
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

**ЦЕНОВАЯ КОНКУРЕНЦИЯ И СТРУКТУРА РЫНКОВ
В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТРАСЛЯХ**

© 2008 г. П. Б. Рудник
(Москва)

На основе известной модели Шакеда и Саттона построена модель ценового равновесия в вертикально дифференцированном рыночном пространстве, включающая предпосылку о том, что на рынке присутствует группа потребителей, не заинтересованных в приобретении одного или нескольких продуктов сравнительно низкого качества. Показано, что данная предпосылка является существенным фактором формирования ценового равновесия.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье построена экономико-математическая модель ценового равновесия в вертикально дифференцированном рыночном пространстве. Данная модель создана на основе известной модели Шакеда и Саттона (Shaked, Sutton, 1982, р. 3–13), от которой ее отличает дополнительная предпосылка (далее — основная предпосылка), которая существенно влияет на формирование ценового равновесия. В рамках разработанной модели предполагается, что на рынке присутствует группа потребителей, которые не хотят покупать продукты низкого качества — для данных потребителей низкокачественные продукты бесполезны — им нужны только высококачественные продукты.

С практической точки зрения предположение о существовании на рынке вертикально дифференцированного продукта потребителей, не заинтересованных в покупке низкокачественных продуктов, может оказаться оправданным. Искать таких потребителей следует, прежде всего, на рынке высокотехнологического продукта (такие рынки, как показали Х. Вэриен (Varian, 2001, р. 5–9) и Дж. Саттон (Sutton, 1986, р. 393), являются рынками вертикально дифференцированных продуктов), где постоянное улучшение старых и появление новых потребительских свойств предлагаемых продуктов может способствовать привлечению новых потребителей. Например, группа потребителей, желающих покупать только продукты наивысшего качества, могла существовать на рынке ЭВМ в конце 1980-х и начале 1990-х годов XX в. До этого времени на рынке были представлены исключительно ЭВМ, предназначенные для использования в рамках организаций. Они отличались большими размерами, высоким энергопотреблением, высокими расходами и сложностью эксплуатации, а также относительно низкой производительностью и ограниченными функциями. В целом, по совокупности перечисленных стоимостных, а главное, потребительских характеристик ЭВМ того времени не представляли интереса для индивидуальных потребителей (физических лиц), и те не были готовы платить за решения столь “низкого качества”.

В конце 1980-х — начале 1990-х годов ситуация изменилась. На рынке появились персональные ЭВМ (ПЭВМ), которые, помимо относительно низкой стоимости, обладали потребительскими характеристиками, привлекательными для индивидуального потребителя (ПЭВМ были компактными, эргономичными, позволяли реализовать актуальные для простых людей функции, обладали гибкой архитектурой). Поскольку ПЭВМ справлялись с задачами, которые ранее решались с помощью ЭВМ, можно говорить о том, что качество ПЭВМ было выше качества ЭВМ. Итак, в конце 1980-х — начале 1990-х годов сложилась ситуация, когда наряду с ЭВМ на рынке появились ПЭВМ, заинтересовавшие индивидуальных потребителей. Они-то и могли сформировать описанную основной предпосылкой группу потребителей.

Для того чтобы упростить дальнейшие формулировки, будем считать, что на рынке имеет место инкрементальный спрос, если совокупность потребителей, присутствующих на рынке, может быть разбита на два непустых непересекающихся подмножества (группы), удовлетворяющих следующим свойствам.

1. В первую группу вошли потребители, заинтересованные в приобретении любого предлагаемого на рынке продукта (у этих потребителей множество альтернатив, рассматриваемых

при принятии решения о покупке, включая, наряду с отказом от покупки, все предлагаемые продукты).

2. Вторую группу составили потребители, готовые приобрести только один или несколько наиболее качественных продуктов. Это значит, что при принятии решения о покупке только качественные продукты рассматриваются потребителями как альтернативные.

Поскольку изложенная ниже модель построена на основе модели Шакеда и Саттона (Shaked, Sutton, 1982, p. 3–13), она лежит в русле исследований по теории рынков вертикально дифференцированных продуктов, сформированной работами Дж. Габжевича и Дж. Тисса (Gabszewicz, Thisse, 1979, p. 340–359), А. Шакеда и Дж. Саттона (Shaked, Sutton, 1982, p. 3–13) и К. Мурси и (Moorthy, 1988, p. 141–168). Но поскольку построенная модель включает инкрементальный спрос, тем самым продолжается изучение вертикально дифференцированного рыночного пространства с инкрементальным спросом, начатое в работе П. Рудника (Рудник, 2007, с. 4–7).

В настоящей статье экономико-математическое моделирование предпринято в следующих целях:

- 1) определить условия, от которых зависит, сколько фирм будут иметь положительные рыночные доли в равновесии (это позволит выявить причины формирования различных структур предложения на рынке вертикально дифференцированного продукта с инкрементальным спросом);
- 2) рассмотреть динамику ключевых характеристик равновесия (сравнительная статика) таких, как число фирм в равновесии, доли рынка фирм, равновесные цены, доходы фирм, в зависимости от характеристик спроса и предложения.

2. ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И СЕГМЕНТАЦИЯ РЫНКА

Сформулируем необходимые предположения.

1. На рынке присутствует n фирм, и каждая фирма производит и предлагает потребителям некоторый продукт.

2. Продукты фирм – товары длительного пользования (в частности, это означает, что один потребитель приобретает одну единицу продукта).

3. По отношению друг к другу продукты фирм являются несовершенными субститутами, а именно, предлагаемые продукты взаимозаменяемы и отличаются друг от друга своим качеством, которое чем выше, тем более предпочтительным будет продукт для каждого потребителя.

4. Предельные издержки производства продукта k равны нулю $\forall k \in \{1, \dots, n\}$.

5. Фирма k предлагает продукт k по цене p_k .

6. Множество потребителей $\bar{T}$ может быть разбито на два непустых непересекающихся подмножества $\bar{T}_1$ и $\bar{T}_2$ ($\bar{T} = \bar{T}_1 \cup \bar{T}_2$, $\bar{T}_1 \cap \bar{T}_2 = \emptyset$) таких, что потребители из $\bar{T}_1$ заинтересованы в приобретении любого из k предлагаемых продуктов (им более или менее полезен каждый продукт), а потребители из $\bar{T}_2$ готовы купить только один или несколько продуктов наиболее высокого качества, а все другие для них бесполезны (это значит, что только эти наиболее качественные продукты рассматриваются потребителями из $\bar{T}_2$ как альтернативы при принятии решения о покупке).

7. Доходы присутствующих на рынке потребителей дифференцированы. Доходы потребителей из множества $\bar{T}_1$ распределены равномерно с плотностью, равной единице, на отрезке $0 < a \leq t \leq b$, а доходы потребителей из множества $\bar{T}_2$ распределены равномерно с плотностью, равной единице, на отрезке $0 < c \leq t' \leq d$. Это означает, что, например, для $t_1, t_2 \in [a, b]$ число потребителей с доходом t_1 равно числу потребителей с доходом t_2 . Обозначим $T_1 = [a, b]$, $T_2 = [c, d]$ и будем говорить “множества потребителей T_1 и T_2 ”, подразумевая множества $\bar{T}_1$ и $\bar{T}_2$.

