Механизм выбора конкурентных стратегий на рынке сбыта изделий при максимизации прибыли предприятий

© 2012 Д.Г. Гришанов, С.А. Колычев, Д.А. Щелоков
Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева
(национальный исследовательский университет)
E-mail: grishanov-sgau@mail.ru

Рассматривается проблема выбора конкурентных стратегий между двумя участниками рынка пусковых услуг по критерию максимизации прибыли. Определяются равновесные состояния полученных решений по Баумолу, Баумолу - Курно и для кооперативных стратегий предприятий.

Ключевые слова: модель выбора конкурентных стратегий, уровень надежности изделий, равновесие по Баумолу, Баумолу - Курно, кооперативная стратегия.

Введение

Учитывая, что повышение уровня надежности изделий связано с дополнительными затратами в форме инвестиций в различные направления деятельности предприятия, влияющие в итоге на показатели его рентабельности и конкурентоспособности, необходимо рассмотреть проблему выбора конкурентных стратегий между двумя участниками международного рынка пусковых услуг по критерию максимизации прибыли. Равновесное состояние по уровню надежности, выбираемое каждым участником по критерию максимизации прибыли, названо в работе равновесием по Курно[1].

Моделирование конкурентного взаимодействия между участниками дуопольного рынка и определение равновесных решений

Пусть участникам международного рынка пусковых услуг известны функции спроса $q_1(\omega)$ и $q_2(\omega)$ на выпускаемые ракетоносители. Через равные промежутки бюджетного периода предприятия планируют изменения надежности изделий ω_1 и ω_2, измеряемые вероятностью безаварийного запуска ракетоносителей. Критерий каждого предприятия определяется величиной прибыли, получаемой предприятием от реализации пусковых услуг:

$$Пр_i(\omega) = p_i q_i(\omega) - c_i(q_i, \omega_i) q_i(\omega), \qquad i, j = 1,2, i \neq j.$$

Естественными ограничениями являются требования неотрицательности объемов выпуска ($q_1 \geq 0$, $q_2 \geq 0$), а также цен ($p_1 \geq 0$, $p_2 \geq 0$) и показателей надежности изделия ($0<\omega_1<1$), ($0<\omega_2<1$).

В модели неоднотипной дуополии управляемыми параметрами являются уровни надежности изделия, выбираемые менеджерами из условия независимой максимизации прибыли, получаемой предприятиями. Каждое предприятие, управляя уровнем надежности на выпускаемое изделие, стремится максимизировать прибыль от реализации пусковых услуг, исходя из необходимых условий существования максимума

$$\frac{\partial Пр_i(\omega)}{\partial \omega_i} = 0, i = 1,2. \qquad (1)$$

На функцию спроса $q_i(\omega)$, i=1,2 наложим следующие требования: для любых значений ω_1 и ω_2 функция спроса $q_i(\omega)$, i=1,2 возрастает по ω_i, i=1,2 и убывает по ω_j, j=1,2, $i \neq j$, т.е. $\frac{\partial q_i}{\partial \omega_i} > 0$; $\frac{\partial q_i}{\partial \omega_j} < 0$; $i, j = 1,2$, $i \neq j$.

В соответствии с введенным предположением, чем выше уровень надежности изделия, тем больше спрос на его продукцию, и чем ниже уровень надежности изделия конкурента, тем выше спрос на его продукцию.

Пусть параметрически определены функции спроса в виде следующих линейных уравнений:

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

$$i, j = 1,2, i \neq j \qquad (2)$$

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 изделий ω_1, ω_2.

