оптимизации системы поставок и товародвижения (на основе исследования поставок для торговых розничных сетей), позволяющие количественно оценить издержки на товародвижение, сроки поставок и загруженность складского хозяйства и транспорта.

2. Разработана многокритериальная модель оптимизации системы поставок и товародвижения на основе сформированных критериев, которая позволяет одновременно в полной мере учитывать издержки на товародвижение, сроки поставок и загруженность складского хозяйства и транспорта.

В общем случае при взаимодействии элементов в рамках одного технологического процесса, а также при движении продукции по каналам распределения необходимо учитывать следующие основные критерии:

1. Снижение затрат на товародвижение.
2. Сокращение затрат времени на доставку продукции.
3. Учет загрузки складского хозяйства и транспорта.

В статье предложена многокритериальная модель, которая учитывает вышеперечисленные критерии. Рассматривается вертикальная интеграция без вступления в какие-либо альянсы и т. п. Взаимодействие начинается лишь при условии, что оно выгодно финальному звену – торговой компании. На практике отдельные звенья товаропроводящей сети имеют свои интересы, однако в критериях или ограничениях они не учитывались, так как рассматривается движение сквозного материального потока (МП). Движение МП по звеньям цепочки должно быть оптимальным с точки зрения финального звена. Вопрос о том, являются ли звенья независимыми хозяйствующими субъектами,

остается за рамками модели, так как форма собственности не имеет значения для модели. На рынке для торговой компании (либо сборочного производства) существует несколько возможных поставщиков, которые могут поставить ресурс (товар, продукцию, комплектующие) нескольких ассортиментных групп  $A = \{1, \dots, a, \dots, m\}$ , где  $a$  – порядковый номер продукции номенклатурной группы;  $N = \{1, \dots, i, j, \dots, n\}$  – количество элементов (цеха, производства, агенты, склады и др.), которые могут участвовать во взаимодействии. Каждая производственная компания  $i \in N$  может производить ресурс в объеме  $0 \leq w_i \leq W_i$  и продавать товар другой компании  $j \in N$ ,  $i \neq j$ , в объеме  $0 \leq v_{ij} \leq V_{ij}$ . Для существующей торговой структуры может быть большое количество поставщиков. Одна и та же компания может выступать и в качестве покупателя, и в качестве продавца. Требуется построить схему взаимодействия  $X$  производственных и торговых элементов для оптимального перемещения товаров от производителей к потребителю, если известен согласованный объем поставок  $v_s$ , цена приобретения одной единицы продукции у производителя  $P_{ai}$ , количество единиц товара, которые заказывает торговая структура для одной поставки  $Q_a$ , количество рабочих дней в году  $T^r$ . Взаимодействие элементов [1, 2] представляется в виде ориентированного графа [5], состоящего из  $N$  элементов, см. рис. 1.

Компания располагает ретроспективной информацией о значениях спроса на рынке за предыдущие периоды  $v_t$ . На основе информации об объеме рынка, торговая компания определяет необходимый объем поставок  $v_s$ , который в дальнейшем подлежит реализации. Введем следующие обозначения:

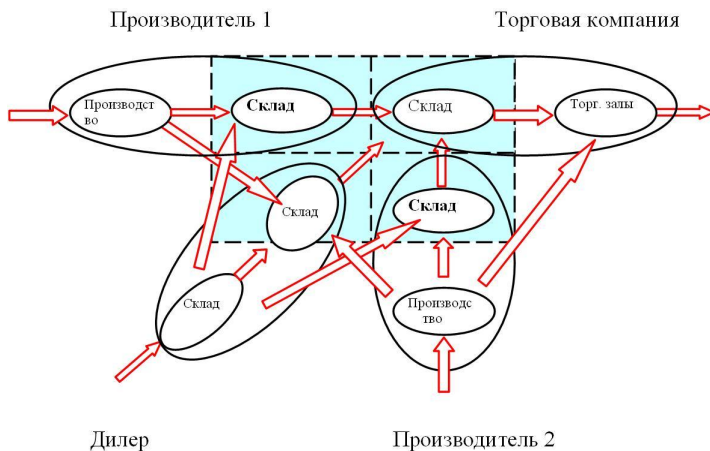
$v_t$  – объем реализации продукции за соответствующий период (строится на основе ретроспективной информации о продажах), шт.;

$v_t^{pr}$  – прогнозный объем спроса, шт.;

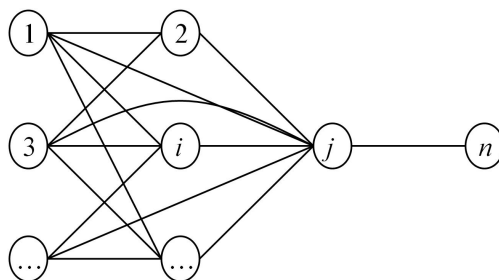
$v_s$  – требуемый объем поставок, шт.