Пусть $U(t, k)$ – величина полезности, которую достигает потреблением единицы продукта k и обладанием доходом t потребитель из множества T_1 ; функция полезности имеет вид $U(t, k) = u_k t$, где $0 < u_0 < \dots < u_n$ (продукты пронумерованы в порядке возрастания качества).

Инкрементальный спрос определим следующим образом. Пусть потребители из множества T_2 не осознают или не получают никакой полезности от потребления первых $n - m$ продуктов (т.е. продуктов $k = 1, \dots, n - m$, где $0 < m < n$), а признают полезным потребление продуктов качества

$k = n - m + 1, \dots, n$. Обозначим через $U'(t', k)$ функцию полезности потребителей из множества T_2 , и пусть она имеет вид $U'(t', k) = u'_k t'$, где $0 < u'_0 < u'_{n-m+1} < u'_{n-m+2} < \dots < u'_n$. При этом в силу сказанного выше $U'(t', 0) > U'(t' - p_k, k)$, $\forall t' \in T_2$, $\forall k \in \{1, \dots, n - m\}$ и $\forall p_k \geq 0$, поэтому имеет место соотношение $u'_1, \dots, u'_{n-m} < u'_0$.

Пусть $C_k = u_k/(u_k - u_{k-1})$, $C'_k = u'_k/(u'_k - u'_{k-1})$. Очевидно, что $C_k > 1$ и $C'_k > 1$. Определим уровень дохода t_k на множестве потребителей T_1 так, чтобы потребителю из множества T_1 , обладающему доходом t_k , было безразлично, купить ли ему продукт k по цене p_k или продукт $k - 1$ по цене p_{k-1} , а именно, $U(t_k - p_k, k) = U(t_k - p_{k-1}, k - 1)$, где $t_1 = p_1 C_1$ и $t_k = p_{k-1}(1 - C_k) + p_k C_k$. Из сказанного следует, что потребители, получающие доход $t > t_k$, предпочтут продукт k по цене p_k продукту $k - 1$ по цене p_{k-1} , и наоборот. Таким образом, потребители из множества T_1 группируются в сегменты, представляющие рыночные доли фирм.

Зададим уровень дохода t'_k на множестве потребителей T_2 так, чтобы потребителю из множества T_2 , обладающему доходом t'_k , было безразлично, купить ли ему продукт k по цене p_k или продукт $k - 1$ по цене p_{k-1} , а именно, $U'(t'_k - p_k, k) = U'(t'_k - p_{k-1}, k - 1)$, где $t'_m = p_m C'_m$ и $t'_k = p_{k-1}(1 - C'_k) + p_k C'_k$. Причем, согласно данному выше определению функции полезности U' , если $t'_m \in [c, d]$, то потребители из T_2 с доходом $t' \in [c, t'_m]$ предпочтут воздержаться от покупки. Из сказанного следует, что потребители, получающие доход $t' > t'_k$, предпочтут продукт k по цене p_k продукту $k - 1$ по цене p_{k-1} , и наоборот. Таким образом, потребители из множества T_2 группируются в сегменты, представляющие рыночные доли фирм.

Предположим, что фирма (или фирмы), обслуживающая инкрементальную часть спроса, не может осуществлять ценовую дискриминацию — предлагать свой продукт сегментам T_1 и T_2 по разным ценам, и назначает единую цену для всех потребителей.

Все формулировки, приведенные выше, допускают описание и анализ различных реализаций инкрементального спроса. Ниже будет рассмотрен только простейший вариант реализации инкрементального спроса. Речь пойдет о ситуации, когда на рынке присутствует группа потребителей, каждый из которых заинтересован в покупке только продукта наивысшего (из числа доступных на рынке) качества.

3. ЦЕНОВОЕ РАВНОВЕСИЕ В УСЛОВИЯХ, КОГДА ТОЛЬКО ОДНА ФИРМА ОБСЛУЖИВАЕТ ИНКРЕМЕНТАЛЬНУЮ ЧАСТЬ СПРОСА

Принимая во внимание вышеизложенную формализацию, выпишем функции прибыли фирмы k :

$$R_1 = \begin{cases} (p_1)^2(1 - C_2) + p_1 p_2 C_2 - p_1 a, & t_1 \leq a, \\ (p_1)^2(1 - C_2) + p_1 p_2 C_2 - (p_1)^2 C_1, & t_1 \geq a, \end{cases}$$

$$R_k = (p_k)^2(1 - C_{k+1}) + p_k p_{k+1} C_{k+1} - p_k p_{k-1}(1 - C_k) - (p_k)^2 C_k, \quad 1 < k < n,$$

$$R_n = \begin{cases} p_n b + p_n d - p_n c - p_n p_{n-1}(1 - C_n) - (p_n)^2 C_n, & t'_n \leq c, \\ p_n b + p_n d - p_n p_{n-1}(1 - C_n) - (p_n)^2 C_n - (p_n)^2 C', & t'_n \geq c. \end{cases}$$

Если в равновесии сосуществуют n продуктов (доля рынка каждого продукта положительная), условия первого порядка максимизации прибыли принимают вид:

$$\text{для фирмы } k = 1: t_2 - a - p_1(C_2 - 1) = 0, t_1 \leq a, t_2 - t_1 - p_1[(C_2 - 1) + C_1] = 0, t_1 > a,$$

$$\text{для фирм } k = 2, \dots, n - 1: t_{k+1} - t_k - p_k[(C_{k+1} - 1) + C_k] = 0,$$

$$\text{для фирмы } k = n: b + d - c - t_n - p_n C_n = 0, t'_n \leq c, b - t_n - p_n C_n + d - 2t'_n = 0, t'_n > c.$$

Вид и решения условий первого порядка (т.е. равновесные цены) зависят от того, полностью или частично обслуживаются сегменты T_1 и T_2 . Далее будем рассматривать только те случаи, когда $t'_n > c$ и $t_1 > a$. Анализ всех возможных случаев выходит за пределы данного исследования.

Кроме того, крайне редко можно наблюдать рыночное равновесие, при котором обслуживаются все потенциальные потребители из множеств T_1 или T_2 .

Для случая с постоянным спросом Дж. Шакед и А. Саттон доказали лемму, согласно которой в случае, если $b < 4a$, то не более двух фирм могут иметь положительную долю рынка в равновесии по Нэшу, и это будут те фирмы, которые предлагают продукты наиболее высокого качества (Shaked, Sutton, 1982, p. 5).

Преобразуем условия первого порядка:

$$\begin{aligned} t_{k+1} - 2t_k - p_k(C_{k+1} - 1) - p_{k-1}(C_k - 1) &= 0, \quad k = 2, \dots, n-1; \\ b - 2t_n - p_{n-1}(C_n - 1) + d - 2t'_n &= 0, \quad k = n, \end{aligned}$$

и докажем следующие утверждения.

