

## АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ МЕЖКОРПОРАТИВНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И АЛГОРИТМ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ В ПОЛИКОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

©2004 М.И. Гераськин

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассматривается проблема математического моделирования межкорпоративных взаимодействий в рамках образующихся в результате этих взаимодействий поликорпоративных систем. Исследованы экономические механизмы взаимодействий, разработан алгоритм синтеза вектора экономических индикаторов взаимодействий и определен экономический эффект, возникающий в поликорпоративной системе.

### Введение

В процессе консолидации различных хозяйствующих субъектов в результате взаимодействия организаций, принадлежащих различным корпорациям, образуются целостные системы, которые, в соответствии с их структурой, являются поликорпоративными. Механизмы возникновения поликорпоративных систем отражают нарастающие в экономике современной России процессы интеграции секторов, отраслей и отдельных хозяйств в целях максимизации экономического и социального эффектов хозяйственной деятельности. Поликорпоративные системы образуются на основе взаимопроникновения функций экономических агентов с различными целями, их взаимодействия для достижения собственных целей, взаимопересечения и, как следствия, взаимосогласования их экономических интересов. Экономические агенты, интегрированные в систему, далее будут именоваться активными элементами (АЭ)[1].

Структурно поликорпоративные системы как объект исследования близки к такому исторически ранее изучавшемуся объекту, как многосекторные модели экономики. В частности, достаточно полно рассмотрена трехсекторная модель экономики [2], в которой исследуется взаимодействие таких подсистем, как материальный сектор, производящий предметы труда (топливо, энергию, сырье и др.); фондосоздающий сектор, производящий средства труда (оборудование, производственные здания и др.); потребительский сектор, изготавливающий предметы потребления.

При условиях [3] линейно-однородности производственных процессов в секторах, постоянства коэффициентов амортизации и прямых материальных затрат, а также в случае замкнутости экономики анализ модели привел [4] к важному выводу: решение проблемы управления такой полисекторной системой может быть получено в рамках балансов доходов и расходов секторов (подсистем).

Аналогичные подходы применялись для решения проблемы агрегирования балансовой модели “затраты-выпуск” (В. Леонтьев, П. Самуэльсон), исследованной российскими экономистами применительно к агрегированию межотраслевых балансов (А.Г. Гранберг, А.А. Шананин). В рамках предположений [5] о конкурентности рынков производства, обмена и распределения и делимости функций различных отраслей экономики (то есть возможности определить материальные, финансовые и информационные потоки между отраслями) сформирована агрегированная функция прибыли поликорпоративной системы, в которой проявилась взаимозависимость (баланс) эффектов отдельных отраслей.

Таким образом, основной и достаточно апробированный при исследовании функционирования поликомпонентных экономических объектов метод заключается в построении балансов взаимодействий (материальных, финансовых и информационных потоков) элементов системы и формировании на их основе механизмов оптимизации этих взаимодействий.

### Формулировка задачи управления в поликорпоративной системе

Один из вариантов структуры поликорпоративной системы приведен на рис. 1. Система включает в себя две подсистемы с центрами  $\Pi^1$  и  $\Pi^2$ , а также входящие в первую подсистему  $AЭ_1^1, AЭ_2^1$ , во вторую подсистему  $AЭ_1^2, AЭ_2^2$  (верхний индекс соответствует подсистеме, нижний – АЭ). Символом  $\Pi^0$  на рис. 1 обозначен “мнимый” центр поликорпоративной системы, роль которого заключается в аккумулировании и последующем полном распределении эффекта межкорпоративных взаимодействий.

Сущность процесса управления в поликорпоративных системах заключается в выборе значений параметров взаимодействий подсистем, максимизирующих критерии эффективности АЭ и центров подсистем. Поэтому задача управления является многокритериальной.

В систему уравнений, описывающих функционирование системы [6], входят в качестве переменных только параметры, обусловленные процессами внутрикорпоративных и межкорпоративных взаимодействий; остальные экономические индикаторы, влияющие на значения критериев эффективности, рассматриваются как постоянные.

Введем обозначения критериев эффективности:  $f_0^k(y)$  – критерий эффективности центра  $k$ -й подсистемы (корпорации), отражающий прибыль членов корпорации, направленной центру в результате распределения прибыли между собственниками и капитализацией;  $f_j^k(y)$  – критерий эффективности  $j$ -го АЭ  $k$ -й подсистемы, отражающий часть прибыли, инвестированной в его хозяйство в результате распределения прибыли;  $f_0(y)$  – критерий эффективности поликорпоративной системы в целом, выражающий экономический эффект взаимодействий корпораций, входящих в поликорпоративную систему.