Требуемый объем поставок определяется на основе прогнозных значений спроса:

$$(1) \quad v_s = f(v_t, v_t^{pr}).$$



а) реальная схема взаимодействий



б) формальная схема взаимодействий

Рис. 1. Графическое представление взаимодействий элементов

Продукция от производителя поставляется несколькими партиями через определенные периоды. Заказ на доставку очередной партии товара подается при минимальном остатке запаса у торговой структуры. Введем следующие обозначения:

$Q_a$  – количество единиц товара ассортиментной группы  $a$ , которые заказывает торговая структура для одной поставки (размер партии заказа), шт.;

$P_{ai}$  – цена приобретения одной единицы продукции у  $i$ -го производителя, руб.

Функция спроса имеет следующий вид:

$$(2) \quad v_i^{pr} = f(P_{ai}, b_0, b),$$

где:  $b_0$  – товарооборот в начальном периоде ( $b = 0$ ), шт.;  $b$  – ежегодный прирост, шт.

Торговые и производственные компании работают  $T^r$  дней в году.

При перемещении товаров возникают издержки:

$c_{ij}^d$  – затраты на доставку одной партии продукции от  $i$ -го элемента к  $j$ -му, руб.;

$c_{ij}^h$  – издержки хранения одной партии продукции, руб.;

$C_{об}$  – общие затраты на управление запасами, руб.

Функция объема поставок имеет следующий вид:

$$(3) \quad Q_a = f(c_{ij}^d, c_{ij}^h, v_s).$$

Для расчета точки переказа и периодичности поставок используются стандартные модели оптимального управления запасами и поставками. То есть в этой части автор не претендует на новизну.

Можно рассматривать несколько возможных схем взаимодействий. При выборе схемы необходимо рассчитывать выигрыш, который возникнет при оптимальной схеме, и сравнивать его с выигрышем, который получается при неоптимальной.

Постоянные модели представлены в виде матриц затрат:

$$(4) \quad C = \{c_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\};$$

нормативов времени доставки продукции от производителей к потребителю из расчета на одну партию продукции:

$$(5) \quad T = \{t_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\}.$$

Известны коэффициенты загрузки:

$$(6) \quad K = \{k_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\}.$$

Все коэффициенты рассчитываются исходя из согласованного объема поставок, т. е. показывают, насколько загружены элементы системы при определенном количестве заказа.

Коэффициенты загрузки транспорта определяются путем сопоставления (отношения) фактического объема перевозимого товара к нормативной вместимости транспорта.

Коэффициенты загрузки оборудования определяются путем сопоставления (отношения) фактического объема перерабатываемого товара к нормативному количеству.

Коэффициенты загрузки складских площадей определяется путем сопоставления (отношения) фактического объема хранящегося на складе товара к нормативной вместимости склада.

Коэффициенты загрузки не являются постоянными модели, естественно, что при различных схемах и объемах поставок они будут меняться.

Затраты включают в себя ряд статей, транспортно-заготовительные издержки

$$(7) \quad C = \{c_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}; i \neq j\},$$

а также издержки по хранению:

$$(8) \quad C = \{c_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}; i = j\}.$$

В данном случае транспортно-заготовительные издержки и издержки хранения обозначаются одинаково как виды издержек. Однако по диагонали матрицы откладываются издержки по хранению за период, а остальные элементы матрицы отражают транспортно-заготовительные расходы. Затраты рассчитываются на основании смет расходов и в свою очередь состоят из ряда статей. Транспортно-заготовительные расходы – это расходы за определенный период (за который делается  $i$  заказов), они обязательно относятся к одному заказу. Их приходится к одному заказу приводить.

Смета транспортно-заготовительных расходов (в расчете на один заказ) включает в себя следующие виды затрат:

а)  $g_1$  – затраты, связанные с оформлением договора поставки, т. е. расходы на возможные командировки, представительские расходы на проведение переговоров, расходы, связанные с необходимостью осуществления контроля за процессом поставок, и т. п.;

б)  $g_2$  – затраты на охрану груза в процессе перевозки;

в)  $g_3$  – затраты на страхование;

г)  $g_4$  – затраты на транспортирование;

д)  $g_5$  – прочие расходы, связанные с исполнением заказа.

