

Булярский С.В., Синицын А.О.
Ульяновский государственный университет
E-mail: bsv@ulsu.ru, antonsinitsyn@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРАХ

Исследованы процессы формирования и деятельности экономических кластеров промышленных предприятий. В качестве инструмента анализа применен системный метод межотраслевого баланса, дополненный математической моделью, основанной на термодинамической аналогии энергии Гиббса в экономике. Разработана математическая модель распределения средств производства в рамках экономических кластеров промышленных предприятий. На основе балансового метода получена аналитическая зависимость оптимального распределения ресурсов между участниками объединения промышленных предприятий.

Ключевые слова: экономические кластеры, промышленные предприятия, инвестиции.

Промышленные кластеры являются формой интеграции высокотехнологичных предприятий. Кластеризация промышленности внутри региона способствует *ускорению инноваций*, что является основой не только повышения производительности труда, но и усиления стратегических преимуществ региона, поддержания динамичной конкуренции. В Ульяновской области сформировано несколько промышленных кластеров: автомобильный, авиационный, атомный, нанотехнологический. Уже одно перечисление их наименований показывает, что они созданы в высокотехнологичных областях и позволят области высокоэффективно интегрироваться в мировое разделение труда. Образование этих кластеров решает ряд важных экономических, технических и социальных задач. Интеграция обеспечивает дешевый доступ слабым предприятиям к специализированным факторам производства: новому оборудованию и технологиям.

Важной проблемой является распределение инвестиций внутри кластера. Оптимальное распределение повышает эффективность его деятельности и отдачу промышленного кластера. Этой проблеме посвящена данная работа.

Таблица 1. Связь между коэффициентами, входящими в уравнения балансового метода

Участники Ресурсы	α	β	...	γ	Ресурс α
α	K_{α}^{α}	K_{α}^{β}	...	K_{α}^{γ}	K_{α}
β	K_{β}^{α}	K_{β}^{β}	...	K_{β}^{γ}	K_{β}
...
γ	K_{γ}^{α}	K_{γ}^{β}	...	K_{γ}^{γ}	K_{γ}
n	K^{α}	K^{β}	...	K^{γ}	K

Материальная составляющая распределения ресурсов между субъектами промышленного кластера, как правило, описывается математической моделью – методом отраслевого баланса, разработанным выдающимся экономистом В. Леонтьевым [1, 19]. Данный метод применяется для отдельных отраслей производства. В нашей работе данная модель используется для случая, когда участниками производства выступают субъекты кластера. В условиях высокого уровня разделения труда каждый участник кластера теснейшим образом связан с другими участниками: с одной стороны, он получает от них сырье, материалы топливо и др., а с другой – снабжает их своей продукцией. Внутрикластерные связи, позволяющие записать уравнения баланса, приведены в табл. 1.

Номер участника отображается верхним индексом, который пробегает значения от 1 до m . Номер распределяемого ресурса пробегает значения от единицы до n , где n – число распределяемых ресурсов. Коэффициент K_{α}^{β} указывает, на какую сумму ресурсы номера α получены участником под номером β .

Табл. 1 позволяет написать уравнения баланса между объемами средств, полученных различными участниками. Эти уравнения представляют законы сохранения баланса средств и будут использованы при отыскании условного минимума экономической системы промышленного кластера.

Уравнения баланса можно разбить на две группы. Общее число уравнений первой группы должно соответствовать числу отдельных ресурсов – n . Суммирование в них происходит по нижнему индексу.

$$K_{\alpha} - K_{\alpha 0} - \sum_{\alpha=1}^n K_{\alpha}^{\beta} = 0, \quad (1)$$

где K_{α} – общая стоимость ресурса под номером α ;

$K_{\alpha 0}$ – остаточное количество ресурса под номером α , который направляется на конечное потребление.

Уравнения (1) показывают, как распределяется ресурс под номером α между всеми участниками кластера.

Каждый участник потребляет различные ресурсы. Общий объем средств, полученный участником под номером β , описывается уравнением:

$$K^{\beta} - K_0^{\beta} - \sum_{\beta=1}^m K_{\alpha}^{\beta} = 0, \quad (2)$$

где K^{β} – общая потребность в ресурсе под номером β ;

K_0^{β} – излишки производства.

Уравнения (2) характеризуют количество различных ресурсов, полученных участником под номером β и направленных им на производство продукции.

С целью оптимизации механизма распределения инвестиций воспользуемся математической моделью, основанной на термодинамической аналогии энергии Гиббса [2, 55]. Энергия Гиббса (G) кроме параметра – температуры (T) состоит из двух термодинамических потенциалов: энтальпии (H) и энтропии (S).

$$G = H - TS \quad (3)$$

Первое слагаемое в правой части – энтальпия – выражает ту часть свободной энергии, которую полностью можно использовать для совершения работы; а второе слагаемое характеризует рассеянную энергию, которую в работу превратить нельзя. Попробуем применить аналогичную величину для анализа инвестиций. В качестве свободной энергии экономической системы кластера будет выступать валовая прибыль. Пусть h_{α} – норма прибыли, которую можно получить от использования ресурса α для производства продукции. Тогда общую прибыль, полученную от использования ресурса всеми участниками кластера, можно найти, умножив норму прибыли на количество ресурса α , полученного участником под номером β в денежном выражении. При этом общий объем прибыли от использования ресурса α будет

$\sum h_{\alpha} K_{\alpha}^{\beta}$. Аналогом второго члена являются инфляционные процессы, которые приводят к необратимым потерям. При этом для энтропии можно использовать выражение Больцмана, связывающее эту величину со статистической вероятностью, которую можно определить методами комбинаторики [3, 19], исследуя возможное размещение инвестиций на рынке. Учитывая данные замечания, свободную энергию можно записать в виде:

$$G = \sum_{\alpha, \beta} h_{\alpha} K_{\alpha}^{\beta} - r \ln \left[\frac{K!}{\prod_{\beta} (K - K^{\beta})! \prod_{\beta} (K^{\beta} - \sum_{\alpha} K_{\alpha}^{\beta})! \prod_{\alpha, \beta} K_{\alpha}^{\beta}} \right], \quad (4)$$

где r – процентная ставка,

h_{α} – норма прибыли капитала в данном процессе;

K – общее количество всех ресурсов.