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

$$\frac{\partial q_i}{\partial \omega_i} = a_i^{\omega} > 0; \ \frac{\partial q_i}{\partial \omega_j} = -b_i^{\omega} < 0,$$

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

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

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

где $\gamma_i > 0$ - скорость уменьшения цены i-го предприятия, а удельная себестоимость изготовления изделия для каждого предприятия определяется в соответствии с уравнениями:

$$c_i(\omega_i, q_i) = c_i^q q_i(\omega) + c_i^{\omega}\omega_i,$$

$$i=1{,}2. \qquad (4)$$

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

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

$$\text{Пр}_i(\omega) = p_i(\omega_i)q_i(\omega) - c_i(q_i,\omega_i) \to max,$$

$$q_i(\omega) = q_0 + a_i^{\omega}\omega_i - b_i^{\omega}\omega_j,$$

$$p_i(\omega_i) = p_{i0} - \gamma_i\omega_i,$$

$$c_i(q_i,\omega_i) = c_i^q q_i(\omega) + c_i^{\omega}\omega_i. \qquad (5)$$

Модель задачи выбора уровня надежности изделий (5) по критерию прибыли преобразуем к виду

$$\text{Пр}_i(\omega) = (p_{i0} - \gamma_i\omega_i - c_i^q)(q_0 + a_i^{\omega}\omega_i - b_i^{\omega}\omega_j) -$$

$$- c_i^{\omega}\omega_i \to max, \ i,j = 1{,}2, \quad i \neq j. \qquad (6)$$

Получение оптимального статического решения задачи неоднотипной дуополии с выбором уровня надежности сводится к вычислению частных производных критериев задачи выбора надежности и последующему решению сформированной системы уравнений.

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

$$\frac{\partial \text{Пр}_i}{\partial \omega_i} = -\gamma_i(q_0 + a_i^{\omega}\omega_i - b_i^{\omega}\omega_j) +$$

$$+ (p_{io} - \gamma_i\omega_i - c_i^q)a_i^{\omega} - c_i^{\omega} = 0,$$

$$i,j = 1{,}2, \quad i \neq j. \qquad (7)$$

Группируя составляющие уравнения (7), получим:

$$\frac{\partial \text{Пр}_i}{\partial \omega_i} = (p_{io} - c_i^q)a_i^{\omega} - \gamma_i q_o - c_i^{\omega} -$$

$$-2\gamma_i a_i^{\omega}\omega_i + \gamma_i b_i^{\omega}\omega_j = 0,$$

$$i,j=1{,}2, \ i \neq j. \qquad (8)$$

Из уравнения (8) 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:

$$\omega_i = \frac{1}{2\gamma_i a_i^{\omega}}\left[(p_{io} - c_i^q)a_i^{\omega} - \gamma_i q_0 - c_i^{\omega} + \right.$$

$$\left. + \gamma_i b_i^{\omega}\omega_j\right], i,j = 1{,}2, \quad i \neq j. \qquad (9)$$

Обозначим первую составляющую уравнения (9) через N_i^k:

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

$$i,j = 1{,}2, \ i \neq j. \qquad (10)$$

С учетом введенных обозначений систему уравнений (10) запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} \omega_1^* = N_1^k + \frac{b_1^{\omega}}{2a_1^{\omega}}\omega_2^*, \\ \omega_2^* = N_2^k + \frac{b_2^{\omega}}{2a_2^{\omega}}\omega_1^*. \end{cases} \qquad (11)$$

Решая систему (11), получим, что равновесные по Баумолу значения уровней надежности изделия первого и второго предприятия составят величину:

$$\omega_1^* = \frac{2a_2^{\omega}(2a_2^{\omega}N_1^k + b_1^{\omega}N_2^k)}{4a_1^{\omega}a_2^{\omega} - b_1^{\omega}b_2^{\omega}},$$

$$\omega_2^* = \frac{2a_1^{\omega}(2a_1^{\omega}N_2^k + b_2^{\omega}N_1^k)}{4a_1^{\omega}a_2^{\omega} - b_1^{\omega}b_2^{\omega}}, \qquad (12)$$

где N_1^k и N_2^k определяются в соответствии с уравнениями (10).