Утверждение 1. Пусть выполняется система неравенств

$$\begin{cases} b < 4a, \\ p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n > 0. \end{cases}$$

В этом случае, если существует равновесие по Нэшу, то максимум две фирмы, предлагающие продукты наиболее высокого качества, могут иметь положительные рыночные доли.

Доказательство. Поскольку $b - 2t_n - p_{n-1}(C_n - 1) + d - 2t'_n = 0$ (это условие первого порядка максимизации прибыли для фирмы n), и выполняется неравенство $p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n > 0$ (по условию), и $\forall k \in \{1, \dots, n\} C_k > 1$ — по определению, поэтому получаем, что $b > 2t_n$. Для $\forall k \in \{1, \dots, n\}$ имеет место равенство $t_{k+1} - 2t_k - p_k(C_{k+1} - 1) - p_{k-1}(C_k - 1) = 0$ (это условие первого порядка максимизации прибыли для всех фирм кроме фирмы n), а также выполняются неравенства $C_k > 1$ и $t_{k+1} > 2t_k$.

Итак, имеем два неравенства: $b > 2t_n$ и $t_{k+1} > 2t_k$. Полагая в последнем неравенстве $k = n - 1$ и сопоставляя эти неравенства, получаем, что $4t_{n-1} < b$. Сравнивая последнее неравенство и $b < 4a$, получаем искомое неравенство $t_{n-1} < a$. ■

В этом случае явление инкрементального спроса не оказывает влияния на структуру предложения отрасли, и она формируется идентично той, которая сложилась бы в условиях постоянного спроса.

Утверждение 2. Пусть выполняется система неравенств

$$\begin{cases} b < 4a, \\ p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n > 0. \end{cases}$$

В этом случае, если существует равновесие по Нэшу, то максимум три фирмы, предлагающие продукты наиболее высокого качества, могут иметь положительные рыночные доли.

Доказательство. Так как $b - 2t_n - p_{n-1}(C_n - 1) + d - 2t'_n = 0$ (условие первого порядка максимизации прибыли для фирмы n), $p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n < 0$ (по условию) и $C_k > 1$, то выполняется неравенство $b < 2t_n$. Поскольку $\forall k \in \{1, \dots, n-1\}$, имеет место $t_{k+1} - 2t_k - p_k(C_{k+1} - 1) - p_{k-1}(C_k - 1) = 0$ (условие первого порядка максимизации прибыли фирм $1, \dots, n-1$), а также выполняется неравенство $C_k > 1$, то справедливо $t_{k+1} > 2t_k$. Полагая в последнем неравенстве $k = n - 1$, получаем, что $t_n > 2t_{n-1}$. Таким образом, справедливы неравенства $2t_n > b$ и $2t_n > 4t_{n-1}$. Это означает, что может сложиться ситуация, когда $t_{n-1} > a$, т.е. на множестве T_1 сформируется сегмент, потребители которого будут покупать продукт качества $n - 2$, а фирмы $n - 2, n - 1, n$ будут иметь положительные рыночные доли.

Фирмы $n - 2$ и $n - 1$ конкурируют исключительно за потребителей из T_1 , а для длины интервала распределения доходов потребителей из этого множества, составляющих постоянную часть спроса, выполняется неравенство $b < 4a$. Длина интервала распределения доходов потребителей, которые выбирают продукты фирм $n - 2$ и $n - 1$, меньше интервала, удовлетворяющего неравенству $b < 4a$, на величину спроса, который обслуживает фирма n , равную $b - t_n$. В связи с этим, согласно доказанной Шакедом и Саттоном лемме (Shaked, Sutton, 1982, p. 5), справедливо утверждение 1. ■

Таблица 1

Характеристики распределения доходов потребителей	Моменты поведения фирм	Структура предложения: сколько фирм среди предлагающих продукты наивысшего качества могут иметь положительные рыночные доли (если существует равновесие по Нэшу)
$b < 4a$	$p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n > 0$	максимум две фирмы
	$p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n < 0$	максимум три фирмы
$b < 8a$	$p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n > 0$	максимум три фирмы
	$p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n < 0$	максимум четыре фирмы

В этом случае явление инкрементального спроса повлияет на структуру отраслевого предложения. Желая максимизировать совокупную прибыль от продаж потребителям из обоих множеств T_1 и T_2 , ввиду относительной привлекательности множества T_2 , задаваемой условием $p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n < 0$, фирма n будет стремиться извлечь максимальную выгоду от обслуживания потребителей из T_2 , составляющих инкрементальную часть спроса, не слишком заботясь о своей позиции на множестве T_1 . Поэтому фирма n будет повышать цену и тем самым ослабит конкурентное давление на множестве T_1 , что позволит фирме $n - 2$ иметь положительную рыночную долю.

Нам понадобится следующая лемма.

Лемма 1. Пусть $b < 8a$. В этом случае в условиях постоянного спроса максимум три фирмы, предлагающие продукты наиболее высокого качества, могут иметь положительные рыночные доли в равновесии по Нэшу, если оно существует.

Доказательство. Выпишем условие первого порядка максимизации прибыли фирмы n в условиях постоянного спроса: $b - 2t_n - p_{n-1}(C_n - 1) = 0$. Поскольку наряду с этим равенством всегда выполняется $C_k > 1$, то из условия первого порядка получаем, что $b > 2t_n$. Условие первого порядка максимизации прибыли фирм $1, \dots, n - 1$, которое имеет вид $t_{k+1} - 2t_k - p_k(C_{k+1} - 1) - p_{k-1}(C_k - 1) = 0$, дает (с учетом неравенства $C_k > 1$), что $4t_{n-1} > 8t_{n-2}$. Полученные неравенства $b > 2t_n$ и $4t_{n-1} > 8t_{n-2}$ вместе дают неравенство $8t_{n-2} < b$. Отсюда, учитывая условие $b < 8a$, окончательно получаем, что $t_{n-1} < a$. ■

В условиях инкрементального спроса справедливы следующие утверждения.

Утверждение 3. Пусть выполняется система неравенств

$$\begin{cases} b < 8a, \\ p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n > 0. \end{cases}$$

В этом случае, если существует равновесие по Нэшу, то максимум три фирмы, предлагающие продукты наиболее высокого качества, могут иметь положительные рыночные доли, и явление инкрементального спроса не оказывает влияния на структуру предложения отрасли, которая формируется идентично той, что сложилась бы в условиях постоянного спроса.

Утверждение 4. Пусть выполняется система неравенств

$$\begin{cases} b < 8a, \\ p_{n-1}(C_n - 1) - d + 2t'_n < 0. \end{cases}$$

В этом случае, если существует равновесие по Нэшу, то максимум четыре фирмы, предлагающие продукты наиболее высокого качества, могут иметь положительные рыночные доли, и явление инкрементального спроса повлияет на структуру отраслевого предложения.

Доказательства утверждений 3 и 4 аналогичны тем, которые были приведены для случая, когда $b < 4a$, и поэтому здесь не приводятся.

Далее будем оставаться в пределах утверждений 1–4, а именно, ограничим многообразие анализируемых ситуаций предположением о том, что не более четырех фирм могут оставаться на рынке (т.е. иметь положительные рыночные доли).

