

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ ПОТОКОВ В ТЕКСТИЛЬНОМ КЛАСТЕРЕ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

М.А. БУШУЕВА, М.А. БРОДОВСКИЙ, Д.И. КОРОВИН, Н.Н. МАСЮК  
(Российский государственный торгово-экономический университет (Ивановский филиал), Ивановский государственный энергетический университет, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса)  
E-mail: bushuev@dsn.ru; dmitriyikorovin@list.ru; masyukn@yahoo.com

### **PREDICTION OF FINANCIAL DECISIONS IN TEXTILE CLUSTERS BASED ON SIMULATION**

В предыдущей статье<sup>1</sup> авторами был предложен метод принятия финансовых решений, позволяющий подтвердить обоснованность утверждения о том, что участие предприятий в кластере определяется готовностью руководства предприятий идти на финансовые уступки предприятиям - участникам кластера.

На основе приведенных в вышеуказанной работе рассуждений опишем математическую модель кластера в текстильной отрасли. Все переменные, относящиеся к трем этапам технологической цепочки – прядение, ткацкое производство и отделочное производство пронумеруем, индексами 1,2,3. Введем обозначения:  $PI_1$  - средняя цена закупки единицы материалов для прядения,  $PO_i$  - средняя цена приведенной единицы продукта  $i$ -го сегмента на внешнем рынке,  $I_i$  - постоянные издержки  $i$ -го сегмента. Показатели нестабильности производства, определяющие потери, по сути, являются мультипликативными показателями. Поэтому будем принимать их скалярами, близкими к 1. Пусть  $g_{i1}$  - нестабильность, связанная с закупками,  $g_{i2}$  - технологическая нестабильность,  $g_{i3}$  - нестабильность, связанная с продажами  $i$  ого предприятия,  $V_i$  - объем закупаемых материалов,  $RV_i$  - реальный объем выпуска продукции  $i$ -го сегмента,  $K_i$  - технологический коэффициент, равный отношению объемов готовой продукции к объемам ресурсов и материалов на входе в  $i$ -ый технологический процесс. Для удобства введем символы  $f_i = g_{i1} \cdot g_{i2} \cdot g_{i3}$  - коэффициент нестабильности всего производственного цикла  $i$ -го сегмента.

---

<sup>1</sup> Бушуева М.А. Принятие финансовых решений в кластере на основе локального компромисса / М.А. Бушуева, Н.Н. Масюк, М.А. Бродовский, Д.И. Коровин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2013.

Для решения задачи нам необходимо смоделировать ожидаемые показатели прибыли (ЕБИТ) в ситуациях, когда все три предприятия работают по отдельности ( $prof_1, prof_2, prof_3$ ), когда предприятия объединяются в кластеры попарно ( $prof_{12}$ - прядение и ткачество,  $prof_{23}$ -ткачество и отделка,  $prof_{13}$  – прядение и отделка) и, наконец, ожидаемый показатель деятельности кластера –  $prof_{123}$ .

Учитывая снижение нестабильности, возникающее в случае создания «кластерных» отношений между предприятиями, возникновение необходимости докупки части ресурсов, зависящих от размера контрактных обязательств, на внешнем рынке (нами произведена оценка объема такого рода поставок в размере 5%, см рис. 1.), текущие показатели прибыли предприятий будут считаться по следующим формулам.

$$prof_1 = V \cdot K_1 \cdot f_1 \cdot PO_1 - V \cdot PI_1 - I_1$$

$$prof_2 = V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot f_2 \cdot PO_2 - V \cdot K_1 \cdot PO_1 - 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot PO_1 \cdot (1 - f_1) - I_2,$$

$$prof_3 = V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot f_3 \cdot PO_3 - V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot PO_2 - 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot PO_2 \cdot (1 - f_2) - I_3,$$

$$prof_{12} = V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot PO_2 \cdot f_{12} - V \cdot PI_1 - I_1 - I_2 - 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot PO_1 \cdot (1 - g_{11} \cdot g_{12}),$$

где  $f_{12} = g_{22} \cdot g_{23}$ , поскольку нестабильности, связанные с покупками и продажами между этими предприятиями в случае реализации «кластерных», долгосрочных взаимоотношений минимальны.