Из уравнений (12) следует, что точка равновесия по Баумолу существует, если одновременно выполняются следующие неравенства:

$$\{N_i^k > 0\}\{N_2^k > 0\}\left\{a_1^{\omega} > \frac{b_1^{\omega}}{2}\right\}$$

$$\left\{a_2^{\omega} > \frac{b_2^{\omega}}{2}\right\}. \qquad (13)$$

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

i=1,2 находим, что для устойчивости конкурентной среды начальные цены p_{10} и p_{20} при заданной емкости рынка пусковых услуг с учетом (13) должны одновременно удовлетворять следующим неравенствам:

$$\left\{p_{10} > \frac{c_1^q a_1^\omega+\gamma_1 q_0+c_1^\omega}{a_1^\omega}\right\}\left\{p_{20} > \frac{c_2^q a_2^\omega+\gamma_2 q_0+c_2^\omega}{a_2^\omega}\right\}\left\{a_1^\omega > \frac{b_1^\omega}{2}\right\}\left\{a_2^\omega > \frac{b_2^\omega}{2}\right\}. \quad (14)$$

При выполнении данных неравенств рынок сбыта не становится монопольным и единственным положением в точке равновесия, координаты которой удовлетворяют приведенным уравнениям (12). При этом равновесие динамически устойчиво в том смысле, что из любого начального состояния рынок с течением времени переходит в равновесное состояние. Иными словами, если выполняются неравенства (14), то, несмотря на существование конкурентных отношений, обеспечиваются условия, необходимые для нормального функционирования обоих участников на рынке пусковых услуг.

Представим геометрическое решение задачи определения равновесных значений уровня надежности изделия (рис. 1).

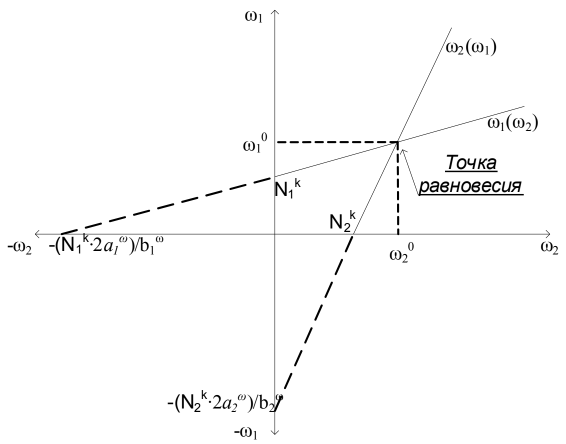

***Рис. 1.* Геометрическое решение задачи определения равновесных значений уровня надежности изделия**

На рис. 1 показана линия реакции $\omega_1^*(\omega_2)$ первого и $\omega_2^*(\omega_1)$ второго предприятий. Точка пересечения линий реакции на рисунке представляет собой точку равновесия по Баумолу. Из рисунка следует, что точка равновесия существует, если одновременно выполняются неравенства (14).

Снижение уровня надежности одного из изделий приведет к невыполнению требований взаимосвязанных неравенств (13). Это означает, что выпуск этого изделия предприятием (как неконкурентоспособного) прекращается, и в этой связи встает задача или его модернизации, или разработки и выпуска нового изделия. Из сказанного следует, что конкуренция на рынке пусковых услуг между предприятиями по изготовлению ракетоносителей является положительным фактором, поскольку стимулирует развитие ракетно-космической техники.

Рассмотрим рыночную ситуацию, в которой первое предприятие выбирает конкурентную по надежности стратегию по критерию максимизации стоимости пусковых услуг, а второе предприятие - конкурентную по надежности стратегию по критерию максимизации прибыли. Равновесное состояние по уровню надежности, выбираемое одним участником по критерию максимизации стоимости запусков, а вторым - по критерию максимизации прибыли, назовем равновесием по Баумолу - Курно. Модель конкурентной среды в этой ситуации описывается следующей совокупностью моделей принятия решений.