Сведем результаты, полученные выше в утверждениях 1–4, в табл. 1. Ключевым фактором, ограничивающим число фирм в равновесии, является длина интервала распределения доходов

потребителей, составляющих постоянную часть спроса T_1 , скорректированная по значению нижней границы данного интервала (эта величина представлена выражением $b < a2^m$, $m \in \{2, 3\}$). Поэтому чем более дифференцированными оказываются доходы потребителей, тем больше фирм будут присутствовать на рынке.

Результат, полученный для рынков с инкрементальным спросом, в основном соответствует тому, что был получен А. Шакедом и Дж. Саттоном (они показали, что в условиях постоянного спроса также имеет место прямая связь между длиной интервала распределения доходов потребителей и максимальным числом фирм в равновесии (Shaked, Sutton, 1982, p. 5, 7, 11–12)). Однако отличие данной модели от модели Шакеда и Саттона состоит в том, что в условиях инкрементального спроса при тех же ограничениях на длину интервала распределения доходов потребителей из T_1 , которые определены Шакедом и Саттоном (Shaked, Sutton, 1982, p. 5) для случая с постоянным спросом (данные ограничения выражены неравенствами $b < 4a$ и $b < 8a$), максимальное число фирм в равновесии, согласно данной модели, на единицу выше). Таким образом, эффект инкрементального спроса, что вполне естественно, способствует расширению рыночного предложения.

Выпишем теперь кривые реакции исходя из предположения, что характеристики спроса таковы, что определенное число фирм имеют положительные рыночные доли.

Если в равновесии находятся две фирмы на T_1 и одна на T_2 , а условия неполного покрытия сегментов имеют вид $t_3 > a$, $t_4 > a$, то получаем следующие формулы для реакций:

$$p_3 = 0,5p_4C_4/(C_3 + C_4 - 1), \quad p_4 = 0,5(b + d + p_3(C_4 - 1))/(C_4 + C').$$

Если в равновесии находятся три фирмы на T_1 и одна фирма на T_2 , а условия неполного покрытия сегментов имеют вид $t_2 > a$, $t_3 > a$, тогда

$$p_2 = 0,5p_3C_3/(C_2 + C_3 - 1), \quad p_3 = 0,5(p_4C_4 + p_2(C_3 - 1))/(C_3 + C_4 - 1),$$

$$p_4 = 0,5(b + d + p_3(C_4 - 1))/(C_4 + C').$$

Если в равновесии находятся четыре фирмы на T_1 и одна фирма на T_2 , а условия неполного покрытия сегментов имеют вид $t_1 > a$, $t_2 > a$, тогда

$$p_1 = 0,5p_2C_2/(C_1 + C_2 - 1), \quad p_2 = 0,5(p_3C_3 + p_1(C_2 - 1))/(C_2 + C_3 - 1),$$

$$p_3 = 0,5(p_4C_4 + p_2(C_3 - 1))/(C_3 + C_4 - 1), \quad p_4 = 0,5(b + d + p_3(C_4 - 1))/(C_4 + C').$$

Найдем равновесные цены исходя из предположения, что характеристики спроса таковы, что определенное число фирм имеют положительные рыночные доли (это корректно, поскольку, даже если имеет место неполное покрытие рынка, ни одна фирма не выйдет на рынок, зная, что ее тут же с него вытеснят).

Пусть две фирмы на T_1 и одна фирма на T_2 находятся в равновесии, $t_3 > a$, $t_4 > a$. Обозначим $w_{11} = 4(C_4 + C')(C_3 + C_4 - C) - C_4(C_4 - 1)$, тогда

$$\begin{cases} p_3^* = C_4(b + d)/w_{11}, \\ p_4^* = 2(b + d)(C_3 + C_4 - 1)/w_{11}. \end{cases}$$

Пусть три фирмы на T_1 и одна фирма на T_2 находятся в равновесии, $t_2 > a$, $t_3 > a$. Обозначим $w_{21} = (C_2 + C_3 - 1) \times (4(C_4 + C')(C_3 + C_4 - 1) - C_4(C_4 - 1)) - C_3(C_4 + C')(C_3 - 1)$, тогда

$$\begin{cases} p_2^* = 0,5C_3C_4(b + d)/w_{21}, \\ p_3^* = C_4(b + d)(C_2 + C_3 - 1)/w_{21}, \\ p_4^* = [C_4(b + d)(C_4 - 1)(C_2 + C_3 - 1)]/[2w_{21}(C_4 + C')] + 0,5(b + d)/(C_4 + C'). \end{cases}$$

Пусть четыре фирмы на T_1 и одна фирма на T_2 находятся в равновесии, $t_1 > a$, $t_2 > a$. Обозначим:

$$w_{31} = 4(C_4 + C')(C_3 + C_4 - 1), \quad w_{32} = 4(C_1 + C_2 - 1)(C_2 + C_3 - 1) - C_2(C_2 - 1),$$

$$w_{33} = C_4(C_4 - 1)[4(C_1 + C_2 - 1)(C_2 + C_3 - 1) - C_2(C_2 - 1)], \quad w_{34} = 4C_3(C_4 + C')(C_3 - 1)(C_1 + C_2 - 1),$$

тогда

$$\begin{cases} p_1^* = C_2 C_3 C_4 (b + d) / (w_{31} w_{32} - w_{33} - w_{34}), \\ p_2^* = 2 C_3 C_4 (b + d) (C_1 + C_2 - 1) / (w_{31} w_{32} - w_{33} - w_{34}), \\ p_3^* = C_4 (b + d) [4(C_1 + C_2 - 1)(C_2 + C_3 - 1) - C_2(C_2 - 1)] / (w_{31} w_{32} - w_{33} - w_{34}), \\ p_4^* = 0,5[(C_4 - 1)/(C_4 + C')][C_4(b + d)w_{32}/(w_{31}w_{32} - w_{33} - w_{34})] + 0,5(b + d)/(C_4 + C'). \end{cases}$$

Обратим внимание, что в любом равновесии, включающем какое угодно из рассмотренных число фирм, цена продукта сравнительно более высокого качества будет выше цены продукта сравнительно более низкого качества. Этот результат соответствует выводам (Shaked, Sutton, 1982, p. 8; Gabszewicz, Thisse, 1979, p. 349–351; Moorthy, 1988, p. 151–157) относительно цен на продукты разного качества. Авторы этих работ также пришли к заключению, что в условиях постоянного спроса цена высококачественного продукта будет выше, чем цена низкокачественного продукта.

Теперь, когда выявлены ограничения сверху на число фирм в равновесии и охарактеризованы рыночные равновесия, включающие различное число фирм, можно определить, при каких условиях установится одно из только что описанных равновесий и, соответственно, сколько будет фирм, имеющих положительные рыночные доли, в равновесии в зависимости от характеристик спроса и предложения.

Утверждение 5. Если выполняется система неравенств

$$\begin{cases} b < 4a, \\ C_3 C_4 (b + d) > 4a(C_3 + C_4 - 1)(C_4 + C') - aC_4(C_4 - 1), \end{cases}$$

то на отраслевом рынке установится найденное выше единственное равновесие по Нэшу с тремя фирмами.

