Российский журнал менеджмента
Том 7, № 3, 2009. С. 45–60

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПРОСА И ЦЕНЫ НА НОВУЮ ПРОДУКЦИЮ

А. В. ПРАСОЛОВ
Санкт-Петербургский государственный университет

В статье представлен алгоритм определения цены нового товара. Предполагается, что товар (или услуга) выводится на рынок в сегменте, где уже существуют товары с похожими свойствами. Значимыми результатами являются простота конечных формул, конструктивные алгоритмы идентификации всех параметров и возможность оценки объема продаж нового товара в зависимости от установленной цены, а также объема замещения конкурирующих товаров, что особенно важно, когда производитель или торговая организация, размещая новый товар, вытесняет свои же собственные товары с данного сегмента рынка. В работе рассматривается также процесс диффузии товара.

Ключевые слова: ценообразование, новые товары, замещение, функция полезности, маркетинг.

В статье мы будем рассматривать товар (или услугу), чьи характеристики отличаются от характеристик существующих аналогичных товаров до такой степени, что для потребителя или производителя он может считаться новым товаром. Эти изменения могут касаться всего спектра потребительских свойств.

В рамках нашей модели практически не сказывается существенное во многих отношениях различие между новой и инновационной продукцией. Ключевым является предположение о возможности прогнозирования на основе экстраполяции тенденций, которые были выявлены для товаров-аналогов. Подчеркнем, что мы не рассматриваем возможность опроса потенциальных потребителей в качестве источника информации. В случае инновационного товара это, как правило, в принципе невозможно. Если же речь идет о новой продукции, то в этом случае проявляются недостатки анализа спроса на основе опросов, связанные с тем, что от респондента трудно ожидать достоверных ответов в искусственных условиях. Тем самым в случае как с новой, так и с инновационной продукцией предполагается проведение традиционных маркетинговых исследований на базе существующей статистики. Можно лишь высказать предположение о том, что применительно к новой продукции данный подход окажется более точным.

Как это принято в микроэкономике, при выводе функции спроса используется теория полезности, но для учета особой роли рассматриваемого нового товара предполагается особая зависимость данной функции по переменной, отвечающей за этот товар. Насколько нам известно, рассмотрение в данном контексте применяемой в статье модификации функции Кобба–Дугласа (см. формулу (2)) не встречалось в литературе.

Нами был получен конструктивный алгоритм, способный облегчить задачу ценообразования в отделах маркетинга и сбыта компаний, а также оценить объемы закупок или производства.

Анализ различных подходов к ценообразованию на новую продукцию

В маркетинге и ценообразовании приняты разнообразные методы, основанные на эмпирическом исследовании рынка. Следуя [Noble, Gruca, 1999], опишем некоторые из них. В случае выведения на рынок нового товара наиболее часто используются три стратегии:

1) стратегия «снятия сливок» — установление высокой цены на новый товар с целью получить бóльшую прибыль на начальном этапе, пока конкуренция недостаточно высока, а затем — постепенное снижение цены;
2) стратегия «постепенного проникновения на рынок» — устанавление низкой цены для ускорения проникновения товара на рынок;
3) стратегия «накапливания опыта» — на начальном этапе устанавление низкой ценф и размещение на рынке небольшого объема товара с последующей коррекцией при появлении информации о спросе.

Выбор стратегий зависит от многих факторов и характеристик, касающихся как нового товара, так и состояния рынка в целом. Подробное рассмотрение этих и других стратегий, а также их сравнение приведено в работах [Dean, 1969; 1976]. Как правило, обсуждаются не группы аналогичных товаров, а только один, отдельно взятый, новый товар. Таким образом, остается без внимания эффект замещения и вытеснения с рынка отдельных товаров или части объема их реализации. Отметим, что в данной статье не рассматриваются товары-дополнители; частные вопросы и основные понятия проблематики валовой заменимости достаточно полно изложены в работах [Клейнер, Пионтковский, 2000; Данилов, Ланг 2001; Коковин, Яворский, 2002].

В микроэкономике рассматривается переход из пространства товаров в пространство свойств товаров, далее вводится понятие неявных цен этих свойств, а затем решается задача потребителя с добавлением нового товара. Имеется алгоритм оценки рыночной перспективы нового товара при установлении определенной цены. С точки зрения инвариантов в данном подходе сохранение полезности заменяется сохранением неявных цен свойств товара. Однако неопределенность в выборе функций полезности заменяется здесь проблемой идентификации тех долей, в которых свойства определяют цену товара. Таким образом, модель технологии потребления носит сугубо теоретический характер. Тем не менее, если все коэффициенты модели удастся получить из маркетинговых исследований, то переход в пространство свойств товаров может оказаться весьма эффективным.