$$\begin{cases} \text{СЗ}_1(\omega) = p_1(\omega)q_1(\omega) \to max, \\ q_1(\omega) = q_0 + a_1^\omega\omega_1 - b_1^\omega\omega_2, \\ p_1(\omega_1) = p_{10} - {}_1\omega_1, \\ \text{Пр}_2(\omega) = p_2 q_2(\omega) - c_2(q_2,\omega_2)q_2(\omega) \to max, \\ q_2(\omega) = q_0 + a_2^\omega\omega_2 - b_2^\omega\omega_1, \\ p_2(\omega_2) = p_{20} - {}_2\omega_2, \\ c_2(\omega_2,q_2) = c_2^q q_2(\omega) + c_2^\omega\omega_2. \end{cases} \quad (15)$$

В результате решения взаимосвязанной системы моделей принятия решений (15) сформирована следующая система уравнений для линий реакций каждого предприятия на выбранную стратегию конкурентом при равенстве нулю предположительных вариаций по уровню надежности пусковых услуг:

$$\begin{cases} \omega_1^* = N_1 + \frac{b_1^\omega}{2a_1^\omega}\omega_2^*, \\ \omega_2^* = N_2^k + \frac{b_2^\omega}{2a_2^\omega}\omega_1^*, \end{cases} \quad (16)$$

где $N_1 = \frac{p_{10}a_1^\omega-\gamma_1 q_0}{2\gamma_1 a_1^\omega}$

и $N_2^k = \frac{(p_{20}-c_2^q)a_2^\omega-\gamma_2 q_0-c_2^\omega}{2\gamma_2 a_2^\omega}$.

Решая систему уравнений (16) относительно оптимального уровня надежности, получим следующие их равновесные по Баумола - Курно значения для каждого предприятия-конкурента:

$$\omega_1^0 = \frac{2a_2^\omega (2a_1^\omega N_1 + b_1^\omega N_2^k)}{4a_1^\omega a_2^\omega - b_1^\omega b_2^\omega}, \quad (17)$$

$$\omega_2^* = \frac{2a_1^\omega (2a_2^\omega N_2^k + b_2^\omega N_1)}{4a_1^\omega a_2^\omega - b_1^\omega b_2^\omega}. \quad (18)$$

Таким образом, определены оптимальные значения надежностей для предприятий, которые выпускают дифференцированные изделия и каждое из которых придерживается своей стратегии на рынке пусковых услуг: первое предприятие выбирает стратегию на основе критерия максимизации объема стоимости пусковых услуг (стратегия Баумола), а второе - ориентировано на критерий максимизации прибыли (стратегия Курно).

Представим графическое решение рассматриваемой задачи (рис. 2).

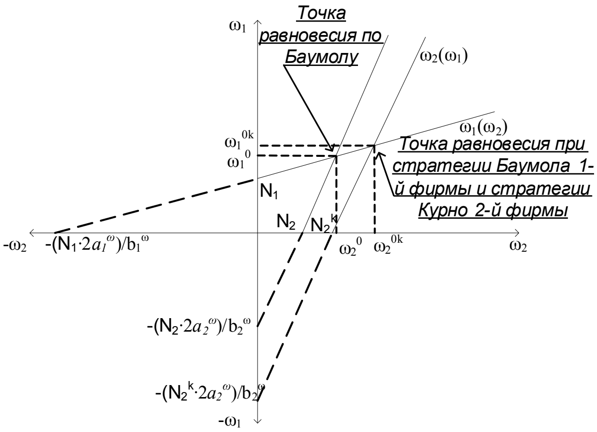

***Рис. 2.* Графическое решение задачи выбора равновесных значений уровня надежностей изделий по Баумолу - Курно**

Как следует из рис. 2, линия реакции по Баумолу и линия реакции по Курно параллельны друг другу и образуют две точки равновесия - равновесие по Баумолу и равновесие по Баумолу - Курно.