Система уравнений, описывающих функционирование поликорпоративной системы, имеет вид [6]:

$$\begin{aligned} \max f_j^k(y) = & y_{j(5)}^k \left[ (1 - (1 - n_V)n_P - n_V)(y_{j(2)}^k - y_{j(1)}^k) - \right. \\ & \left. - (n_E - n_P - n_E n_P)(y_{j(3)}^k + y_{j(6)}^k) + \right. \\ & \left. + \left( n_P - 1 - \frac{n_F(1 - n_P)}{P_j^{kF}} \right) (y_{j(4)}^k + y_{j(7)}^k) \right] \end{aligned} \quad (1)$$

$j \in [1, J_k], k \in [1, K]$

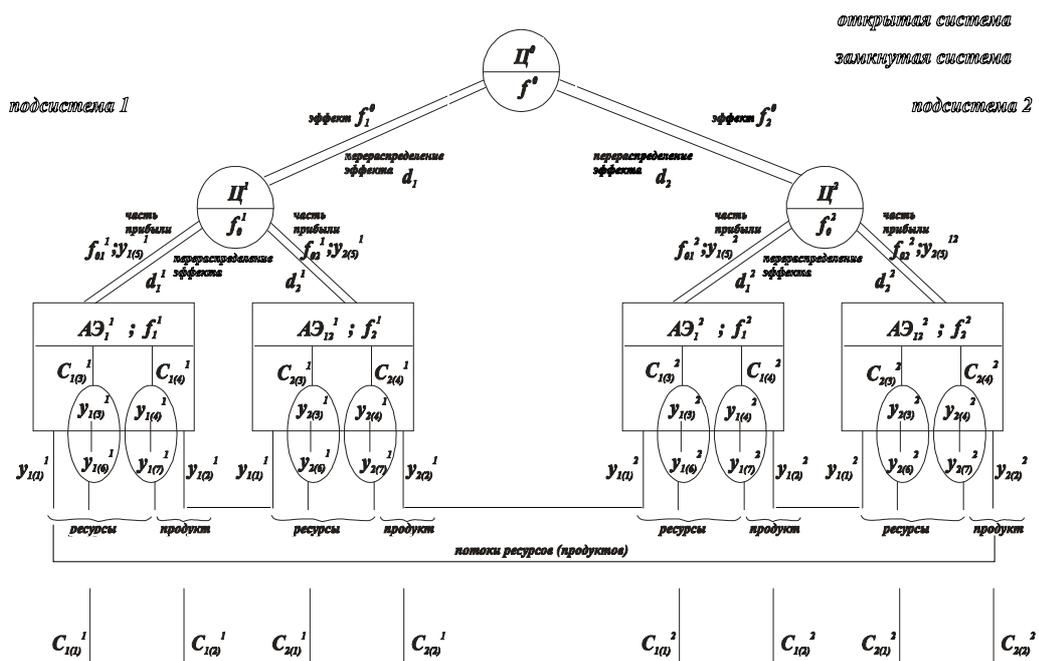


Рис. 1. Структура поликорпоративной системы

$$\max f_0^k(y) = \sum_{j=1}^{J_k} (1 - y_{j(5)}^k) \cdot [(1 - (1 - n_V)n_P - n_V) \times (y_{j(2)}^k - y_{j(1)}^k) - (n_E - n_P - n_E n_P)(y_{j(3)}^k + y_{j(6)}^k) + (n_P - 1 - \frac{n_F(1 - n_P)}{P_i^{kF}})(y_{j(4)}^k + y_{j(7)}^k)], \quad k \in [l, K], \quad (2)$$

$$C_{j(3)}^k = y_{j(3)}^k + y_{j(8)}^k + y_{j(9)}^k, \quad C_{j(4)}^k = y_{j(4)}^k + y_{j(7)}^k + y_{j(9)}^k, \quad j \in [0, J_k], \quad k \in [l, K], \quad (3)$$

$$y_{ji(8)}^k = y_{ij(6)}^k, y_{ji(9)}^k = y_{ij(7)}^k, \quad j \in [0, J_k], \quad k \in [l, K], \quad (4)$$

$$y_{j(1)}^k = \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} y_{ij(2)}^k + C_{j(1)}^k, \quad y_{j(2)}^k = \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} y_{ji(1)}^k + C_{j(2)}^k, \quad j \in [0, J_k], \quad k \in [l, K], \quad (5)$$

$$g_j^k(f_j^k) = \max_{y_j^k \in Y_j^k} f_j^k(y_j^k), \quad j \in [0, J_k], \quad k \in [l, K], \quad (6)$$

$$y_{j(2)}^k \geq \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} y_{i(2)}^k \frac{1}{1 - (1 - n_V)n_P - n_V} \times (g_i^k(f_i^k) / y_{i(5)}^k + (n_E - n_P - n_E n_P)(y_{i(3)}^k + y_{i(6)}^k) - (n_P - 1 - \frac{n_F(1 - n_P)}{P_i^{kF}})(y_{i(4)}^k + y_{i(7)}^k)) + C_{j(2)}^k, \quad j \in [0, J_k], \quad k \in [l, K], \quad (7)$$

$$y_{j(2)}^k \leq \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} y_{i(2)}^k \frac{1}{1 - (1 - n_V)n_P - n_V} \times (n_E - n_P - n_E n_P)(y_{i(3)}^k + y_{i(6)}^k) - (n_P - 1 - \frac{n_F(1 - n_P)}{P_i^{kF}})(y_{i(4)}^k + y_{i(7)}^k) + C_{j(2)}^k, \quad j \in [0, J_k], \quad k \in [l, K], \quad (8)$$

$$y_{j(1)}^k \leq \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} [y_{i(1)}^k + \frac{1}{1 - (1 - n_V)n_P - n_V} \times (g_i^k(f_i^k) / y_{i(5)}^k + (n_E - n_P - n_E n_P)(y_{i(3)}^k + y_{i(6)}^k) - (n_P - 1 - \frac{n_F(1 - n_P)}{P_i^{kF}})(y_{i(4)}^k + y_{i(7)}^k)) + C_{j(1)}^k], \quad j \in [0, J_k], \quad k \in [l, K], \quad (9)$$

