

Модели конкурентного взаимодействия по уровню квалификации персонала между предприятиями по производству ракетно-космической техники

© 2014 Гришанов Геннадий Михайлович
доктор технических наук, профессор

Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)
443086, г. Самара, Московское шоссе, д. 34

© 2014 Щелоков Дмитрий Александрович
кандидат экономических наук, доцент
начальник отдела подготовки кадров
АО «РКЦ «Прогресс»
443009, г. Самара, ул. Земеца, д. 18
E-mail: dima-shhelokov@yandex.ru

Рассмотрен выбор конкурентных стратегий по уровню квалификации персонала между двумя участниками космического рынка пусковых услуг по критерию максимизации прибыли, и определены значения параметров в точке равновесия, обеспечивающие устойчивость, эффективность и рентабельность производства ракетно-космической техники.

Ключевые слова: модель выбора конкурентных стратегий, уровень надежности изделий, равновесные значения производственных и рыночных параметров.

Учитывая, что рост надежности изделий связан с дополнительными затратами в форме инвестиций в повышение уровня квалификации персонала (влияющие в итоге на показатели рентабельности и конкурентоспособности предприятия), рассмотрим выбор конкурентных стратегий по уровню квалификации между двумя участниками международного рынка пусковых услуг с использованием критерия максимизации прибыли. Равновесное состояние по уровню надежности и уровню квалификации работников, определяемых из совокупности оптимальных решений, выбираемых каждым участником по критерию максимизации прибыли, назовем равновесием по Курно¹.

Предположим, участниками международного рынка пусковых услуг известны функции спроса $q_1(\omega(\Delta r))$ и $q_2(\omega(\Delta r))$ на выпускаемые ракетносители. Через равные промежутки бюджетного периода предприятия планируют изменение надежности $\omega_1(\Delta r)$ и $\omega_2(\Delta r)$ изделий с учетом изменения уровня квалификации персонала Δr , измеряемое вероятностью безаварийного запуска ракетносителей. Критерий каждого предприятия определяется величиной прибыли $Pr_i(\omega(\Delta r))$, $i = 1, 2$, получаемой предприятиями от реализации пусковых услуг²:

$$Pr_i(\omega(\Delta r)) = p_i q_i(\omega(\Delta r)) - c_i(q_i, \omega_i(\Delta r)) q_i(\omega(\Delta r)) - \frac{\delta_i}{2} \Delta r_i^2 \rightarrow \max,$$

$$i = 1, 2,$$

где $c_i(q_i, \omega_i(\Delta r))$ - предельные затраты i -го предприятия при реализации пусковых услуг;

$\frac{\delta_i}{2} \Delta r_i^2$ - инвестиции в повышение уровня квалификации работников i -го предприятия;

$\Delta r_i = r_i - r_{0i}$ - изменение уровня квалификации работников i -го предприятия.

Естественными ограничениями являются требования неотрицательности объемов выпуска ($q_1 > 0$, $q_2 > 0$), а также цен ($p_1 > 0$, $p_2 > 0$), показателей надежности изделия ($0 < w_1 < 1$), ($0 < w_2 < 1$) и изменение уровня квалификации персонала ($\Delta r_1, \Delta r_2 \geq 0$).

В модели неоднотипной дуополии управляемыми параметрами является изменение уровня квалификации персонала, выбираемого менеджерами из условия независимой максимизации прибыли, получаемой предприятиями. Каждое предприятие, управляя уровнем квалификации персонала, стремится максимизировать прибыль от реализации пусковых услуг, исходя из необходимых условий существования максимума

$$\frac{\partial \Pi p_i(\Delta r_i)}{\partial \Delta r_i} = 0, \quad i = 1, 2. \quad (1)$$

На функцию спроса $q_i(\Delta r_i)$, $i = 1, 2$ наложим следующие требования: для любых значений $\omega_1(\Delta r_1)$ и $\omega_2(\Delta r_2)$ функция спроса $q_i(\omega(\Delta r))$, $i = 1, 2$ возрастает по Δr_i , $i = 1, 2$ и убывает по Δr_j , $j = 1, 2$, $i \neq j$, т.е. $\frac{\partial q_i \cdot \partial \omega_i}{\partial \omega_i \cdot \partial \Delta r_i} > 0$; $\frac{\partial q_i \cdot \partial \omega_j}{\partial \omega_j \cdot \partial \Delta r_j} < 0$; $i, j = 1, 2, i \neq j$.

В соответствии с введенным предположением чем выше уровень надежности изделия и уровень квалификации персонала i -го предприятия и чем ниже уровень надежности изделия и уровень квалификации персонала конкурента, тем выше спрос на продукцию i -го предприятия.