Следует иметь в виду, что затраты  $g_2$ ,  $g_3$ , и  $g_4$  включаются в состав транспортно-заготовительных расходов только в той степени, в какой это предусмотрено условиями франкировки груза (франко-пункт на пути движения товара от поставщика к потребителю, стоимость продвижения до которого входит в стоимость товара).

Суммарные транспортно-заготовительные расходы определяются по формуле

$$(9) \quad c^h_{i,j} = \frac{1}{l} \cdot \sum_{b=1}^l g_b,$$

где  $l$  – количество заказов, размещенных и выполненных за определенный период;  $b$  – порядковый номер издержек.

Издержки по хранению за период  $T$  также включают в себя ряд статей:

- а)  $r_1$  – проценты за кредит;
- б)  $r_2$  – заработная плата персонала, связанного с содержанием запасов;
- в)  $r_3$  – административные расходы и коммунальные услуги;
- г)  $r_4$  – амортизация зданий и оборудования, используемых для хранения запасов;
- д)  $r_5$  – охрана, потери и прочие текущие расходы, связанные с содержанием запасов.

Издержки по хранению за период  $T$  определяются по формуле

$$(10) \quad c^d_{i,j} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{b=1}^l r_b$$

Естественно, размерности элементов матрицы затрат должны быть одинаковыми.

Матрица переменных модели представляет собой матрицу инцидентий. Матрицей инцидентий графа называется квадратная  $|N| \times |N|$  матрица, элемент  $x_{ij}$  которой равен единице в том случае, если в графе  $X$  имеется дуга  $ij$ , и нулю в противном случае. Матрица инцидентий определяет структуру взаимодействия элементов системы при перемещении одной партии продукции:

$$(11) \quad X = \{x_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\}.$$



Матрица инцидентий является отображением графа схем поставок, состоящего из множества вершин  $X = \{X_i\}$ . Размерность матрицы инцидентий  $N$  представляет собой количество хозяйствующих субъектов в системе. Матрица инцидентий принадлежит пространству  $N$ -мерных векторов  $X \in R^N$  (пространству переменных модели).

В качестве критериев оптимизации принимаются три параметра. Критерий оптимизации издержек:

$$(12) F_1(X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{i,j} \cdot x_{i,j} \longrightarrow \min .$$

Критерий оптимизации сроков поставок:

$$(13) F_2(X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N t_{i,j} \cdot x_{i,j} \longrightarrow \min .$$

Критерий оптимизации коэффициентов загрузки:

$$(14) F_3(X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{i,j} \cdot x_{i,j} \longrightarrow \max .$$

При функционировании организационно-экономической системы возникает ряд ограничений. Введем следующую систему ограничений:

$$(15) \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{i,j} \cdot x_{i,j} < v_s \cdot P_a .$$

Экономическая интерпретация ограничения состоит в том, что элементы системы начинают взаимодействовать между собой только тогда, когда в результате такого взаимодействия возникает экономическая выгода для производителя, т. е. его затраты не превышают выручку.

Второе ограничение представляет собой минимально необходимое количество связей между элементами системы, которое не может быть меньше количества поставок за весь период:

$$(16) \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{i,j} > \frac{v_s}{Q_a} .$$

Третье неравенство накладывает на производителя обязательства по соблюдению сроков поставки продукции, которые

задает потребитель в условиях превышения предложения над спросом:

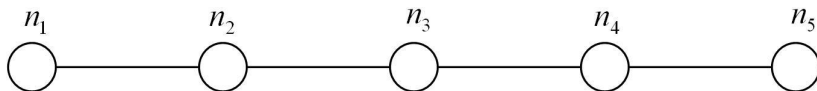
$$(17) \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N t_{i,j} \cdot x_{i,j} < \frac{Q_a \cdot T^r}{v_s}.$$

Ограничение по коэффициентам загрузки определяется следующим образом:

$$(18) \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{i,j} \cdot x_{i,j} < \frac{2v_s}{Q_a} + 1.$$

Каждый элемент системы стремится приблизить  $k_{i,j}$  к единице (загрузить на 100% свои мощности), причем  $k_{i,j} \in [0; 1]$ .