Аналогично формируется математическая модель принятия решений, учитывающая ситуации, когда первое предприятие выбирает уровень надежности изделий по критерию максимизации прибыли (стратегия Курно), а второе предприятие - уровень надежности по критерию максимизации стоимости пусковых услуг (стратегия Баумола). В этом случае необходимые условия существования максимума определяются из системы уравнений

$$\frac{\partial \text{Пр}_1(\omega)}{\partial \omega_1} = 0, \quad \frac{\partial \text{СЗ}_2(\omega)}{\partial \omega_2} = 0.$$

Модель конкурентной среды в данной ситуации описывается следующей совокупностью моделей принятия решений:

$$\begin{cases} \text{Пр}_1(\omega) = p_1 q_1(\omega) - c_1(q_1, \omega_1) q_1(\omega) \\ \qquad \to max, \\ \mathrm{q}_1(\omega) = \mathrm{q}_0 + \mathrm{a}_1^\omega \omega_1 - \mathrm{b}_1^\omega \omega_2, \\ p_1(\omega_1) = p_{10} - {}_1\omega_1, \\ c_1(\omega_1, q_1) = c_1^q q_1(\omega) + c_1^\omega \omega_1, \\ \text{СЗ}_2(\omega) = p_2(\omega) q_2(\omega) \to max, \\ \mathrm{q}_2(\omega) = \mathrm{q}_0 + \mathrm{a}_2^\omega \omega_2 - \mathrm{b}_2^\omega \omega_1, \\ p_2(\omega_2) = p_{20} - {}_2\omega_2. \end{cases} \quad (19)$$

В результате решения взаимосвязанной системы моделей принятия решений (19) сформирована следующая система уравнений для линий реакций каждого предприятия на выбранную стратегию конкурентом при равенстве нулю предположительных вариаций по уровню надежности пусковых услуг:

$$\begin{cases} \omega_1^* = N_1^k + \dfrac{b_1^\omega}{2a_1^\omega} \omega_2^*, \\ \omega_2^* = N_2 + \dfrac{b_2^\omega}{2a_2^\omega} \omega_1^*, \end{cases} \quad (20)$$

где $N_1 = \dfrac{(p_{10} - c_1^q) a_1^\omega - \gamma_1 q_0 - c_1^\omega}{2\gamma_2 a_2^\omega}$

и $N_2^k = \dfrac{p_{20} a_2^\omega - \gamma_2 q_c}{2\gamma_2 a_2^\omega}$.

Решая систему уравнений (20) относительно оптимального уровня надежности, получим следующие их равновесные значения для каждого предприятия-конкурента:

$$\omega_1^0 = \frac{2a_2^\omega (2a_1^\omega N_1^k + b_1^\omega 2)}{4a_1^\omega a_2^\omega - b_1^\omega b_2^\omega}, \quad (21)$$

$$\omega_2^* = \frac{2a_1^\omega (2a_2^\omega N_2 + b_2^\omega N_2^k)}{4a_1^\omega a_2^\omega - b_1^\omega b_2^\omega}. \quad (22)$$

Таким образом, определены оптимальные значения надежностей для предприятий, которое выпускают дифференцированные изделия и каждое из которых придерживается своей стратегии на рынке пусковых услуг: первое предприятие выбирает стратегию на основе критерия максимизации прибыли (стратегия Курно), а второе предприятие ориентировано на критерий максимизации объема стоимости пусковых услуг (стратегия Баумола).

Представим графическое решение определения равновесных цен в ситуации, когда вторая фирма выбирает свою стратегию по критерию максимизации стоимости пусковых услуг, а первая - по критерию максимизации прибыли (рис. 3).