$$y_{j(1)}^k \geq \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} y_{i(1)}^k + \frac{1}{1 - (1 - n_V)n_P - n_V} \times ((n_E - n_P - n_E n_P)(y_{i(3)}^k + y_{i(6)}^k) - (n_P - 1 - \frac{n_F(1 - n_P)}{P_i^{kF}})(y_{i(4)}^k + y_{i(7)}^k)) + C_{j(1)}^k, \quad j \in [0, J_k], \quad k \in [l, K], \quad (10)$$

$$y_{j(3)}^k \geq y_{j(3)}^{k \min}, \quad y_{j(4)}^k \geq y_{j(4)}^{k \min}, \quad (11)$$

$$\max f_0(y) = \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{J_k} [(1 - (1 - n_V)n_P - n_V) \times (1 - M_j^k) \sum_{i=J_k+1}^{I_k} y_{ji(2)}^k + \frac{n_V + n_P}{1 + n_V} \times \sum_{i=J_k+1}^{I_k} (\alpha_{j(2)}^k y_{ij(2)}^k - \alpha_{j(1)}^k y_{ji(1)}^k) + n'_E y_{j(6)}^k + (1 - (1 - n_V)n_P - n_V) y_{j(7)}^k], \quad (12)$$

где использованы следующие обозначения экономических индикаторов состояния  $j$ -го АЭ  $k$ -й подсистемы:  $y_{j(1)}^k$  – расходы на потребление материальных ресурсов;  $y_{ij(1)}^k$  – расходы на потребление продукта  $i$ -го АЭ;  $y_{j(2)}^k$  – объём продаж продукта;  $y_{ji(2)}^k$  – объём продаж  $i$ -му АЭ;  $y_{j(3)}^k, y_{j(4)}^k$  – расходы на оплату используемых собственных трудовых и фондовых ресурсов;  $y_{j(6)}^k, y_{j(7)}^k$  – расходы на оплату привлеченных трудовых и фондовых ресурсов;  $y_{j(8)}^k, y_{j(9)}^k$  – неиспользуемые трудовые и фондовые ресурсы, переданных другим АЭ;  $C_{j(1)}^k$  – стоимость материальных ресурсов, приобретаемых вне корпорации;  $C_{j(2)}^k$  – стоимость продукта, проданного вне корпорации;  $C_{j(3)}^k, C_{j(4)}^k$  – расходы на оплату всех трудовых и фондовых ресурсов;  $y_{j(3)}^{k \min}, y_{j(4)}^{k \min}$  – минимально необходимые расходы на оплату собственных

трудовых и фондовых ресурсов;  $y_{j(5)}^k$  – соотношение между суммой инвестируемой прибыли и суммой прибыли, направляемой собственникам,  $y_{j(5)}^k \in [0, 1]$ ,  $P_j^{kF}$  – норма амортизации основных средств;  $M_j^k$  – материалоемкость продукции;  $\alpha_{j(1)}^k$  – доля неоплаченной кредиторской задолженности;  $\alpha_{j(2)}^k$  – доля неоплаченной дебиторской задолженности. Используются следующие обозначения для постоянных экономической среды (макроэкономических индикаторов):  $n_E$  – ставка единого социального налога;  $n'_E$  – ставка страхового социального взноса  $n_V$  – ставка налога на добавленную стоимость;  $n_F$  – ставка налога на имущество;  $n_P$  – ставка налога на доходы (прибыль) организации.

Максимальное значение критерия  $j$ -го АЭ  $k$ -й подсистемы, достигаемое без учета взаимодействий в рамках внутрикорпоративных и межкорпоративных отношений обозначено символом  $g_j^k(f_j^k)$  при  $y_j^k \in Y_j^k$ , где допустимая область  $Y_j^k$  определяется условиями (3), (4), (11).

Индексы принадлежат диапазонам

$$j \in [0, J_k], i \in [0, I_k], k \in [1, K],$$

причем индекс “0” соответствует экономическим индикаторам центра; индексы  $j \neq 0, i \neq 0$  соответствуют АЭ подсистемы; параметр  $J_k$  равен количеству АЭ в подсистеме (количеству организаций, интегрированных в корпорацию); параметр  $I_k$  отражает количество АЭ, с которыми взаимодействуют АЭ  $k$ -й системы (количество организаций, предлагающих свой продукт членам корпорации и приобретающих их продукт). Предполагается, что имеет место межкорпоративное взаимодействие  $J_k \leq I_k$ .

Задача управления заключается в следующем: определить вектор состояния системы

$$y = \{y_{j(1)}^k, y_{j(2)}^k, y_{j(3)}^k, y_{j(4)}^k, y_{j(5)}^k, y_{j(6)}^k, y_{j(7)}^k, y_{j(8)}^k, y_{j(9)}^k, j \in [1, J_k], k \in [1, K]\},$$

удовлетворяющий системе (1) – (12).