Значение коэффициентов загрузки не может быть больше суммы элементов и количества связей между ними за выбранный период. Максимальное значение этого критерия будет соответствовать структуре минимально связанного графа:



Дуги обозначают коэффициенты загрузки транспорта, а вершины – загрузку производственного, складского или торгового оборудования, в зависимости от того, какой элемент взаимодействия обозначает вершина. Коэффициенты загрузки меняются в зависимости от объема проходящего потока и маршрута, по которому продвигается МП. Финальное звено стремится учесть интересы элементов системы (на практике это позволит потребовать уступок в цене их услуг и т. п., кроме того элементы системы могут юридически и фактически принадлежать финальному звену).

Ограничение показывает, что объемы поставок должны совпадать с суммарным объемом спроса. Длительность отрезка времени между поставками совпадает с суммарной длительностью ряда идущих последовательно периодов, а объем поставки должен совпадать с совокупным объемом спроса за этот отрезок:

$$(19) \sum_{a=1}^m Q_a = v_s$$

Возможны два варианта:

1.  $v_s = v_i^{pr}$ . Объемы поставки равны прогнозным значениям спроса. Такой вариант возможен в том случае, если торговое предприятие закупает данный вид продукции у единственного производителя.

2.  $v_s < v_i^{pr}$ . Объемы поставки меньше прогнозных значений спроса. Такой вариант обычно практикуется в случае, если торговое предприятие закупает определенный вид продукции у нескольких поставщиков.

В качестве аппроксимирующей зависимости для прогнозирования динамического ряда спроса применяется полином следующего вида:

$$(20) v_i^{pr} = b_0 + b_1 \cdot P_a + \frac{b_2}{2!} \cdot P_a^2 + \dots + \frac{b_q}{q!} \cdot P_a^q = \sum_{r=0}^q \frac{b_r}{r!} \cdot P_a^r$$

Тогда ограничение принимает вид:

$$(21) \sum_{a=1}^m Q_a \leq \sum_{r=0}^q \frac{b_r}{r!} \cdot P_a^r$$

Формулировка критериев эффективности и системы ограничений позволяет подойти к постановке проблемы формирования схемы взаимодействий, которая состоит в следующем: требуется построить матрицу ориентированного графа  $X$ , представляющего структуру поставок продукции, содержащую в своем составе  $n$  вершин, связанных между собой так, чтобы выбранные критерии эффективности достигали оптимальных значений с учетом ограничений. Поиск оптимального взаимодействия производится с помощью принципов решения многокритериальных задач [3]. Критерии задачи не однородны, так как часть критериев оптимизации стремится к минимальному значению, а один – к максимальному. Методика оптимизации системы поставок и товародвижения предполагает выбор схемы поставок на основе графа Парето – оптимальных управлений [3, 6]. Приведенные критерии оптимизации находятся в существенном экономическом противоречии, так как с сокращением сроков поставки товара от производителя к потребителю возрастают транспортно-заготовительные издержки и затраты организации, связанные с хранением. Транспортно-заготовительные издержки

элементов системы возрастают при сокращении сроков поставки, так как в этом случае необходимо использовать более мобильный транспорт для доставки груза  $g_4$  и существенно возрастают сопутствующие расходы  $g_1, g_2, g_3$ . Затраты на хранение груза также возрастают, что связано, прежде всего, с необходимостью поддержания большого количества продукции на складах  $r_1, r_2, r_3$ . Кроме того, каждый элемент системы заинтересован в повышении коэффициентов загрузки. Однако при увеличении коэффициентов загрузки возрастает время доставки продукции до потребителя.

Сложность проблем противоречивости критериев обусловила появление ряда математических моделей, которые могут адекватно отобразить решаемую проблему и ее многоцелевой характер [4, 7]. Существует ряд методов решения многокритериальных задач, описанных в [3, 8, 9]. К основным из них относятся: метод уступок, метод идеальной точки, метод свертывания, метод ограничений, метод анализа иерархий. Указанные методы носят общий характер и необходимо выбрать и адаптировать для решения поставленной задачи конкретный метод. При решении сформулированной задачи, на взгляд автора, целесообразно применять модели многокритериальной оптимизации. В таком случае возникает вопрос о выборе комплексного критерия оптимальности, включающего в себя все три критерия. Сформулируем задачу векторной оптимизации взаимодействия в общем виде:

$$(22) \text{ opt } f(X) = \left\{ \begin{array}{l} \max f_1(X) = \{F_3(X), k = 1, K^+\} \\ \min f_2(X) = \{F_1(X), F_2(X), k = 1, K^-\} \end{array} \right\},$$