Доказательство. Как было доказано для случая $b < 4a$, не более трех фирм могут иметь положительные рыночные доли множества T_1 в равновесии. Осталось доказать, что если выполняется второе неравенство, то установится единственное равновесие по Нэшу, которое составят три фирмы, имеющие положительные рыночные доли. Очевидно, что такое равновесие установится, когда кривые реакции присутствующих на рынке трех фирм пересекутся так, что выполнится неравенство $t_3 = p_2(1 - C_3) + p_3 C_3 > a$ (при этом предполагается, что кривые реакции пересекаются в положительном квадранте). Причем, как показано выше, равновесные цены определяются однозначно, а значит, существует только одно такое равновесие.

Утверждение 6. Если выполняется система неравенств

$$\begin{cases} b < 4a, \\ C_3 C_4 (b + d) \leq 4a(C_3 + C_4 - 1)(C_4 + C') - aC_4(C_4 - 1), \\ (b + d)C_4 > 2a(C_4 + C'), \end{cases}$$

то на отраслевом рынке установится найденное выше единственное равновесие по Нэшу с двумя фирмами.

Утверждение 7. Если выполняется система неравенств

$$\begin{cases} b < 4a, \\ C_3 C_4 (b + d) \leq 4a(C_3 + C_4 - 1)(C_4 + C') - aC_4(C_4 - 1), \\ (b + d)C_4 \leq 2a(C_4 + C'), \end{cases}$$

то на рынке установится равновесие, в котором только одна фирма будет иметь положительную рыночную долю множества T_1 , т.е. фирма с номером n будет монополистом на обоих множествах.

Таблица 2

Структура доходов потребителей	Характеристика доходов и предпочтений потребителей	Число фирм на рынке
$b < 4a$	$C_3C_4(b+d) > 4a(C_3+C_4-1)(C_4+C'') - aC_4(C_4-1)$	3
	$\begin{cases} C_3C_4(b+d) \leq 4a(C_3+C_4-1)(C_4+C'') - aC_4(C_4-1) \\ (b+d)C_4 > 2a(C_4+C'') \end{cases}$	2
	$\begin{cases} C_3C_4(b+d) \leq 4a(C_3+C_4-1)(C_4+C'') - aC_4(C_4-1) \\ (b+d)C_4 \leq 2a(C_4+C'') \end{cases}$	1
$b < 8a$	$\frac{C_2C_4(b+d)(C_2+C_3-1)w_{11}-w_{22}[2a(C_4+C'')(C_3-1)+C_2C_4(b+d)]}{4w_{21}(C_4+C'')(C_3-1)-C_2w_{11}(C_4+C'')(C_3-1)} > 0$	4
	$\frac{C_2C_4(b+d)(C_2+C_3-1)w_{11}-w_{22}[2a(C_4+C'')(C_3-1)+C_2C_4(b+d)]}{4w_{21}(C_4+C'')(C_3-1)-C_2w_{11}(C_4+C'')(C_3-1)} \leq 0$	перейти к $b < 4a$

Утверждение 8. Для введенных выше обозначений, если выполняется система неравенств:

$$\begin{cases} b < 8a, \\ \frac{C_2C_4(b+d)(C_2+C_3-1)w_{11}-w_{21}[2a(C_4+C'')(C_3-1)+C_2C_4(b+d)]}{4w_{21}(C_4+C'')(C_3-1)-C_2w_{11}(C_4+C'')(C_3-1)} > 0, \end{cases}$$

то на отраслевом рынке установится найденное выше единственное равновесие по Нэшу с четырьмя фирмами. Если же второе неравенство системы не выполняется, то на рынке установится равновесие при меньшем числе фирм, имеющих положительные рыночные доли. В этом случае число фирм в равновесии определяется так, как это было сделано выше для случая $b < 4a$.

Доказательства утверждений 6, 7 и 8 повторяют доказательство утверждения 5. Сведем полученные результаты в табл. 2.

4. СРАВНИТЕЛЬНАЯ СТАТИКА

Проиллюстрируем, как изменяются характеристики рыночного равновесия в данной модели в зависимости от исходных параметров. С этой целью будем рассматривать рыночное равновесие как набор значений его ключевых характеристик, (n^*, p^*, msh^*, r^*) , а точнее — как вектор-функцию входных параметров $(n^*, p^*, msh^*, r^*) = f(a, b, c, d, C_1, \dots, C_4, C'')$, где n^* — это число фирм в равновесии, а msh^* — доли рынка фирм в равновесии.

Прежде всего, проследим динамику характеристик равновесия при изменении нижней границы интервала распределения доходов потребителей из T_1 . Это позволит оценить характер и степень влияния величины средней платежеспособности потребителей из базового сегмента на поведение конкурентов и, соответственно, на ключевые параметры равновесия.

Как видно на рис. 1, имеется прямая зависимость между степенью дифференциации доходов потребителей из T_1 и числом фирм в равновесии, а именно: чем сильнее дифференцированы доходы, тем больше фирм в равновесии. По мере того как нижняя граница интервала распределения доходов потребителей из T_1

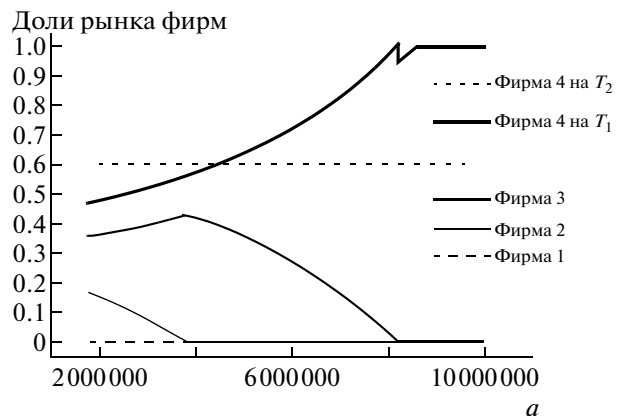
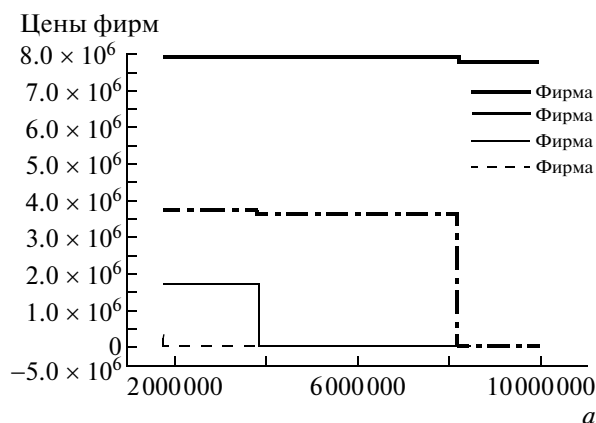
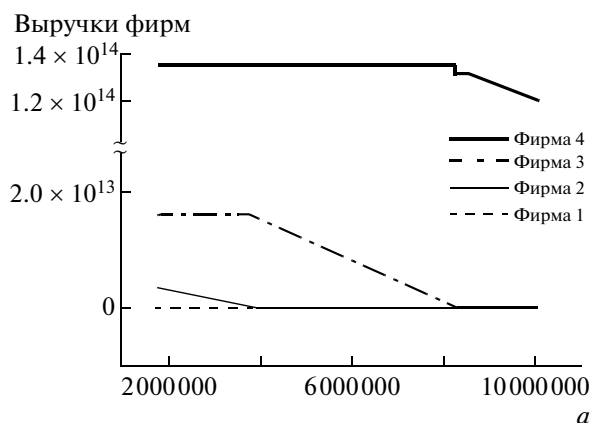


Рис. 1. Зависимость рыночных долей фирм от a .