Определим коэффициенты системы уравнений (1)-(12) с учетом следующих значений постоянных экономической среды  $n_V = 0,18$ ,  $n_P = 0,24$ ,  $n_E = 0,356$ ,  $n'_E = 0,04$ ,  $n_F = 0,022$ , при  $P_j^{kF} = 0,1$ ;  $\forall j, k$ . В этом случае система уравнений (1)-(12) примет вид:

$$\max f_j^k(y) = y_{j(5)}^k \left[ 0,63(y_{j(2)}^k - y_{j(1)}^k) - 0,03(y_{j(3)}^k + y_{j(6)}^k) - 0,93(y_{j(4)}^k + y_{j(7)}^k) \right] \quad (1a)$$

$$j \in [1, J_k], k \in [1, K],$$

$$\max f_0^k(y) = \sum_{j=1}^{J_k} (1 - y_{j(5)}^k) \cdot \left[ 0,63(y_{j(2)}^k - y_{j(1)}^k) - 0,03(y_{j(3)}^k + y_{j(6)}^k) - 0,93(y_{j(4)}^k + y_{j(7)}^k) \right] \quad (2a)$$

$$k \in [1, K],$$

$$C_{j(3)}^k = y_{j(3)}^k + y_{j(6)}^k + y_{j(8)}^k,$$

$$C_{j(4)}^k = y_{j(4)}^k + y_{j(7)}^k + y_{j(9)}^k, \quad (3a)$$

$$j \in [0, J_k], k \in [1, K],$$

$$y_{ji(8)}^k = y_{ij(6)}^k, y_{ji(9)}^k = y_{ij(7)}^k, j \in [0, J_k], k \in [1, K], \quad (4a)$$

$$y_{j(1)}^k = \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} y_{ij(2)}^k + C_{j(1)}^k,$$

$$y_{j(2)}^k = \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} y_{ji(1)}^k + C_{j(2)}^k, \quad (5a)$$

$$j \in [0, J_k], k \in [1, K],$$

$$g_j^k(f_j^k) = \max_{y_j^k \in Y_j^k} f_j^k(y_j^k), j \in [0, J_k], k \in [1, K], \quad (6a)$$

$$y_{j(2)}^k \geq \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} \left[ y_{i(2)}^k - \frac{1}{0,63} (g_i^k(f_i^k) / y_{i(5)}^k + 0,03(y_{i(3)}^k + y_{i(6)}^k) + 0,93(y_{i(4)}^k + y_{i(7)}^k)) \right] + C_{j(2)}^k, \quad (7a)$$

$$j \in [0, J_k], k \in [1, K],$$

$$y_{j(2)}^k \leq \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} \left[ y_{i(2)}^k - \frac{1}{0,63} (0,03(y_{i(3)}^k + y_{i(6)}^k) + 0,93(y_{i(4)}^k + y_{i(7)}^k)) \right] + C_{j(2)}^k, j \in [0, J_k], k \in [1, K], \quad (8a)$$

$$y_{j(1)}^k \leq \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} \left[ y_{i(1)}^k + \frac{1}{0,63} (g_i^k(f_i^k) / y_{i(5)}^k + 0,03(y_{i(3)}^k + y_{j(6)}^k) + 0,93(y_{i(4)}^k + y_{j(7)}^k)) \right] + C_{j(1)}^k, \quad (9a)$$

$$j \in [0, J_k], k \in [1, K],$$

$$y_{j(1)}^k \geq \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} \left[ y_{i(1)}^k + \frac{1}{0,63} (0,03(y_{i(3)}^k + y_{j(6)}^k) + 0,93(y_{i(4)}^k + y_{j(7)}^k)) \right] + C_{j(1)}^k, j \in [0, J_k], k \in [1, K], \quad (10a)$$

$$y_{j(3)}^k \geq y_{j(3)}^{k \min}, y_{j(4)}^k \geq y_{j(4)}^{k \min}, \quad (11a)$$

$$\max f_0(y) = \sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^{J_k} \left[ 0,63 \cdot (1 - M_j^k) \sum_{i=J_k+1}^{I_k} y_{ji(2)}^k + 0,36 \sum_{i=J_k+1}^{I_k} (\alpha_{j(2)}^k y_{ij(2)}^k - \alpha_{j(1)}^k y_{ji(1)}^k) + 0,04 y_{j(6)}^k + 0,63 y_{j(7)}^k \right] \quad (12a)$$

**Анализ механизмов управления поликорпоративной системой**

Исследование системы уравнений (1a) – (12a), определяющих функционирование поликорпоративной системы, позволяет разработать и проанализировать механизмы управления, обеспечивающие оптимумы критериев эффективности её элементов.

**Механизм распределения прибыли в подсистеме**

Критерии эффективности центра  $k$ -й подсистемы  $f_0^k(y)$  и входящих в нее АЭ  $f_j^k(y)$  являются противоречивыми с точки зрения параметра  $y_{j(5)}^k$ . Поэтому для выбора значения параметра  $y_{j(5)}^k$ , реализующего “компромиссную” стратегию управления  $y_{j(5)}^{k0}$ , необходимо решить задачу многокритериальной оптимизации:

$$\begin{cases} \max f_j^k(y_{j(5)}^k), j \in [1, J_k], k \in [1, K], \\ \max f_0^k(y_{j(5)}^k), k \in [1, K]. \end{cases} \quad (12)$$

Решение предлагается осуществлять на

основе пропорционального распределения относительных потерь эффекта, возникающих при выборе АЭ и центром компромиссной стратегии:

$$\frac{\Delta g_0^k(y_{j(5)}^{k0})}{g_0^k(f_0^k)} = \frac{\Delta g_j^k(y_{j(5)}^{k0})}{g_j^k(f_j^k)}, \quad (13)$$

$$j \in [1, J_k], k \in [1, K],$$

где  $\Delta g_j^k(y_{j(5)}^k)$  – величина снижения критерия эффективности  $j$ -го АЭ  $k$ -й подсистемы при переходе от значения  $y_{j(5)}^{k*} = \arg \max_{y_j^k \in Y_j^k} f_j^k(y_{j(5)}^k)$ , к компромиссному значению:

$$\Delta g_j^k(y_{j(5)}^k) = g_j^k(f_j^k) - f_j^k(y_{j(5)}^{k0}), \quad (14)$$

$$j \in [0, J_k], k \in [1, K]$$

Поскольку при распределении эффекта (13) относительные потери эффекта равны относительным приростам, то полученное таким образом решение многокритериальной задачи управления соответствует подходу, предложенному и обоснованному в [7].