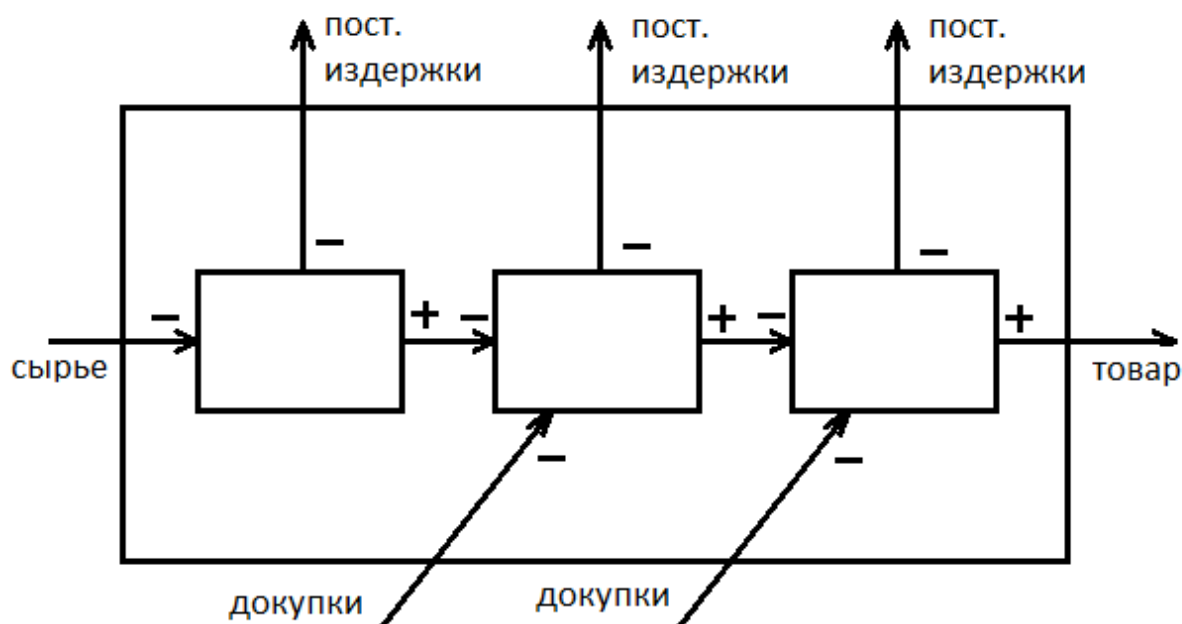


Рисунок 1. Схема организации материальных и финансовых потоков (Знак минус указывает на отток денежных средств, плюс – приток)

Также здесь учитываются затраты 2 предприятия на докупку объема сырья, который недопоставил 1 сегмент из-за нестабильности, связанной с закупками, и технологической зависимостью ( $g_{11}$  и  $g_{12}$ , соответственно). Аналогичным образом получаем формулу для предприятий 2 и 3, объединенных в группу:

$$prof_{23} = V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot PO_3 \cdot f_{23} - V \cdot K_1 \cdot PO_1 - I_2 - I_3 - 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot PO_1 \cdot (1 - f_1) - 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot PO_2 \cdot (1 - g_{21} \cdot g_{22}),$$

где  $f_{23} = g_{32} \cdot g_{33}$ . Поскольку предприятия 1 и 3 непосредственно не связаны между собой, мы используем следующую формулу:

$$prof_{13} = prof_1 + prof_3.$$

И, наконец, формула для группы, состоящей из сегментов 1, 2 и 3 будет выглядеть так:

$$prof_{123} = V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot PO_3 \cdot f_{123} - V \cdot PI_1 - I_1 - I_2 - I_3 - 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot PO_1 \cdot (1 - g_{11} \cdot g_{12}) - 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot PO_2 \cdot (1 - g_{22}),$$

где  $f_{123} = g_{32} \cdot g_{33}$ , поскольку отсутствуют нестабильности, связанные с покупками и продажами между сегментами, а нестабильность первого и второго сегмента учитываются за счет докупок, которые требуется выполнять 3 сегменту.