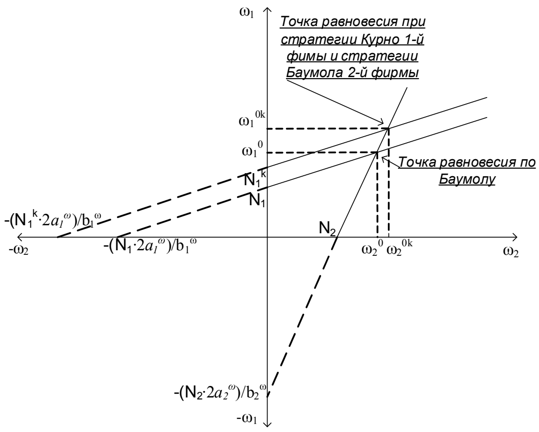

***Рис. 3.* Графическое решение задачи выбора равновесных уровней надежности по Баумолу - Курно**

Модифицируем модель выбора конкурентных стратегий по надежности с использованием критерия максимизации объема стоимости пусковых услуг путем включения кооперативных стратегий предприятий. Общую постановку задачи выбора стоимости пусковых услуг для кооперативных стратегий предприятий сформулируем следующим образом: при известных каждому предприятию функций спроса на выпускаемые ими изделия определить оптимальное значение уровня надежности изделий, максимизирующее их общую стоимость пусковых услуг. Необходимое условие существования максимума общей стоимости пусковых услуг определяется из следующих равенств:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial(\text{СЗ}_1(\omega)+\text{СЗ}_2(\omega))}{\partial\omega_1} = 0, \\ \dfrac{\partial(\text{СЗ}_1(\omega)+\text{СЗ}_2(\omega))}{\partial\omega_2} = 0. \end{cases} \qquad (23)$$

Предположим, что спрос на продукцию и функциональная зависимость изделия от уровня надежности первого и второго предприятий параметрически заданы в виде линейных функций:

$$q_1(\omega) = q_0 + a_1\omega_1 - b_1\omega_2,$$

$$q_2(\omega) = q_0 + a_2\omega_2 - b_2\omega_1,$$

$$p_1(\omega_1) = p_{10} - \gamma_1\omega_1,$$

$$p_2(\omega_2) = p_{20} - \gamma_2\omega_2. \qquad (24)$$

С учетом сделанных предположений (24) общий объем стоимости пусковых услуг равен:

$$\text{СЗ} = \text{СЗ}_1(\omega) + \text{СЗ}_2(\omega) = p_1(\omega_1)q_1(\omega) +$$

$$+ p_2(\omega_2)q_2(\omega) =$$

$$= (p_{10} - \gamma_1\omega_1)(q_0 + a_1\omega_1 - b_1\omega_2) +$$

$$+(p_{20} - \gamma_2\omega_2)(q_0 + a_2\omega_2 - b_2\omega_1) \qquad (25)$$

Задача выбора оптимальных уровней надежности сводится к вычислению частных производных критериев (25) и последующему решению сформированной системы уравнений относительно уровня надежности изделий. Дифференцируя (25) по параметру ω_1, получим:

$$\frac{\partial \text{СЗ}}{\partial\omega_1} = -\gamma_1(q_0 + a_1\omega_1 - b_1\omega_2) +$$

$$+ (p_{10} - \gamma_1\omega_1)a_1 - (p_{20} - \gamma_2\omega_2)b_2 =$$

$$= (p_{10}a_1 - \gamma_1 q_0 - p_{20}b_2) - 2a_1\gamma_1\omega_1 +$$

$$+(\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2)\omega_2 = 0 \qquad (26)$$

Из уравнения (26) определяем зависимость оптимального уровня надежности первого предприятия от выбранного уровня надежности предприятием-конкурентом:

$$\omega_1^* = \frac{1}{2a_1\gamma_1}[(p_{10}a_1 - \gamma_1 q_0 - p_{20}b_2) +$$

$$+(\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2)\omega_2^*]. \qquad (27)$$

Обозначим первую составляющую в квадратных скобках через

$$N_1^c = \frac{p_{10}a_1 - \gamma_1 q_0 - p_{20}b_2}{2a_1\gamma_1}, \qquad (28)$$

тогда уравнение (27) представим в виде

$$\omega_1^* = N_1^c + \frac{(\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2)\omega_2^*}{2a_1\gamma_1}. \qquad (29)$$