Рис. 2. Зависимость равновесных цен фирм от a .Рис. 3. Зависимость доходов фирм от a .

сдвигается вверх (это означает рост платежеспособности сегмента T_1 и снижение дифференциации доходов), число фирм в равновесии сокращается. При этом наблюдается следующее явление. С ростом значения параметра a сокращается только доля рынка аутсайдера по качеству, а доли рынка остальных фирм увеличиваются. В конце концов аутсайдер вытесняется с рынка, и новым аутсайдером становится фирма, которая до этого следовала непосредственно впереди выбывшей, а растущая ранее доля рынка нового аутсайдера начинает уменьшаться.

Из графиков на рис. 2 видно, что почти на всей дистанции роста нижней границы интервала распределения доходов потребителей из T_1 цены фирм остаются постоянными, и только в точках выхода с рынка аутсайдера цены всех фирм незначительно снижаются. Похожее явление наблюдается и в рамках модели Шакеда и Саттона с постоянным спросом (Shaked, Sutton, 1982, p. 6). А равновесная цена оказывается тем больше, чем выше качество предлагаемого фирмой продукта, что тоже согласуется с результатами (Shaked, Sutton, 1982, p. 8).

Доходы фирм демонстрируют более гибкую реакцию на изменение параметра a , чем равновесные цены, что видно из графиков, представленных на рис. 3. С ростом значения a , когда число фирм в равновесии остается постоянным, неизменны только доходы фирм, не являющихся аутсайдерами по качеству, в то же время доход аутсайдера снижается.

Таким образом, из трех выходных параметров модели с ростом значения параметра a динамичнее прочих меняется распределение долей рынка.

Итак, выше была рассмотрена зависимость вектор-функции равновесия от параметра a (см. графики проекций вектора-функции $(n^*, p^*, msh^*, r^*) = f(\bullet, b^0, c^0, d^0, C_1^0, \dots, C_4^0, C_0')$, рис. 1–3). Теперь перейдем к вопросу о том, как изменяются характеристики рыночного равновесия в зависимости от распределения качества предлагаемых на рынке продуктов.

Построим графики всех проекций вектора-функции равновесия одного действительного переменного C_3 : $(n^*, p^*, msh^*, r^*) = f(a^0, b^0, c^0, d^0, C_1^0, C_2^0, \dots, C_4^0, C_0')$. Напомним, что C_3 всегда больше единицы и мало отличается от нее, когда качество продукта 3 существенно выше качества продукта 2. C_3 возрастает по мере снижения дифференциации продуктов 2 и 3. В ситуации, характеризуемой значениями параметров рынка, для которых проводилось данное исследование, качество предлагаемых на рынке продуктов дифференцировано сравнительно глубоко (степень дифференциации качества задается набором значений параметров C_1, C_2, C_3, C_4), а степень дифференциации на всех участках ассортимента одинаковая. С ростом C_3 качество продукта 2 приближается к качеству продукта 3, качество продукта 1 остается намного ниже качества продукта 2, а качество продукта 4 — намного выше качества продукта 3 — на флангах спектра качества предлагаемых продуктов сохраняются разреженные зоны, а в центре происходит уплотнение. Таким образом, на рынке выделяются явный лидер по качеству, явный аутсайдер и компактный центр в составе продуктов 2 и 3.

Как видно из графиков на рис. 4, снижение дифференциации продуктов 2 и 3 ведет, с одной стороны, к ухудшению рыночных позиций фирм 2 и 4 (сокращению их присутствия на

рынке T_1), а с другой — к улучшению за этот счет позиции фирмы 3. В результате снижения дифференциации продуктов 2 и 3 имеем, что: 1) фирма 3 увеличивает конкурентное давление на фирму 2, поскольку обостряется ценовая конкуренция между ними; 2) такое обострение ценовой конкуренции между фирмами 2 и 3 влечет снижение цены продукта 3, являющегося непосредственным преследователем продукта 4, что снижает привлекательность сегмента T_1 для фирмы 4, которая уступает свои позиции на T_1 , рассчитывая при этом реализовать свою монопольную власть на T_2 .

Как и раньше, равновесные цены фирм также изменяются в зависимости от динамики распределения качества представленных на рынке продуктов, при этом наиболее значительно — цены на продукты 2 и 3 (те продукты, коррекции качества которых и меняют распределение качества продуктов на рынке). Что же касается цены на продукт 4, то она в целом остается постоянной и лишь однажды скачкообразно меняется, да и то незначительно. Как видно из графиков на рис. 5, обостряющаяся по мере снижения дифференциации продуктов 2 и 3 ценовая конкуренция между этими фирмами приводит к значительному падению цен на продукты 2 и 3. В результате фирма 1 вынуждена резко снизить цену продукта 1, которая в итоге опускается до нуля.

Как было показано выше, доля рынка T_1 фирмы 4 сокращается, причем, как видно из графика на рис. 5, фирма 4 не снижает цену на свой продукт, предпочитая уступить часть дохода от продаж сегменту T_1 , сохранив при этом в полном объеме доход от продаж сегмента T_2 .

Согласно графикам на рис. 6, доходы фирм 2 и 3, ценовая конкуренция между которыми растет по мере увеличения C_3 , стремительно сокращаются. Также за счет ухудшения позиции на сегменте T_1 , хоть и незначительно, но снижается доход фирмы 4. Таким образом, все фирмы теряют часть дохода в результате локального снижения дифференциации (продуктов 2 и 3) и трансформации равномерно сильной — в централизованную. Причем чем ниже качество продукта, предлагаемого фирмой, тем больше ее финансовые потери. Итак, всем фирмам выгодна равномерная и сильная дифференциация продуктов, при которой сводится к минимуму ценовая

Доли рынка фирм

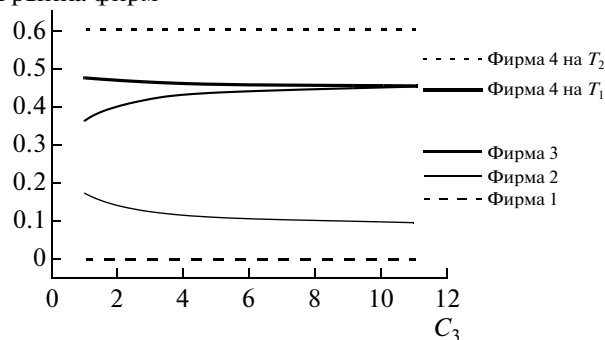


Рис. 4. Зависимость рыночных долей фирм от C_3 .