Пусть параметрически определены функции спроса и функции надежности в виде следующих линейных уравнений:

$$\begin{aligned} q_i(\omega) &= q_0 + a_i^\omega \omega_i(\Delta r_i) - b_i^\omega \omega_j(\Delta r_j), \\ i, j &= 1, 2, \quad i \neq j, \\ \omega_i(\Delta r_i) &= \omega_{i0} + \mu_i \Delta r_i, \quad i = 1, 2, \end{aligned} \quad (2)$$

где q_0 - емкость рынка пусковых услуг;

$a_i^\omega, b_i^\omega > 0, i = 1, 2$ - коэффициенты чувствительности функции спроса к изменению уровня надежности $\omega_1(\Delta r_1)$, $\omega_2(\Delta r_2)$ изделий;

ω_{i0} - начальный уровень надежности изделия;

μ_i - скорость нарастания уровня надежности изделия при единичном изменении уровня квалификации.

Каждое из уравнений (2) удовлетворяет наложенным требованиям на функцию спроса:

$$\frac{\partial q_i \cdot \partial \omega_i}{\partial \omega_i \cdot \partial \Delta r_i} = a_i^\omega \mu_i > 0;$$

$$\frac{\partial q_i \cdot \partial \omega_j}{\partial \omega_j \cdot \partial \Delta r_j} = -b_i^\omega \mu_j < 0,$$

$$i, j = 1, 2, \quad i \neq j.$$

Предположим, что цена изделия и его уровень надежности связаны следующей функциональной зависимостью:

$$p_i(\omega_i) = p_{i0} - \gamma_i \omega_i, \quad i = 1, 2, \quad (3)$$

где $\gamma_i > 0$ - скорость уменьшения цены i -го предприятия.

Предположим также, что удельная себестоимость изготовления изделия для каждого предприятия определяется в соответствии с выражением:

$$c_i(\omega_i(\Delta r_i), q_i) = c_i^q q_i(\omega(\Delta r)) + c_i^\omega \omega_i(\Delta r_i), \quad i = 1, 2, \quad (4)$$

где $c_i^q, c_i^\omega > 0, i = 1, 2$ - предельные затраты по объему и качеству выпускаемых предприятиями изделий.

Зависимость (3) характеризует ситуацию, в которой увеличение надежности изделия приводит к снижению затрат при выпуске ракетополетителя и, как следствие, к уменьшению цены его запуска.

С учетом (3) и (4) представим модель задачи выбора уровня надежности изделий по критерию прибыли в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Pi p_i(\omega(\Delta r)) &= p_i(\omega_i(\Delta r_i)) q_i(\omega(\Delta r)) - \\ &- c_i(q_i, \omega_i(\Delta r_i), \Delta r_i) \rightarrow \max, \end{aligned} \quad (5)$$

$$q_i(\omega(\Delta r)) = q_0 + a_i^\omega \omega_i(\Delta r_i) - b_i^\omega \omega_j(\Delta r_j),$$

$$p_i(\omega_i(\Delta r_i)) = p_{i0} + \gamma_i \omega_i(\Delta r_i),$$

$$c_i(q_i, \omega_i(\Delta r_i)) = c_i^q q_i(\omega(\Delta r)) + c_i^\omega \omega_i(\Delta r_i) + \frac{\delta_i}{2} \Delta r_i^2,$$

$$\omega_i(\Delta r_i) = \omega_{i0} + \mu_i \Delta r_i, \quad i = 1, 2.$$

Получение оптимального статического решения модели задачи (5) сводится к вычислению частных производных целевых функций (1) при выборе уровня квалификации персонала и последующему решению системы двух уравнений с двумя неизвестными $\Delta r_1, \Delta r_2$.

Необходимые условия существования максимума в соответствии с (1) определяются из равенств:

$$\frac{\partial \Pi p_i}{\partial \Delta r_i} = 0, \quad i = 1, 2, \quad (6)$$

где $\omega_i^*, \omega_j^*, i, j = 1, 2, i \neq j$ - оптимальные с позиции прибыли значения надежности изделий.