Уравнение (29) позволяет определить реакцию первого предприятия на выбранную стратегию по надежности вторым предприятием и, таким образом, характеризует поведение его на конкурентном рынке пусковых услуг. Определим уравнение линии реакции второго предприятия на выбранную стратегию по надежности первым предприятием. Для этого продифференцируем уравнение общей стоимости пусковых услуг (25) по уровню надежности ω_2:

$$\frac{\partial СЗ}{\partial \omega_2} = -\gamma_2(q_0 - a_2\omega_2 + k_2\omega_2) + (p_{20} -$$

$$- {}_2\omega_2)a_2 - (p_{10} - \gamma_1\omega_1)b_1 =$$

$$= (p_{20}a_2 - \gamma_2 q_0 - p_{10}b_1) - 2a_2\gamma_2\omega_2 +$$

$$+(\gamma_2 b_2 + \gamma_1 b_1)\omega_1 = 0 \quad (30)$$

Из уравнения (30) определяем зависимость оптимального уровня надежности второго предприятия от выбранного уровня надежности предприятием-конкурентом:

$$\omega_2^* = \frac{1}{2a_2\gamma_2}[(p_{20}a_2 - \gamma_2 q_0 - p_{10}b_1) +$$

$$+(\gamma_2 b_2 + \gamma_1 b_1)\omega_1^*]. \quad (31)$$

Обозначим первую составляющую в квадратных скобках через

$$N_2^c = \frac{p_{20}a_2 - \gamma_2 q_0 - p_{10}b_1}{2a_2\gamma_2}, \quad (32)$$

тогда уравнение (27) представим в виде

$$\omega_2^* = N_2^c + \frac{(\gamma_2 b_2 + \gamma_1 b_1)\omega_1^*}{2a_2\gamma_2} \quad (33)$$

Сформируем систему уравнений с учетом (29) и (30), характеризующих поведение каждого участника на рынке пусковых услуг при выборе конкурентных по надежности изделий

$$\begin{cases} \omega_1^* = N_1^c + \frac{(\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2)\omega_2^*}{2a_1\gamma_1}, \\ \omega_2^* = N_2^c + \frac{(\gamma_2 b_2 + \gamma_1 b_1)\omega_1^*}{2a_2\gamma_2}. \end{cases} \quad (34)$$

Решая систему (34), получим равновесные значения надежностей изделий:

$$\omega_1^0 = \frac{2\gamma_2 a_2(2\gamma_1 a_1 N_1^c + (\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2)N_2^c)}{4\gamma_1\gamma_2 a_1 a_2 - (\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2)^2},$$

$$\omega_2^0 = \frac{2\gamma_1 a_1(2\gamma_2 a_2 N_2^c + (\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2)N_1^c)}{4\gamma_1\gamma_2 a_1 a_2 - (\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2)^2}.$$

Из полученных равновесных значений уровня надежности изделий следует, что решение существует, и оно является устойчивым, если выполняются одновременно следующие неравенства:

$$\{N_1^c > 0\}\{N_2^c > 0\}\left\{2a_1 > \right.$$

$$\left. > \frac{\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2}{\gamma_1\gamma_2}\right\}\left\{2a_2 > \frac{\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2}{\gamma_1\gamma_2}\right\}. \quad (35)$$

Неравенства $\{N_1^c > 0\}$ и $\{N_2^c > 0\}$ выполняются, если значения начальных цен пусковых услуг p_{10}, p_{20} удовлетворяют соотношениям:

$$p_{10} > \frac{\gamma_1 q_0 + p_{20}b_2}{a_1},$$

$$p_{20} > \frac{\gamma_2 q_0 + p_{10}b_1}{a_2}, \quad (36)$$

тогда неравенства (35), характеризующие устойчивость конкурентного взаимодействия между участниками рынка пусковых услуг, можно представить с учетом (36) в виде

$$\left\{p_{10} > \frac{\gamma_1 q_0 + p_{20}b_2}{a_1}\right\}\left\{p_{20} > \frac{\gamma_2 q_0 + p_{10}b_1}{a_2}\right\}$$

$$\left\{2a_1 > \frac{\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2}{\gamma_1\gamma_2}\right\}\left\{2a_2 > \frac{\gamma_1 b_1 + \gamma_2 b_2}{\gamma_1\gamma_2}\right\}. \quad (37)$$

Совокупность неравенств (37) представляет собой условия параметрической устойчивости конкурентного взаимодействия между двумя участниками рынка пусковых услуг при выборе уровня надежности изделий[2].