**Механизм распределения трудовых и фондовых ресурсов**

Критерии центров  $k$ -й подсистемы и входящих в подсистему АЭ являются непротиворечивыми с точки зрения варьирования параметров состояния:

$$y_{j(3)}^k, y_{j(4)}^k, y_{j(6)}^k, y_{j(7)}^k, \quad j \in [1, J_k], k \in [1, K].$$

В частности, критерии эффективности АЭ  $f_j^k(y)$  и центров  $f_0^k(y)$  убывают с увеличением параметров объемов потребления ресурсов  $y_{j(3)}^k, y_{j(4)}^k, y_{j(6)}^k, y_{j(7)}^k$ .

Распределение передаваемых другим АЭ производственных мощностей (трудовых и фондовых ресурсов) внутри поликорпоративной системы осуществляется с учетом чувствительности критериев системы к изменению этих параметров.

Показатели чувствительности критериев  $f_j^k(y), f_0^k(y), f_0(y)$  к изменению пара-

метров  $y_{j(3)}^k, y_{j(6)}^k$  равны:

$$\frac{\partial f_j^k}{\partial (y_{j(3)}^k + y_{j(6)}^k)} = -0,03y_{j(5)}^k; \frac{\partial f_0}{\partial y_{j(3)}^k} = 0;$$

$$\frac{\partial f_0}{\partial (y_{j(3)}^k + y_{j(6)}^k)} = -0,03(1 - y_{j(5)}^k); \frac{\partial f_0}{\partial y_{j(6)}^k} = 0,04.$$

Показатели чувствительности критериев системы к изменению параметров  $y_{j(4)}^k, y_{j(7)}^k$  равны:

$$\frac{\partial f_j^k}{\partial (y_{j(4)}^k + y_{j(7)}^k)} = -0,93y_{j(5)}^k; \frac{\partial f_0}{\partial y_{j(4)}^k} = 0;$$

$$\frac{\partial f_0}{\partial (y_{j(4)}^k + y_{j(7)}^k)} = -0,93(1 - y_{j(5)}^k); \frac{\partial f_0}{\partial y_{j(7)}^k} = 0,63.$$

Предлагается следующий механизм формирования параметров состояния  $y_{j(3)}^k, y_{j(4)}^k, y_{j(6)}^k, y_{j(7)}^k$  (параметры  $y_{j(8)}^k, y_{j(9)}^k$  однозначно определяются условием (4а)):

1. Минимизация  $y_{j(3)}^k, y_{j(6)}^k$  максимизирует критерии эффективности  $f_j^k(y), f_0^k(y)$ ; однако критерий эффективности  $f_0(y)$  максимизируется за счет увеличения параметра  $y_{j(6)}^k$ . При этом необходимо учитывать ограничения по потребной производственной мощности (11а). Следовательно

$$y_{j(3)}^k = y_{j(3)}^{k \min}, \quad (15)$$

а из выражения (3а) следует:

$$y_{j(6)}^k = C_{j(3)}^k - y_{j(8)}^k - y_{j(3)}^{k \min}. \quad (16)$$

2. Минимизация параметра  $y_{j(4)}^k$  обеспечивает максимизацию критериев  $f_j^k(y), f_0^k(y)$ ; однако критерий эффективности  $f_0(y)$  максимизируется за счет увеличения параметра  $y_{j(7)}^k$ . Следует учитывать ограничение по потребной производственной мощности (11а), откуда

$$y_{j(4)}^k = y_{j(4)}^{k \min}, \quad (17)$$

$$y_{j(7)}^k = C_{j(4)}^k - y_{j(9)}^k - y_{j(4)}^{k \min}. \quad (18)$$

### Механизм распределения материальных ресурсов и продуктов

Критерии центров  $k$ -й подсистемы и входящих в подсистему АЭ являются непротиворечивыми с точки зрения варьирования параметров состояния  $y_{j(1)}^k, y_{j(2)}^k, j \in [0, J_k], k \in [l, K]$ .

Критерии эффективности АЭ  $f_j^k(y)$  и центров  $f_0^k(y)$  возрастают с увеличением объемов продаж АЭ  $y_{j(2)}^k$  и убывают с увеличением объемов потребления материальных ресурсов  $y_{j(1)}^k$ .

Критерий эффективности поликорпоративной системы  $f_0(y)$  также не противоречит критериям АЭ  $f_j^k(y)$  и центров подсистем  $f_0^k(y)$  с точки зрения параметров состояния  $y_{j(1)}^k, y_{j(2)}^k$ .

Отмеченная особенность позволяет предложить следующий механизм формирования оптимальных компонентов вектора состояния  $y_{j(1)}^k, y_{j(2)}^k$ .