Существенную роль в организации продвижения нового товара на рынок играет оценка объемов продаж. Если товар абсолютно новый, то приходится моделировать динамику ознакомления возможных покупателей с новым товаром (или услугой), а также оценивать динамику объемов будущих покупок. Одной из общепринятых является модель Басса [Bass, 1969]. В ней моделируется диффузия инноваций (товаров или технологий) аналогично динамике распространения эпидемии и используется аналог логистического уравнения, имеющего явные решения. Это позволило найти точку максимума распространения в среде потребителей нового товара. Алгоритм содержит ряд упрощающих предположений, которые впоследствии видоизменялись в широких пределах [Bass, Krishnan, Jain, 1994; Swami, Khairnar, 2006; Rao, 1984; Thompson, Teng, 1984].

Основная модельно-математическая идея этой модели может быть кратко сформулирована следующим образом. Если $F(t)$ — доля нового товара на рынке всех его аналогов в момент t, то $F(0) = 0$, так как по предположению товар является новым. В модели Басса принимается, что скорость проникновения на рынок пропорциональна оставшейся части рынка и силе, с которой товар завоевывает рынок. Сила в простейшем случае состоит из двух компонентов: постоянного — инновационного (α), по определению Басса, и переменного — информационного (βF), линейно зависящего от уже завоеванной части рынка. Соответствующее дифференциальное уравнение имеет следующий вид:

$$\frac{dF}{dt} = (1 - F)(\alpha + \beta F). \tag{1}$$

Решение этого уравнения с нулевыми начальными данными легко находится, если известны указанные параметры:

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(\alpha+\beta)t}}{\left[1 + \frac{\beta}{\alpha}e^{-(\alpha+\beta)t}\right]^2}. \tag{1'}$$

В литературе рассматривались различные обобщения этой модели. В частности, методами теории оптимального управления решалась задача формирования ценовой и рекламной политики с целью оптимизации диффузии инноваций [Swami, Khairnar, 2006], при этом параметры считались зависящими от времени (что значительно усложняет их идентификацию для конкретных приложений).

В работе [Kalish, 1985] было предложено несколько различных вариантов алгоритма с учетом затрат на рекламу. Полученные методики сравниваются с оригинальным подходом Басса. Однако все указанные подходы не рассматривают группу аналогичных товаров, которые при выходе на рынок нового товара будут обязательно замещаться. В работе [Deng, Yano, 2006] методами выпуклого программирования рассматривается задача ценообразования отдельного товара для предприятия, которое выпускает товар в комплексе с другими, что ограничивает свободу выпуска анализируемого товара. Эту тему мы затронем далее, но в иной постановке.

Важным моментом предлагаемого алгоритма выступает введение цены, которая является наибольшей потенциальной ценой выводимого на рынок товара. В работах по ценообразованию подобные примеры уже встречались (см., напр.: [Dolan, Jeuland, 1981; Nascimento, Vanhonacker, 1988]), и такая цена получила название *резервированной цены*. Однако поскольку практических правил однозначного определения или оценивания резервированной цены найти не удалось, в данной работе мы рассматриваем некоторый аналог этого понятия.

Таким образом, анализ современной и ставшей уже классической литературы по ценообразованию для инновационных товаров и технологий показывает актуальность разработки новых алгоритмов. В статье мы исходим из того, что среди методов оценивания спроса чаще всего используется аналогия с наиболее похожими товарами. Крайне редко встречается настолько новый товар, что ему невозможно подобрать аналога. Тем не менее в связи с тем, что в рассматриваемом сегменте рынка конечных товаров и услуг покупатель в основном удовлетворяет свои потребности в пределах собственных бюджетных ограничений, появление нового товара изменит систему предпочтений, что повлечет за собой замещение одних товаров другими и вызовет изменение цен при фиксированном предложении на товары, завоевавшие данный сегмент рынка до появления нового товара. Конечно, если имеется возможность познакомить потребителя с новым товаром через рекламу и другие маркетинговые акции, то период знакомства будет сокращен. Это в свою очередь потребует дополнительного финансирования при неопределенном результате. Реакция потребителя проявится только после появления нового товара.

После математической формулировки модели и получения основных формул мы укажем алгоритм построения функции спроса и рассмотрим примеры принятия управленческих решений, базирующихся на предлагаемом алгоритме.

Общий формализм решения

Пусть новый товар в данном сегменте рынка конкурирует с n старыми товарами. Обозначим объемы потребления старых товаров через $q_1, q_2, \ldots, q_n$, а объем потребления нового товара через q_{n+1}. Для оценки полезности всего набора рассмотрим функцию, которая напоминает функцию Кобба–Дугласа:

$$u(q_1, q_2, \ldots, q_n, q_{n+1}) = \\ = q_1^{a_1} \cdot \ldots \cdot q_n^{a_n} (1 + bq_{n+1}), \tag{2}$$

где все параметры a_i и b неотрицательны. Данная функция обращается в стандартную функцию Кобба–Дугласа при отсутствии нового товара. Вид функции полезности определен возможностью рассматривать одну и ту же конструкцию как при отсутствии нового товара, так и при его появлении. Кроме этого, если рассматривать параметр b как переменную, зависящую от времени величину, то функция (2) может оказаться полезной в интегральной задаче, включающей в себя проблемы как диффузии, так и ценообразования.