Цены фирм

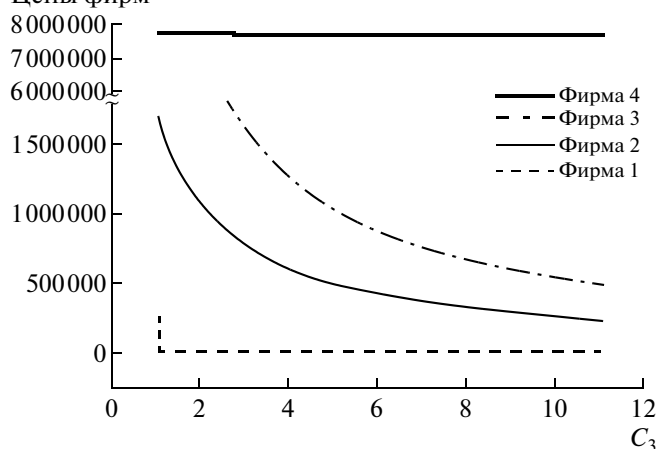


Рис. 5. Зависимость равновесных цен фирм от C_3 .

Выручки фирм

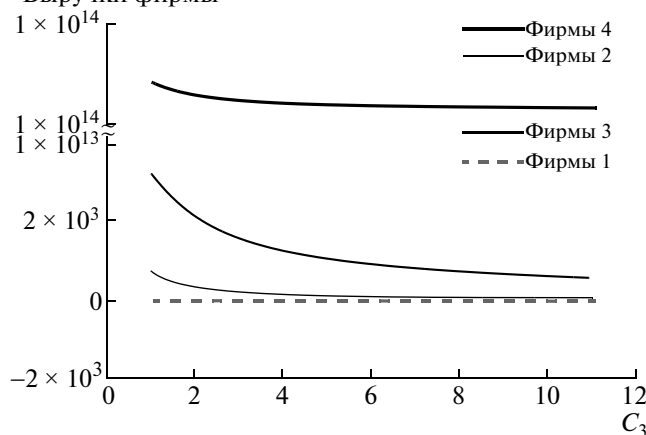
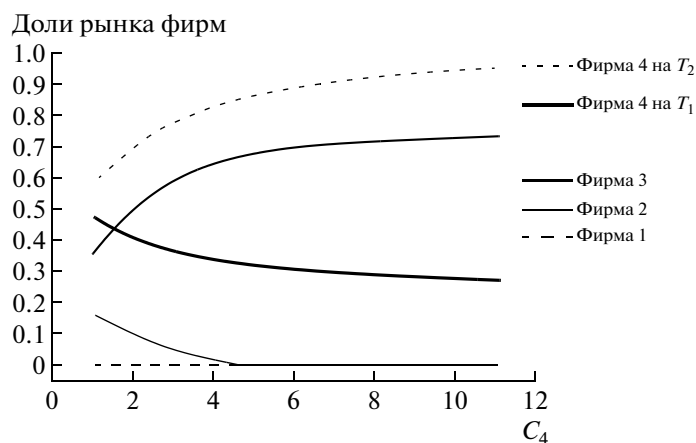
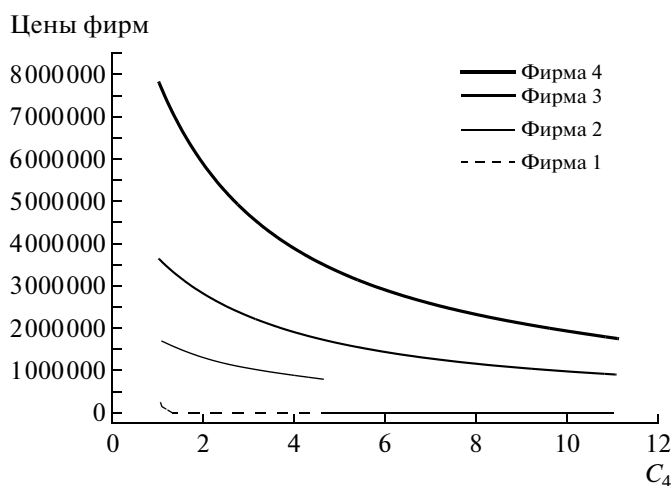


Рис. 6. Зависимость доходов фирм от значения параметра C_4 .

Рис. 7. Зависимость рыночных долей фирм от C_4 .Рис. 8. Зависимость равновесных цен фирм от C_4 .

конкуренция и фирмы получают возможность сосредоточиться на обслуживании своих сегментов.

В продолжение исследования характера влияния изменений распределения качества представленных на рынке продуктов на характеристики рыночного равновесия в условиях инкрементального спроса построим графики всех проекций вектора-функции равновесия одного действительного переменного C_4 : $(n^*, p^*, msh^*, r^*) = f(a^0, b^0, c^0, d^0, C_1^0, C_2^0, C_3^0, \dots, \bullet, C_0')$.

Заметим, что изменение значения параметра C_4 , не сопровождающееся соответствующей коррекцией параметра C' , означает, что потребители из сегмента T_2 остаются равнодушными к сдвигам значения качества продукта 4, которое отражает данное изменение значения C_4 . Именно такая ситуация изучается ниже.

Значение величины C_4 всегда больше единицы и мало отличается от нее, когда качество продукта 4 значительно выше качества продукта 3, и монотонно возрастает по мере снижения дифференциации продуктов 3 и 4. При увеличении параметра C_4 качество продукта фирмы 4, ранее бывшего единоличным лидером, приближается к качеству продукта фирмы 3. Таким образом, последователь и лидер сближаются, фирмы 3 и 4 образуют тандем лидеров по качеству. В этом случае разреженные зоны сохраняются в арьергарде спектра качества, а уплотнение происходит в авангарде.

В соответствии с уже реализованной выше последовательностью анализа рассмотрим, как изменяется распределение рыночных долей между конкурентами по мере роста параметра C_4 . На

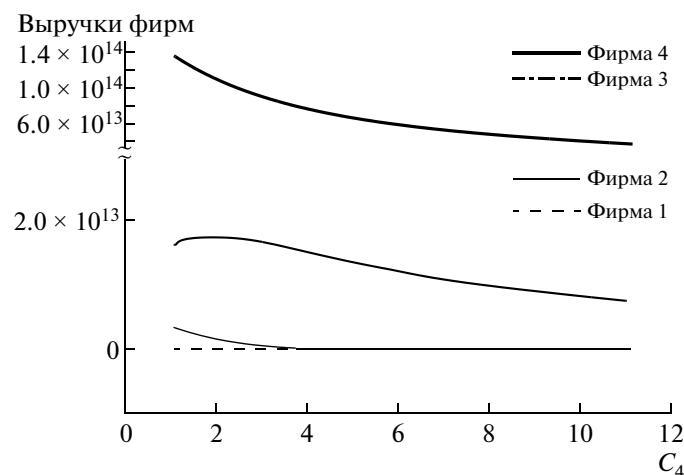


Рис. 9. Зависимость доходов фирм от C_4 .