1. Максимизация параметра  $y_{j(2)}^k$  обеспечивает максимизацию критериев эффективности  $f_j^k(y), f_0^k(y), f_0(y)$ . Ограничением при этом является неравенство (8а). Следовательно, параметры  $y_{j(2)}^k$  определяются условием:

$$y_{j(2)}^k = \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} \left[ y_{i(2)}^k - \frac{0,03y_{i(3)}^k + 0,93y_{i(4)}^k}{0,63} \right] + C_{j(2)}^k, j \in [0, J_k], k \in [l, K]. \quad (19)$$

2. Минимизация параметра  $y_{j(1)}^k$  обеспечит

печивает максимизацию критериев эффективности  $f_j^k(y)$ ,  $f_0^k(y)$ ,  $f_0(y)$ . Ограничением в этом случае является неравенство (10а).

Поэтому определим  $y_{j(1)}^k$  из условия:

$$y_{j(1)}^k = \sum_{i=0, \forall k}^{I_k} \left[ y_{i(1)}^k + \frac{0,03y_{i(3)}^k + 0,93y_{i(4)}^k}{0,63} \right] + C_{j(1)}^k, j \in [0, J_k], k \in [I, K] \quad (20)$$

3. Производится проверка выполнения условий (5а). В случае их невыполнения необходимо уменьшить  $y_{j(2)}^k$ , либо увеличить  $y_{j(1)}^k$ . Причем выбор параметров, за счет варьирования которых обеспечивается выполнение условий (5а), осуществляется с учетом значений показателей чувствительности критерия  $f_0(y)$  к изменению этих параметров (чувствительность критериев  $f_j^k(y)$  и  $f_0^k(y)$  к этим параметрам одинакова):

$$\frac{\partial f_0}{\partial y_{j(1)}^k} = -0,36 \cdot \alpha_{j(1)}^k \frac{\partial f_0}{\partial y_{j(2)}^k} = 0,63 \cdot (1 - M_j^k) + 0,36 \alpha_{j(2)}^k$$

Варьируется тот из параметров  $y_{j(1)}^k$ ,  $y_{j(2)}^k$ , показатель чувствительности  $f_0(y)$  к которому по абсолютной величине меньше.

**Механизм распределения эффекта взаимодействий в системе**

Распределение эффекта взаимодействий в поликорпоративной системе осуществляется пропорционально относительному снижению значений критериев эффективности АЭ соответствующей подсистемы. Сумма эффекта, направляемая  $j$ -му АЭ  $k$ -й подсистемы, равна:

$$d_j^k = \frac{\Delta g_j^k(y^0)}{\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{J_k} \Delta g_j^k(y^0)} \cdot f_0(y^0), j \in [I, J_k], k \in [I, K] \quad (21)$$

где  $y^0$  – вектор экономических индикаторов, максимизирующий критерий эффективности поликорпоративной системы в целом

$y^0 = \arg \max_{y \in Y} f_0(y)$ ;  $\Delta g_j^k(y^0)$  – величина снижения критерия эффективности  $j$ -го АЭ  $k$ -й подсистемы при переходе от вектора экономических индикаторов  $y^* = \arg \max_{y \in Y} f_j^k(y)$  к вектору индикаторов  $y^0$ :

$$\Delta g_j^k(y^0) = g_j^k(f_j^k(y^*)) - g_j^k(f_j^k(y^0)), j \in [I, J_k], k \in [I, K] \quad (22)$$

Таким образом, обобщая предложенные механизмы формирования управления поликорпоративной системой, отметим, что при выборе управления рассмотренные механизмы должны применяться одновременно, что обуславливает необходимость применения итерационного алгоритма формирования управления.

**Алгоритм формирования управления поликорпоративной системой**

Предлагается следующий алгоритм выбора управления в поликорпоративной системе:

1. Определяются векторы экономических индикаторов, максимизирующие критерии эффективности АЭ поликорпоративной системы  $y_j^{k*}, j \in [I, J_k], k \in [I, K]$ , путем решения  $J_k \times K$  задач однокритериальной оптимизации (1а), (2а).
2. Определяются максимальные значения критериев эффективности (6а).
3. Определяется параметр состояния  $y_{j(5)}^{k*}, j \in [I, J_k], k \in [I, K]$ , удовлетворяющий условию (13).
4. Определяются параметры состояния  $y_{j(3)}^k, y_{j(4)}^k, y_{j(6)}^k, y_{j(7)}^k, y_{j(8)}^k, y_{j(9)}^k, j \in [0, J_k], k \in [I, K]$  по формулам (15)-(18).
5. Определяются параметры состояния  $y_{j(1)}^k, y_{j(2)}^k, j \in [0, J_k], k \in [I, K]$  по формулам (19), (20) с учетом условий (5а).
6. Рассчитываются максимальные значения критериев эффективности системы (1а), (2а), (12а).
7. Распределяется эффект взаимодействий в поликорпоративной системе по фор-

муле (21).

### Моделирование синтеза управления в поликорпоративной системе

Рассмотрим поликорпоративную систему, образованную взаимодействием организаций ЗАО «Авиастар-ОПЭ», ЗАО «Авиастар-СП», входящих в корпорацию ОАО «Ульяновский авиационный промышленный комплекс «Авиастар», и организаций ЗАО «Волга Днепр – Сервис» и ЗАО «Волга Днепр – Летный парк», относящихся к корпорации ОАО «Авиакомпания Волга-Днепр».

Значения параметров финансово-хозяйственного состояния организаций, не зависящих от взаимодействий, приведены в табл. 1.