Найденные значения равновесных уровней надежности изделий позволяют определить равновесное значение цен, количества запусков ракет-носителей и объемов стоимости пусковых услуг в точке равновесия для каждого предприятия:

$$p_1^0 = p_{10} - \gamma_1\omega_1^0,$$

$$p_2^0 = p_{20} - \gamma_2\omega_2^0,$$

$$q_1^0 = q_0 + a_1\omega_1^0 - b_1\omega_2^0,$$

$$q_2^0 = q_0 + a_2\omega_2^0 - b_2\omega_1^0,$$

$$СЗ_1^0 = p_1^0(\omega_1^0)q_1^0(\omega),$$

$$СЗ_2^0 = p_2^0(\omega_2^0)q_2^0(\omega).$$

Модель, включающая стратегию Баумола и кооперативную стратегию, выбираемую по критерию максимизации объема пусковых услуг, названа расширенной линейной моделью дуополии Баумола. Полученные оптимальные равновесные решения для расширенной модели позволяют определить требования к параметрам механизма конкурентного взаимодействия, реализации которых обеспечивает сохранение конкурентной среды на мировом космическом рынке пусковых услуг.

Представим графическое решение задачи выбора равновесных и устойчивых значений уровня надежности изделий в условиях кооперативного взаимодействия (рис. 4).

Совокупность аналитических неравенств (35), характеризующих устойчивость рыночной среды, графически сводится к определению углов α и β линий реакций $\omega_1^*(\omega_2)$ и $\omega_2^*(\omega_1)$, соответствующим осям. На графике углы α и β меньше 45^o, что свидетельствует о пересечении линий реакции и устойчивости конкурентной среды.

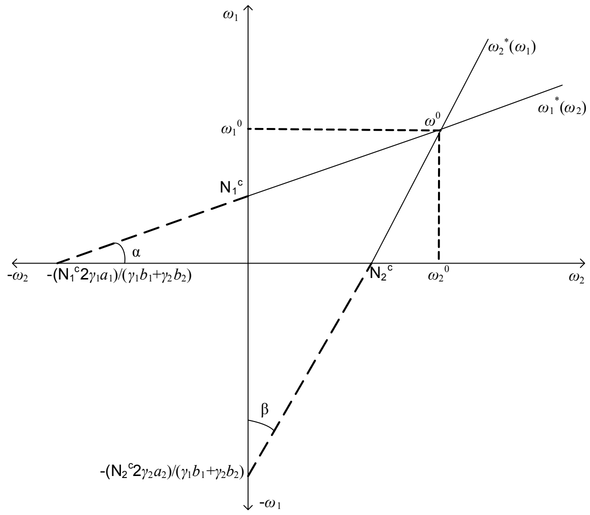

***Рис. 4.* Графическое решение задачи выбора равновесных и устойчивых значений уровня надежности изделий в условиях кооперативного взаимодействия**

Выводы

При параметрически заданных функциях спроса для каждого предприятия сформирована модель задачи выбора уровня надежности изделий по критерию прибыли.

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

Найдены значения равновесных уровней надежности изделий в различных рыночных ситуациях, определены значения цен, количества запусков ракет-носителей и объемов стоимости пусковых услуг в точке равновесия для каждого предприятия.

---

[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; *Новиков Д.А., Иващенко А.А.* Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. М., 2006.

[2] *Губко М.В., Новиков Д.А.* Теория игр в управлении организационными системами. М., 2002.

Поступила в редакцию 05.09.2012 г.