рис. 7 видно, что с ростом C_4 фирма 3 наращивает свою долю сегмента T_1 , а доли сегмента T_1 фирм 2 и 4¹, наоборот, сокращаются. Этот факт объясняется обострением ценовой конкуренции между фирмами 3 и 4.

Что касается фирмы 2, то, с одной стороны, ее положение как аутсайдера по качеству ухудшается, а с другой стороны, по мере падения цен на продукты 3 и 4 возрастает конкурентное давление, которое оказывают продукты 3 и 4 на продукт 2. В этих обстоятельствах присутствие фирмы 2 на рынке сокращается. Уменьшение доли сегмента T_1 , обслуживаемой фирмой 4, вызвано теми же причинами, которые описаны для случая изменения значения C_3 — ослабление дифференциации продуктов 3 и 4 провоцирует обострение ценовой конкуренции между фирмами 3 и 4 и снижает привлекательность сегмента T_1 для фирмы 4.

Предположения, высказанные выше относительно причины сокращения рыночных долей фирм 3 и 4, которая усматривалась в обострении ценовой конкуренции, оправдываются при рассмотрении динамики равновесных цен. Из графиков на рис. 8 видно, что при снижении дифференциации продуктов 3 и 4 фирмы, предлагающие эти продукты, вынуждены резко понизить цены, что быстро приводит к тому, что сначала фирма 1, а потом и фирма 2 вынуждены уйти с рынка.

Рассмотрим, как меняются доходы фирм с ростом значения C_4 . Как видно из графиков на рис. 9, доходы фирм 1, 2 и 4 сокращаются по мере роста C_4 . Значительно больший интерес представляет динамика доходов фирмы 3. На некотором интервале вблизи единицы доход фирмы 3 сначала возрастает, а затем начинает падать. Это обусловлено следующими причинами. Рост C_4 означает трансформацию соотношения конкурентных позиций фирм от равномерной вертикальной дифференциации с явным лидером² к неравномерной вертикальной дифференциации с тандемом лидеров; в результате имеет место “эрозия” конкурентного преимущества фирмы 4, а фирма 3 пожинает плоды своего вступления в “клуб лидеров”. Однако такое смещение конкурентной позиции фирмы 3 в направлении лидера по качеству обеспечивает увеличение доходов фирмы 3 лишь до тех пор, пока дифференциация продуктов 3 и 4 не снизится настолько, что фирма 3 будет вынуждена оставить завоеванные позиции под давлением усиливающейся ценовой конкуренции.

Предпринятый выше анализ динамики выходных параметров модели в зависимости от изменения входных параметров позволяет сделать следующие выводы.

1. Число фирм, имеющих положительные рыночные доли в равновесии, тем больше, чем шире интервал распределения доходов потребителей и чем сильнее и более равномерной будет дифференциация предлагаемых продуктов.

¹ Доля сегмента T_1 фирмы 1 равна нулю при тех наборах значений входных параметров, при которых проводилось данное исследование.

² Имеется в виду лидер по качеству.

2. Доходы фирм увеличиваются с ростом дифференциации предлагаемых продуктов и расширением интервала распределения доходов потребителей. В рассмотренном выше случае исключение составляет доход фирмы 3, который испытывает кратковременный рост, когда качество продукта-преследователя, продукта 3, приближается к качеству продукта-лидера, т.е. продукта 4.

3. Величины равновесных цен фирм прямо пропорциональны дифференциации продуктов. Снижение дифференциации или нарушение ее равномерного характера приводят к обострению ценовой конкуренции между фирмами, качество продуктов которых сближается, что, в свою очередь, ведет к падению цен всех фирм, присутствующих на рынке.

4. При увеличении конкурентного давления на фирму, которая одна обслуживает инкрементальную часть спроса — сегмент T_2 , она предпочитает уступить и не ввязываться в ценовую конкуренцию, поскольку значительное снижение цены приведет к падению дохода от продажи сегменту T_2 , что в совокупности негативно отразится на доходе этой фирмы.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе известной модели Шакеда и Саттона построена модель ценового равновесия в вертикально дифференцированном рыночном пространстве, включающая предпосылку о том, что на рынке присутствует группа потребителей, заинтересованных в приобретении только одного или нескольких продуктов наивысшего качества. Удалось установить факторы, определяющие число фирм, которые имеют положительные рыночные доли в равновесии в условиях инкрементального спроса. Кроме того, для некоторого набора значений исходных параметров модели был проведен анализ динамики ключевых характеристик равновесия в зависимости от значения конкретных входных параметров (сравнительная статика).

На основе анализа построенной модели и результатов исследования методом сравнительной статистики удалось сделать следующие выводы.

Максимальное число фирм, которые могут присутствовать на рынке в равновесии, прямо пропорционально величине дифференциации доходов потребителей, которую характеризует длина интервала распределения доходов. Этот результат в основном соответствует полученному Шакедом и Саттоном (Shaked, Sutton, 1982, p. 5, 7, 11–12). Однако имеется и отличие, а именно: при тех же ограничениях на длину интервала распределения доходов потребителей из T_1 , которые определены в (Shaked, Sutton, 1982, p. 5), максимальное число фирм в равновесии согласно данной модели на единицу выше, чем в модели Шакеда и Саттона. Следовательно, эффект инкрементального спроса, что вполне естественно, способствует расширению рыночного предложения.

Чем выше дифференциация продуктов, предлагаемых на рынке, и чем более она равномерна, тем больше фирм присутствует на рынке в равновесии и тем выше доходы этих фирм. Снижение дифференциации продуктов хоть и влечет падение цен, но в итоге приводит к деградации отраслевого разнообразия, что, несомненно, невыгодно потребителям (в том числе и в связи с угрозой монополизации). Этот вывод полностью согласуется с выводом (Shaked, Sutton, 1982, p. 7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Рудник П.Б. (2007): Ценовая конкуренция в высокотехнологичных отраслях // *Экономический журнал ВШЭ*. Т. 11. № 4.
- Gabszewicz J., Thisse J.-F. (1979): Price Competition, Quality and Income Disparities // *J. of Econ. Theory*. Vol. 20.
- Moorthy K. (1988): Product and Price Competition in a Duopoly // *Marketing Science*. № 7 (Spring).
- Shaked A., Sutton J. (1982): Relaxing Price Competition Through Product Differentiation // *The Rev. of Econ. Stud.* Vol. 49. № 1.
- Sutton J. (1986): Vertical Product Differentiation: Some Basic Themes // *The American Econ. Rev.* Vol. 76. № 4. May.
- Varian H. (2001): High-Tech Industries and Market Structure // *University of California*. July. Berkeley.

Поступила в редакцию
17.01.2008 г.

Price Competition and the Market Structure in High-Tech Industries**P. B. Rudnik**

Based on the well-known Shaked–Sutton model the author constructs a model of price equilibrium for the vertically differentiated market, including the premises that a group of consumers is present in the market who are not interested in buying one or several products of comparatively low quality. It is shown that this premise is a substantive factor in for generating price equilibrium.