В системе существуют следующие взаимодействия:  $AЭ_1^1$ , являясь первоначальным звеном в производственной цепи, потребляет материальный ресурс в количестве  $y_{1(1)}^1$ , который приобретает извне, то есть  $y_{1(1)}^1 = C_{1(1)}^1$ ; продукт  $AЭ_1^1$  является полуфабрикатом для  $AЭ_2^1$ , причем потребляется им полностью; кроме того,  $AЭ_2^1$  потребляет ресурсы со стороны, то есть  $y_{2(1)}^1 = y_{1(2)}^1 + C_{2(1)}^1$ ; продукт  $AЭ_2^1$  частично продается вовне системы и является также полуфабрикатом для  $AЭ_1^2$   $y_{2(2)}^1 + C_{2(2)}^1 = y_{1(1)}^2 + C_{2(2)}^1$ ; продукт  $AЭ_1^2$  как полуфабрикат полностью потребляется

$AЭ_2^2$ , причем  $y_{2(1)}^2 = y_{1(2)}^2 + C_{2(1)}^2$ ; заключительный в производственной цепи  $AЭ_2^2$  продает продукт в объеме  $y_{2(1)}^2 \geq C_{2(2)}^2$

Таким образом, отсутствие ряда взаимодействий в системе можно выразить равенством нулю следующих экономических индикаторов:

$$y_{j(6)}^k = y_{j(7)}^k = y_{j(8)}^k = y_{j(9)}^k = 0, \\ \forall j \in [1, 2], k \in [1, 2].$$

Результаты расчета индикаторов межкорпоративных взаимодействий организаций приведены в табл. 2. Определены объемы потребления ресурсов и объемы продаж продукции АЭ для двух вариантов функционирования системы.

Во-первых, проведена оптимизация параметров финансово-хозяйственного состояния организаций (объемов потребления ресурсов и объемов продаж продукции) по критериям эффективности АЭ или центра соответствующей подсистемы. Параметры каждой организации оптимизируются индивидуально, то есть взаимодействия между АЭ не рассматриваются. В табл. 2 значения объемов потребления ресурсов и объемов продаж отражены суммарно в колонках оптимальных значений по критериям  $f_j^k$ ,  $f_0^k$ . Поскольку условием (13) определено распределение эффекта между АЭ и центром соответствующей подсистемы, то эффект, получаемый АЭ и центром, определен суммарно. Решение

Таблица 1. Параметры состояния организаций (млн. руб.)

Параметр	Подсистема 1 (ОАО «Авиастар»)		Подсистема 2 (ОАО «Авиакомпания Волга-Днепр»)	
	$AЭ_1^1$ (ЗАО «Авиастар-ОПЭ»)	$AЭ_2^1$ (ЗАО «Авиастар-СП»)	$AЭ_1^2$ (ЗАО «Волга Днепр – Сервис»)	$AЭ_2^2$ (ЗАО «Волга Днепр – Летный парк»)
$C_{(1)}$	8,8	822,0	200,0	320,0
$C_{(2)}$	0	720,0	0	3342,0
$C_{(3)}$	2,9	141,0	10,7	19,0
$C_{(4)}$	11,4	335,6	5,0	735,7
$y_{(3)}^{min}$	2,9	141,0	10,7	19,0
$y_{(4)}^{min}$	4,3	130,0	0	735,7
$M$	0,42	0,53	0,49	0,46
$\alpha_{(1)}$	0,80	0,23	0,10	0,05
$\alpha_{(2)}$	0,70	0,10	0,05	0,04

Таблица 2. Параметры взаимодействий организаций (млн. руб.)

Взаимодействующие организации	Подсистема 1							
	$AЭ_1^1$				$AЭ_2^1$			
	ресурсы $y_{(1)}$		продукт $y_{(2)}$		ресурсы $y_{(1)}$		продукт $y_{(2)}$	
	Оптимизация по критерию $f_0$	Оптимизация по критериям $f_j^k, f_0^k$	Оптимизация по критерию $f_0$	Оптимизация по критериям $f_j^k, f_0^k$	Оптимизация по критерию $f_0$	Оптимизация по критериям $f_j^k, f_0^k$	Оптимизация по критерию $f_0$	Оптимизация по критериям $f_j^k, f_0^k$
$AЭ_1^1$	0	0	0	0	0	21,6	0	0
$AЭ_2^1$	0	0	0	0	0	0	0	0
$AЭ_1^2$	0	0	10,8	0	0	0	830,0	0
$AЭ_2^2$	0	0	10,8	0	0	0	0	0,0
Сумма	8,8	8,8	21,6	21,6	822,0	852,4	1591,7	1608,3
Критерий подсистемы $f_0^1$			3,98	3,98			333,5	351,1
Критерий системы $f_0$			26,4	0			328,8	0
Взаимодействующие организации	Подсистема 2							
	$AЭ_1^2$				$AЭ_2^2$			
	ресурсы $y_{(1)}$		продукт $y_{(2)}$		ресурсы $y_{(1)}$		продукт $y_{(2)}$	
	Оптимизация по критерию $f_0$	Оптимизация по критериям $f_j^k, f_0^k$	Оптимизация по критерию $f_0$	Оптимизация по критериям $f_j^k, f_0^k$	Оптимизация по критерию $f_0$	Оптимизация по критериям $f_j^k, f_0^k$	Оптимизация по критерию $f_0$	Оптимизация по критериям $f_j^k, f_0^k$
$AЭ_1^1$	10,8	0	0	0	10,8	0	0	0
$AЭ_2^1$	830,0	0	0	0	0	0	0	0
$AЭ_1^2$	0	0	0	0	1779,0	0	0	0
$AЭ_2^2$	0	0	1779,0	0	0	0	0	0
Сумма	1040,8	1052,4	1779,0	2147,8	2109,8	1537,3	3867,0	3342
Критерий подсистемы $f_0^2$			464,7	689,8			42253	452,2
Критерий системы $f_0$			-84,7	0			225,9	0
Суммарный критерий системы							496,6	0