В действительности цены на ресурсы являются динамическими величинами. Поэтому в модели решено было использовать для их прогнозирования методы стохастической имитации. Таким образом, модель является имитационной.

Для описания изменения цен была принята модернизированная модель ценообразования Кокса-Росса-Рубинштейна.

В этом случае для каждого  $t$  (номера месяца), принимающему значения  $0, 1, 2, 3, \dots$  цены будут случайными функциями, определяемыми как

$$PI_1(t) = PI_1(0) \cdot e^{\sum_{k=1}^t x_k}, \text{ где } x_k \text{ — нормально распределенная величина,}$$

$PO_i(t) = PO_i(0) \cdot e^{\sum_{k=1}^t y_{ik}}$ , где  $y_{ik}$  — нормально распределенная величина.

Параметры нормальных распределений нами выбраны, исходя из статистических данных о ценах на затраты и товары всех трех производственных этапов за период 2010-2012 годов. Реализация случайных величин производилась с помощью счетчика псевдослучайных чисел, генерирующего равномерное распределение на отрезке  $[0;1]$  и преобразования Смирнова<sup>2</sup>.

Таким образом, рассчитывались значения всех переменных за каждый из 12 месяцев. Далее вычислялись средние показатели за год  $\overline{PI}_1$ ,  $\overline{PO}_3$  и суммарный показатели за год  $P_i = \sum_{t=1}^{12} prof_i(t)$ ,  $P_{ij} = \sum_{t=1}^{12} prof_{ij}(t)$  и  $P_{123} = \sum_{t=1}^{12} prof_{123}(t)$ .

Для получения устойчивых результатов данная процедура нахождения годовых значений повторялась многократно до тех пор, пока изменения средних значений по всем повторениям не становились несущественными. В момент такой стабилизации стохастический имитационный процесс останавливался.

На следующем этапе решался вопрос о нахождении размеров передаточных цен между участниками кластера таким образом, чтобы предприятиям кластера было выгодно в нем участвовать. Для этого было решено прибегнуть к аппарату теории игр, а именно к задаче определения ядра Шепли. Таким образом, нам необходимо найти распределение прибыли между тремя предприятиями ( $x$  — прибыль 1 предприятия,  $y$  — прибыль 2 предприятия,  $z$  — прибыль 3 предприятия) так, чтобы им была выгодна совместная деятельность.

Для  $x$ ,  $y$ ,  $z$  получаем систему уравнений:

$$x = RV_1 \cdot a_x - V \cdot PI_1 - I_1,$$

$$y = RV_2 \cdot a_y - RV_1 \cdot a_x - I_2 - s_1 \cdot PO_1,$$

$$z = RV_3 \cdot PO_3 - RV_2 \cdot a_y - I_3 - s_2 \cdot PO_2,$$

где  $a_x$ ,  $a_y$  — передаточные цены между первым и вторым и вторым и третьим предприятиями соответственно,  $PI_1$ ,  $PO_3$ ,  $I_i$  — описанные выше

<sup>2</sup> Егоров, В. Н. Основы экономической теории надежности производственных систем [Текст] / В. Н. Егоров, Д. И. Коровин. - М.: Наука, 2006. - 526 с

показатели,  $RV_1 = V \cdot K_1 \cdot g_{11} \cdot g_{12}$ ,  $RV_2 = V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot g_{22}$ ,  $RV_3 = V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot g_{32} \cdot g_{33}$ ,  
 $s_1 = 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot (1 - g_{11} \cdot g_{12})$ ,  $s_2 = 0,05 \cdot V \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (1 - g_{22})$ . Из условия, что  $x$ ,  $y$ ,  $z$   
являются значениями «выигрышей» в ядре Шепли мы также получаем еще  
уравнение:

$$prof_{123} = x + y + z.$$

Таким образом, у нас получается 5 неизвестных и 4 уравнения, но последнее уравнение из системы можно исключить, поскольку оно является суммой трех первых уравнений. Отсюда следует, что нам требуется выбрать 2 свободных переменных, чтобы получить решение системы. Удобно выбрать именно  $a_x$ ,  $a_y$ , поскольку только эти переменные могут изменяться в случае образования кластера его участниками. Из условия, что  $x$ ,  $y$ ,  $z$  являются значениями «выигрышей» в ядре Шепли, у нас возникает система неравенств:

$$x \geq prof_1$$

$$y \geq prof_2$$

$$z \geq prof_3$$

$$x + y \geq prof_{12}$$

$$y + z \geq prof_{23}$$

$$x + z \geq prof_{13}$$

Эту систему можно упростить, выразив  $z$  через переменные  $x$ ,  $y$ . Получим:

$$z = prof_{123} - x - y$$

$$prof_1 \leq x \leq prof_{123} - prof_{23}$$

$$prof_2 \leq y \leq prof_{123} - prof_{13}$$

$$prof_{12} \leq x + y \leq prof_{123} - prof_3$$

Подставим вместо  $x$ ,  $y$  соответствующие выражения, зависящие от  $a_x$ ,  $a_y$ :

$$prof_1 \leq RV_1 \cdot a_x - V \cdot PI_1 - I_1 \leq prof_{123} - prof_{23}$$

$$prof_2 \leq RV_2 \cdot a_y - RV_1 \cdot a_x - I_2 - s_1 \cdot PO_1 \leq prof_{123} - prof_{13}$$

$$prof_{12} \leq RV_2 \cdot a_y - V \cdot PI_1 - I_1 - I_2 - s_1 \cdot PO_1 \leq prof_{123} - prof_3$$

Теперь преобразуем эти неравенства так, чтобы выразить  $a_x$ ,  $a_y$ :

$$\frac{prof_1 + V \cdot PI_1 + I_1}{RV_1} \leq a_x \leq \frac{prof_{123} - prof_{12} + V \cdot PI_1 + I_1}{RV_1}$$

$$\frac{prof_{12} + V \cdot PI_1 + I_1 + I_2 + s_1 \cdot PO_1}{RV_2} \leq a_y \leq \frac{prof_{123} - prof_3 + V \cdot PI_1 + I_1 + I_2 + s_1 \cdot PO_1}{RV_2} \quad (*)$$

$$prof_2 + I_2 + s_1 \cdot PO_1 \leq RV_2 \cdot a_y - RV_1 \cdot a_x \leq prof_{123} - prof_{13} + I_2 + s_1 \cdot PO_1$$

В случае, если пара передаточных цен  $a_x$ ,  $a_y$  попадает в область, определяемую этими неравенствами, кластер будет существовать.

### Часть 3. Результаты моделирования.

Рассматривая применение этой модели с реальными данными (Табл. 1), полученными при обследовании группы предприятий, включающей в себя прядильное, ткацкое и отделочное производство, нами получены следующие результаты.

Таблица 1. Исходные данные имитационного моделирования.

Начальные значения рыночных цен				Постоянные издержки			Значения коэффициентов неустойчивости								
PI1	PO1	PO2	PO3	I1	I2	I3	g11	g12	g13	g21	g22	g23	g31	g32	g33
139	157	38	60	9000	9800	17000	0,9	0,95	0,8	0,95	0,95	0,8	0,9	0,95	0,9

Таблица 2 Рассчитанные средние показатели прибыли за месяц

Рассчитанные средние показатели прибыли за месяц							Приведенные объемы в усл.ед.		
PROF1	PROF2	PROF3	PROF12	PROF23	PROF13	PROF123	RV1	RV2	RV3
13082	6560,5	54069	109076,6	213067	67151	299699	1282,5	8835	7951,5

Таблица 3- Расчетные коэффициенты

Расчетные коэффициенты	Расчетный объем

S1	S2	K1	K2	K3	V
10,875	23,25	1,5	6,2	1	1000

Было проведено 43776 вычислений расчетных параметров, после чего было принято решение об остановке имитационного процесса ввиду стабилизации средних показателей рассчитываемых величин  $P_1, P_2, P_3, P_{12}, P_{23}, P_{13}, P_{123}$ .