при следующих ограничениях:

$$(23) \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{i,j} \cdot x_{i,j} < v_s \cdot P_a \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{i,j} > \frac{v_s}{Q_a} \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N t_{i,j} \cdot x_{i,j} < \frac{Q_a \cdot T^r}{v_s}, \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{i,j} \cdot x_{i,j} < \frac{2v_s}{Q_a} + 1 \\ \sum_{a=1}^m Q_a \leq \sum_{r=0}^q \frac{r_j}{r!} \cdot P_a^r \end{array} \right.$$

где  $X = \{x_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\}$  – матрица переменных;  $f_1(X)$  – векторный критерий, компонент которого направлен на максимизацию;  $f_2(X)$  – векторный критерий, каждый компонент которого направлен на минимизацию;  $K^+ \cup K^- = K$  – множество индексов компонентов критериев максимизации и минимизации.

Анализ предложенной модели позволяет сделать несколько выводов. Во-первых, модель имеет сетевой характер взаимодействия элементов и приводит к классу многокритериальных задач векторной оптимизации. Во-вторых, при формировании оптимального взаимодействия целесообразно использовать методы, основанные на выборе компромиссного решения. В-третьих, формирование системы происходит в условиях ограниченности сроков поставок, объемов поставок при одновременном выполнении требований к минимальному экономическому эффекту, минимально необходимому количеству связей между элементами и максимальной загрузке оборудования, складского хозяйства и транспорта. И, наконец, решением компромиссной задачи поиска оптимального взаимодействия является поиск такого количества связей между элементами системы и их взаимного расположения, при котором система является наименее затратной по издержкам и времени поставок и наиболее загруженной по использованию оборудования, складского хозяйства и транспорта. Разработки автора используются в практической деятель-

ности торговых и производственных компаний. Отдельные результаты нашли практическое применение в нескольких интегрированных компаниях.

### **Литература**

1. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., НОВИКОВ Д.А. *Теория графов в управлении организационными системами*. – М.: Синтег, 2001. – 52 с.
2. ГЕРАСЬКИН М.И. *Согласование экономических интересов в корпоративных структурах* – М.: ИПУ РАН, Анко, 2005. – 293 с.
3. ГЕРАСЬКИН М.И., ЛАЗАРЕВ Ю.Н. *Алгоритм решения многокритериальных задач управления // Известия СНЦ Российской академии наук*. – 2001. – Т.3. №1. – С. 80–85.
4. ГОРОДНОВ В.П., ФЫК О.В. *Математическое моделирование, оценка эффективности и синтез организационных структур предприятий* – Харьков: НУА, 2005. – 192 с.
5. ЗЫКОВА А.А. *Основы теории графов* – М.: Наука, 1987. – 344 с.
6. НОГИН В.Д., ПОДЖОВСКИЙ В.В. *Парето-оптимальные решения многокритериальных задач* – М.: Наука, 1982.
7. НОВИКОВ Д.А. *Сетевые структуры и организационные системы*. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 102 с.
8. ПРОСВИРКИН Н.Ю. *Алгоритм согласования взаимных интересов производственных и торговых структур как элементов организационно-экономической системы «производитель-потребитель» / Сб. науч. тр. «Корпоративное управление в России: состояние, проблемы, развитие». Вып. 4.* – Самара: МАКУ, ПДЗ, СГАУ, 2007. – С. 43–48.
9. ШИКИН Е.В., ШИКИНА Г.Е. *Исследование операций : учеб. пособие*. – М.: Проспект, 2006. – 280 с.

**MATHEMATICAL ECONOMIC MULTI-OBJECTIVE  
MODEL OF INTERACTION IN INTEGRATED NETWORK  
ORGANIZATION STRUCTURES**

**Nikolay Prosvirkin**, Samara State Aerospace University, Samara,  
Candidate of Economic Science, assistant (nik-prosvirkin@yandex.ru)

*Abstract: A list of interconnected criteria for interaction of integrated companies is developed. They give quantitative estimates of the costs of physical distribution, delivery period and utilized capacity. A multi-objective optimization model of interactions for integrated companies is developed. Unlimited number of producers and suppliers are supposed in the model. Demand for the production of every supplier is accounted with respect to purchase volumes.*

Keywords: multi-objective model, vector optimization, management of elements interaction.

*Статья представлена к публикации  
членом редакционной коллегии В. В. Клочковым*