задачи многокритериальной оптимизации (12) по механизму (13) показало, что  $y_{j(s)}^{k*} = 0,5, j \in [1, J_k], k \in [1, K]$ . Следовательно, эффект, получаемы соответствующей подсистемой, распределяется в равных долях между центром и АЭ:  $g_1^1 = 1,99$  млн. руб.,  $g_2^1 = 175,6$  млн. руб.,  $g_0^1 = 1,99 + 175,6 = 177,5$  млн. руб.,  $g_1^2 = 344,9$  млн. руб.,  $g_2^2 = 226,1$  млн. руб.,  $g_0^2 = 344,9 + 226,1 = 571$  млн. руб. Этот этап является предварительным для решения проблемы межкорпоративных взаимодействий и соответствует пунктам 1-3 алгоритма.

Во-вторых, определены параметры взаимодействий, оптимизирующие критерий системы в целом. В табл. 2 представлено соответствующее распределение потоков ресурсов и продуктов (колонки оптимальных значений по критерию  $f_0$ ) как суммарно, так и в разрезе взаимодействующих организаций.

В этом случае произошло перераспределение взаимодействий в пользу межкорпоративного оборота, объемы которого оказывают влияние на значение критерия  $f_0$ . В результате прирост эффективности, обусловленный взаимодействиями между подсистемами поликорпоративной системы, составил 496,6 млн. руб. Распределение эффекта по (21) приводит к следующим параметрам:  $d^1 = 32,8$  млн. руб.,  $d^2 = 463,8$  млн. руб.

### Заключение

Механизмы управления в поликорпоративных системах являются частным случаем общих методов системного анализа и синтеза управления в поликомпонентных (сложных) системах, суть которых сводится к декомпозиции сложных систем и формировании управления отдельными компонентами путем оптимизации их взаимодействий. Декомпозиция поликорпоративной

системы предопределяет наличие собственных критериев экономической эффективности ее компонентов (подсистем, их центров и АЭ), а также обуславливает комплексный критерий системы, который, по сути, является критерием эффективности взаимодействий компонентов.

Формулировка проблемы управления в системе как проблемы оптимизации взаимодействий компонентов позволила проанализировать особенности функционирования системы и подсистем и сформировать механизмы управления в системе, то есть осуществить синтез управления. Анализ механизмов управления приводит к следующим выводам:

1. Определение объемов потребления ресурсов осуществляется исходя из минимально необходимых для производственной программы значений при максимизации критериев эффективности АЭ.

2. Определение объемов продаж продукта осуществляется исходя из максимально возможных значений при существующей ресурсоемкости производства на основе максимизации критериев эффективности АЭ.

3. Распределение эффекта между центром и АЭ соответствующей подсистемы поликорпоративной системы является компромиссно-оптимальным в случае, если потери эффекта центра и АЭ при взаимодействиях пропорциональны индивидуальным максимумам их критериев.

4. Распределение эффекта между подсистемами поликорпоративной системы является компромиссно-оптимальным в случае, если дополнительный эффект, получаемый подсистемой в результате взаимодействия, пропорционален снижению значений критериев АЭ соответ-

ствующей подсистемы относительно их индивидуальных максимумов.

В результате решения проблемы управления в поликорпоративной системе сформирован вектор экономических индикаторов, максимизирующий критерии эффективности АЭ, центров и системы в целом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бурков В.Н., Ириков В.А.* Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука. 1994.
2. *Гранберг А.Г.* Динамические модели народного хозяйства. М.: Экономика. 1985.
3. *Колемаев В.А.* Трехсекторная модель экономики // Сб. научн. тр. междунар. Акад. информатизации. М.: Копия-Принт, 1997.
4. *Колемаев В.А.* Моделирование сбалансированного экономического роста // Вестник университета, №1(3). М.: Изд-во ГУУ. 2000.
5. *Шананин А.А.* Агрегированное описание групп отраслей при помощи функции приведения разных конечных продуктов к однородному продукту // Матем. моделирование: процессы в сложных экономических и экологических системах. М.: Наука. 1986.
6. *Гераськин М.И.* Модель и механизмы межкорпоративных взаимодействий организаций // Вестник Самар. гос. аэрокосм. ун-та. 2004. №2.
7. *Гераськин М.И.* Формирование управления поликорпоративной системой при нескольких критериях эффективности на основе графа управлений // Известия СНЦ РАН. 2003. №1.

## ANALYSIS OF MECHANISMS OF INTER CORPORATION RELATIONS AND ALGORITHM OF SYNTHESIS OF CONTROL IN POLY CORPORATION SYSTEMS

© 2004 M.I Geraskin

Samara State Aerospace University

The problem of mathematical modeling of inter corporation relations and appeared in result of this relations poly corporation systems is considered. The economical mechanisms of relations is analyzed, the algorithm of synthesis of relations economic parameters vector is developed and appeared in poly corporation system economical effect is determined.