Группируя составляющие уравнения (6), получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi p_i}{\partial \omega_i} &= (p_{i0} - c_i^q) a_i^\omega - \gamma_i q_0 - c_i^\omega - 2\gamma_i a_i^\omega \omega_i^* + \\ &+ \gamma_i b_i^\omega \omega_j^* = 0, \quad i, j = 1, 2, \end{aligned} \quad (7)$$

Из уравнения (7) следует, что уровень надежности изделия для каждого предприятия в условиях конкуренции определяется из системы, каждое уравнение которой характеризует линию реакции предприятия на выбранную конкурентом стратегию по надежности:

$$\begin{aligned} \omega_i^* &= \frac{1}{2\gamma_i a_i^\omega} \left[(p_{i0} - c_i^q) a_i^\omega - \gamma_i q_0 - c_i^\omega + \gamma_i b_i^\omega \omega_j^* \right], \\ i, j &= 1, 2, \end{aligned} \quad (8)$$

Обозначим первую составляющую уравнения (8) через N_i^k :

$$N_i^k = \frac{(p_{i0} - c_i^q) a_i^0 - \gamma_i q_0 - c_i^0}{2\gamma_i a_i^0},$$

$$i, j = 1, 2, i \neq j. \quad (9)$$

Каждое из значений N_1^k, N_2^k характеризует уровень надежности изделия при монополизации рынка пусковых услуг.

С учетом введенных обозначений систему уравнений линии реакции каждого участника рынка на выбранную стратегию конкурентом (8) запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} \Delta r_1^* = N_1^1 + N_2^2 \Delta r_2^*, \\ \Delta r_2^* = N_2^1 + N_1^2 \Delta r_1^*. \end{cases} \quad (10)$$

Решая систему (10), получим, что равновесные значения изменений уровней квалификации персонала первого и второго предприятий составят величину:

$$\Delta r_1^0 = \frac{N_1^2 \cdot N_2^1 + N_1^1}{1 - N_1^2 N_2^2},$$

$$\Delta r_2^0 = \frac{N_1^1 \cdot N_2^2 + N_2^1}{1 - N_1^2 N_2^2}, \quad (11)$$

где $N_1^1, N_1^2, N_2^1, N_2^2$ определяются в зависимости от производственных и рыночных параметров;

$\Delta r_1^0, \Delta r_2^0$ - равновесные значения уровней квалификации персонала предприятий.

Решение системы (10) существует ($\Delta r_i^0 > 0, i = 1, 2$), если параметры функций спроса и производственные параметры модели (5) удовлетворяют неравенствам:

$$\{N_1^k > 0, k = 1, 2\} \wedge \{N_2^k > 0, k = 1, 2\} \wedge \{N_1^2 N_2^2 < 1\}. \quad (12)$$

При выполнении указанных неравенств рынок сбыта не становится монопольным и единственным положением в точке равновесия, координаты которой удовлетворяют приведенным уравнениям (11). При этом равновесие динами-

чески устойчиво в том смысле, что из любого начального состояния рынок с течением времени переходит в равновесное состояние.

Найденные значения равновесных уровней квалификации персонала позволяют определить равновесное значение надежности изделия, цен, количества запусков ракет-носителей и в точке равновесия для каждого предприятия:

$$\omega_i^0(\Delta r_i^0) = \omega_{i0} + \mu_i \Delta r_i^0,$$

$$p_i^0(\omega_i^0(\Delta r_i^0)) = p_{i0} + \gamma_i \omega_i^0(\Delta r_i^0),$$

$$q_i^0(\omega_i^0(\Delta r_i^0)) = q_0 + a_i^0 \omega_i^0(\Delta r_i^0) - b_i^0 \omega_j^0(\Delta r_j^0)$$

Полученные оптимальные равновесные значения позволяют определить требования к параметрам механизма конкурентного взаимодействия, реализация которых обеспечивает сохранение конкурентной среды на космическом рынке пусковых услуг.

Выводы. При параметрически заданных функциях спроса для каждого предприятия сформирована модель задачи выбора уровня квалификации персонала по критерию прибыли.

Из необходимых условий существования максимума прибыли определена система уравнений, характеризующая реакции каждого участника рынка на стратегию, выбранную конкурентом.

Найдены значения равновесных уровней квалификации персонала, и установлены предельные значения параметров моделей принятия решений, обеспечивающие устойчивость конкурентного взаимодействия между участниками рынка пусковых услуг.

¹ См.: Васин А.А., Морозов В.В. Теория игр и модели математической экономики. М., 2005; Васин А.А., Краснощеков П.С., Морозов В.В. Исследование операций: учеб. пособие для студ. вузов. М., 2008; Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М., 2002.

² См.: Гришанов Г.М., Колычев С.А., Клентак Л.С. Модели конкурентного взаимодействия между предприятиями и формирование параметрически устойчивых равновесных состояний // Вестник СГАУ (НИИ). Самара, 2012. □ 6 (37). С. 19; Гришанова А.Д., Тюлева Е.С. Моделирование рынка пусковых услуг в условиях глобализации: монография. Самара, 2012.

Поступила в редакцию 02.11.2014 г.