Поиск минимума будем производить методом неопределенных множителей Лагранжа (λ). Функционал для минимизации запишем в виде:

$$\Phi = \sum_{\alpha, \beta} h_{\alpha} K_{\alpha}^{\beta} - r \ln \left[\frac{K!}{\prod_{\beta} (K - K^{\beta})! \prod_{\beta} (K^{\beta} - \sum_{\alpha} K_{\alpha}^{\beta})! \prod_{\alpha, \beta} K_{\alpha}^{\beta}} \right] + \sum_{\alpha} \lambda_{\alpha} (K_{\alpha} - K_{\alpha 0} - \sum_{i=1}^n K_{\alpha}^{\beta}) + \sum_{\beta} \lambda^{\beta} (K^{\beta} - K_0^{\beta} - \sum_{\beta} K_{\alpha}^{\beta}). \quad (5)$$

Процесс минимизации заключается в вычислении частных производных от функционала (5) и приравнении их к нулю:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial K_{\alpha}^{\beta}} = h_{\alpha} - r \left[-\ln(K^{\beta} - K_{\alpha}^{\beta}) + \ln K_{\alpha}^{\beta} \right] - \lambda_{\alpha} - \lambda^{\beta} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial K_{\alpha}} = \lambda_{\alpha} = f_{\alpha}. \quad (7)$$

Неопределенные множители Лагранжа характеризуют скорость изменения максимума целевой функции G при изменении ограничивающей константы.

Таким образом, показатель λ_{α} характеризует динамику изменения величины прибыли участника кластера α при изменении объемов реализуемых ресурсов.

Данная зависимость является отражением действия эффекта масштаба:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial K_{\beta}} = -r \left[-\ln(K - K^{\beta}) + \ln(K^{\beta} - K_{\alpha}^{\beta}) \right] + \lambda^{\beta} = 0$$

или

$$\lambda^{\beta} = -r \ln(K - K^{\beta}) + r \ln(K^{\beta} - K_{\alpha}^{\beta}). \quad (8)$$

Таким образом, получаем, что закон баланса распределения материальных средств в экономическом кластере можно представить в следующей форме:

$$K_{\alpha}^{\beta} = (K - K^{\beta}) \exp\left(\frac{h_{\alpha} - f_{\alpha}}{r}\right). \quad (9)$$

С данным выражением хорошо согласуется тот факт, что наибольший поток ресурсов необходимо распределять по направлениям с наивысшим показателем нормы прибыли, то есть отдачей от использования ресурса. Параметр f_{α} характеризует возможный отрицательный эффект от масштаба, выражающийся в увеличении предельных издержек с чрезмерным ростом производства. Соответственно эффективность заемных средств обратно зависит от величины процентной ставки r , которая стоит в знаменателе экспоненты.

Данное распределение получено аналитическим методом, в дальнейшем планируется проведение практического анализа на примере производственных предприятий.

11.05.2011

Список литературы:

1. Поттосина С.А., Журавлев В.А. Математические модели и методы. Мн.: БГУИР, 2003. - 94 с.
2. Булярский С.В. Оптимизация инвестиций //СПб., Современные аспекты экономики. – СПб., 2010. – №1.
3. Булярский С.В., Фистуль В.И. Термодинамика и кинетика взаимодействующих дефектов в полупроводниках. М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №09-06-00088-а)

Сведения об авторах:

Булярский Сергей Викторович, заведующий кафедрой инженерной физики Ульяновского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, e-mail: bsv@ulsu.ru

Синицын Антон Олегович, ассистент кафедры инженерной физики Ульяновского государственного университета, аспирант, 432970, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42, e-mail: Antonsinitsyn@mail.ru

UDC 338.24

Bulyarskiy S.V., Sinitsyn A.O.

Ulyanovsk state university, e-mail: bsv@ulsu.ru, antonsinitsyn@mail.ru

THE OPTIMIZATION OF THE DISTRIBUTION OF INVESTMENTS IN THE INDUSTRIAL CLUSTERS

The authors investigated the processes of formation and activity of the economic clusters of industrial enterprises. As the tool of analysis a system method of interbranch balance is used, augmented by the mathematical model, based on the thermodynamic analogy of Gibbs's energy in the economy. The author developed the mathematical model of the distribution of the means of the production within the framework of the economic clusters of industrial enterprises. The analytical dependence of the optimum distribution of the resources between participants in the association of industrial enterprises is obtained on the basis of balance method.

Key words: economic clusters, industrial enterprises, investment

Bibliography:

1. Pottosina S.A., Zhuravlev V.A., Mathematical Models and Methods, Mn: BSUIR, 2003, – 94 pp.
2. Bulyarsky S.V. Optimization of investment // St. Petersburg, «Modern aspects of economy», – 2010, – №1.
3. Bulyarsky S.V., Fistul V.I. Thermodynamics and kinetics of the interaction of defects in semiconductors. Moscow: Nauka. Fizmatlit, 1997. – 352 pp.