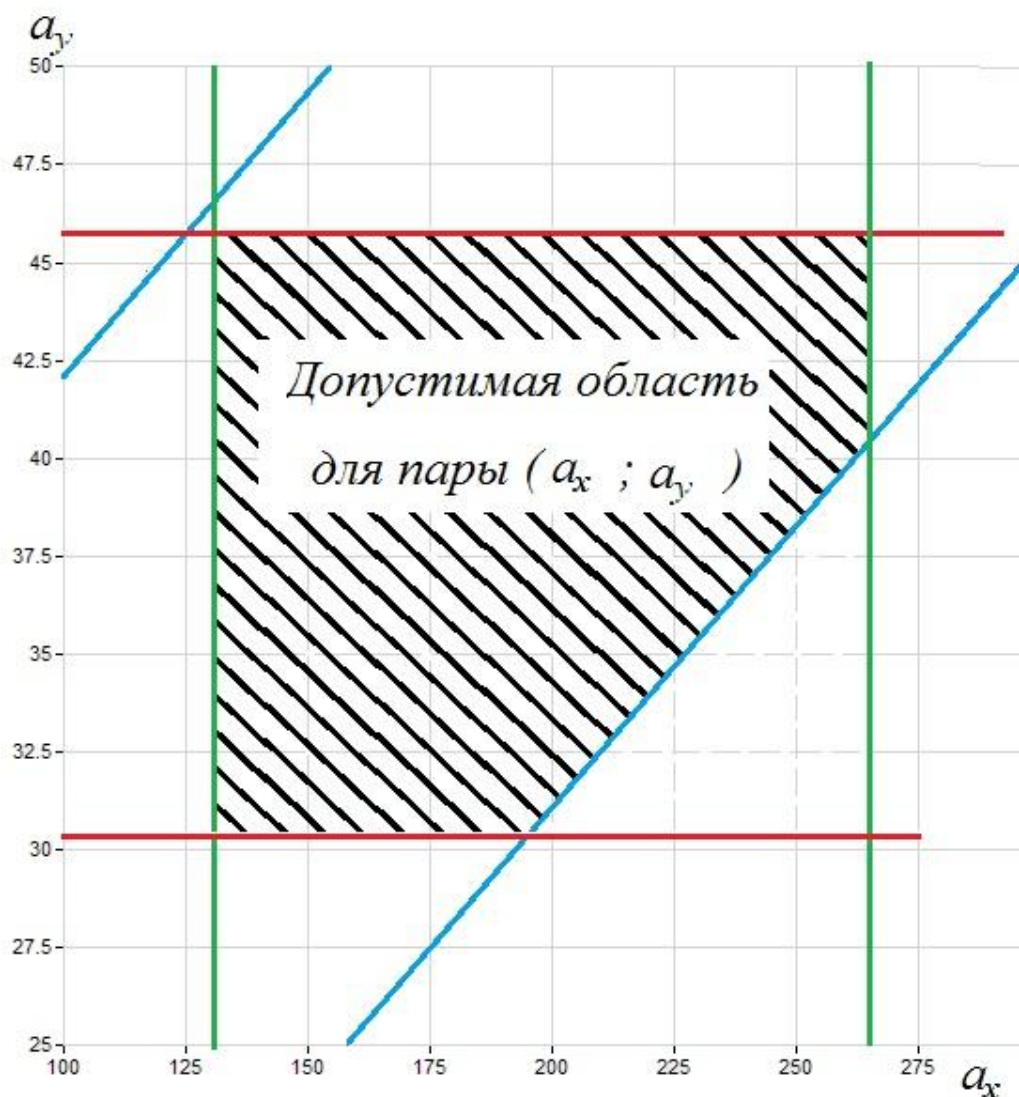


Рис.2. Границы допустимой области для пары передаточных цен.

Значения передаточных цен, вычисленных по модельным принципам, удовлетворяют системе неравенств (см. Рис 2)

$$131,8 \leq a_x \leq 264$$

$$30,4 \leq a_y \leq 45,86$$

$$18068 \leq -1283 \cdot a_x + 8835 \cdot a_y \leq 244055,8$$

Решение этих неравенств дает нам множество точек допустимой области.

Таким образом, назначение цен, которые соответствуют точкам, лежащим внутри допустимой области, приводит к увеличению прибыльности предприятий при условии их совместного функционирования в рамках кластера. Данные цены не должны меняться в течении прогнозируемого периода (12 месяцев).

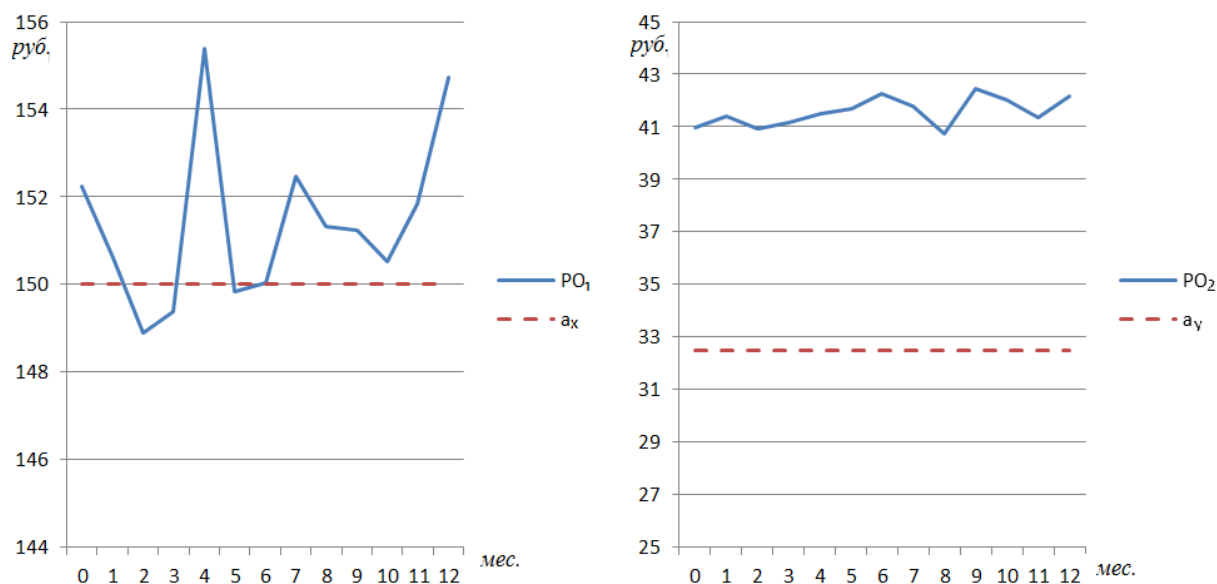


Рис. 3. Пример назначения цен из допустимой области.

Так, в случае назначения цен  $a_x=150$ ,  $a_y=32.5$  (см. графики траекторий изменения цен на внешнем рынке в сравнении с установленными в кластере передаточными ценами на рис.3.) средняя месячная прибыль для первого предприятия в составе кластера в 2,44 раза выше ожидаемой прибыли первого предприятия, которую оно могло бы получить без вхождения в кластер; в 12,66 раз выше для второго и в 3,42 раза для третьего предприятий. Столь высокие результаты возникают ввиду того, что существенные изменения цен на ресурсы приводят к отрицательным значениям прибылей  $P_1$ ,  $P_2$  и  $P_3$ , в то время как при вступлении в кластер отрицательные значения  $P_{123}$  наблюдается крайне редко. (В действительности менеджмент предприятий в случае существенного роста цен на ресурсы, возможно, изменил бы плановые задания и тем самым ограничил бы убытки, что в построенной модели не предусмотрено)



В качестве эксперимента в модели были изменены величины волатильности изменения рыночных цен на сырье для прядильного производства на 10%. В этом случае допустимая область стала пустой (система неравенств (\*) оказалась несовместной.) Это значит, что создание и сохранение кластера на принципах, описанных нами, в таком случае можно признать нерациональным.

## **Вывод**

Построенная модель указывает на возможность определения кластера, основанного на выполнении условий, позволяющих участникам кластера перераспределять финансовые выгоды в локальной системе с учетом минимальных требований внешних рынков для достижения финансовых выгод.