Ближайший аналог функции (2) встречается в работе [Цуриков, Цуриков, 2004], где используется подобная модификация функции типа Кобба–Дугласа для определения структуры питания в странах постсоветского пространства.

Алгоритм решения задачи потребителя, максимизирующего функцию полезности (2) и имеющего бюджетное ограничение

$$p_1 q_1 + \ldots + p_n q_n + p_{n+1} q_{n+1} \le Q, \tag{3}$$

предполагает, что нам известны параметры a_i и b, цены p_i, $i = 1, 2, \ldots, n, n+1$, а также располагаемый доход Q.

Рассмотрим вопрос о том, каким образом можно определить эти параметры. Будем считать, что до появления нового товара на рынке сложилось равновесие и нам известны цены и оптимальные количества всех товаров, составляющих конкуренцию новому товару, т. е. заданы величины p_i, q_i, $i = 1, 2, \ldots, n$. Так как оптимальные количества при $q_{n+1} = 0$ удовлетворяют бюджетному равенству $p_1 q_1 + \ldots + p_n q_n = Q$, то будем считать его определением величины бюджета всех потребителей на данном рынке, т. е. тех потребителей, которые потенциально являются покупателями товаров из данного набора и, следовательно, потенциально выступают будущими покупателями нового товара.* Для определения параметров a_i составим функцию Лагранжа для задачи оптимизации, которую решает потребитель:

$$L = u(q_1, \ldots, q_n, 0) + \lambda\left(Q - \sum_{i=1}^{n} p_i q_i\right),$$

где λ — множитель Лагранжа. Необходимое условие экстремума гласит, что производ-

* Для инновационных продуктов, меняющих в целом положение отрасли на потребительском рынке, данное соображение может не иметь места. Ярким примером является рынок телефонных аппаратов, емкость которого возросла на много порядков с появлением мобильной телефонии. — *Прим. ред.*

ные L по всем переменным q_i равны нулю. В результате получим следующую систему уравнений:

$$a_i q_1^{a_1} \cdot \ldots \cdot q_i^{a_i - 1} \cdot \ldots \cdot q_n^{a_n} - \lambda p_i = 0, \quad i = 1, \ldots, n. \tag{4}$$

Умножая каждое уравнение в (4) на соответствующее q_i и суммируя по i, запишем выражение для множителя Лагранжа:

$$\lambda = \frac{1}{Q} u(q_1, \ldots, q_n, 0) \sum_{i=1}^{n} a_i.$$

Подставляя найденное выражение в каждое уравнение из (3), убедимся, что

$$\frac{a_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i} = \frac{p_i q_i}{Q},$$

т. е. параметры a_i определены через известные значения p_i, q_i, $i = 1, 2, \ldots, n$ с точностью до произвольного множителя, поскольку являются решением линейной однородной системы алгебраических уравнений. Это формальное математическое заключение имеет свое отражение в теории полезности. Известно, что точка решения задачи потребителя является инвариантной относительно некоторого класса функций полезности, а именно: функция полезности не определяется единственным образом. Главное требование, предъявляемое к ней, состоит в том, чтобы она отражала систему предпочтений. Поэтому если u — функция полезности, то $v = ku + b$, где $k > 0$, b — константа, также есть функция полезности. И вообще, если φ — произвольная строго возрастающая числовая функция вещественной переменной, то функция $\varphi(u)$ также является функцией полезности, дающей то же самое решение задачи потребителя.

В силу сказанного мы имеем право распорядиться одним из неизвестных параметров произвольным образом. Если считать, что $a_1 = 1$, то получаем следующие формулы для всех величин a_i:

$$a_1 = 1,\ a_2 = \frac{p_2 q_2}{p_1 q_1},\ \ldots,\ a_n = \frac{p_n q_n}{p_1 q_1},$$

где значения p_i, q_i, $i = 1, 2, \ldots, n$ измерены до введения нового товара на рынок.

Теперь осталось определить только параметр b. Для этого необходимо сделать какие-либо разумные предположения о влиянии нового товара на общую полезность потребителей. Предположим, что новый товар несет в себе свойства, которые присутствуют в некоторой совокупности других товаров или услуг, но приобретение этой совокупности обошлось бы потребителю гораздо дороже. Например, стиральная машина «приносит» потребителю чистую одежду, но без нее можно обойтись, если всякий раз вместо стирки покупать новую одежду. Таким образом, если увеличивать потенциальную цену нового товара, то наступит такой момент, когда его покупка становится бессмысленной для потребителя, т. е. при некоторой цене количество купленных единиц нового товара равно нулю. Это и будет положено нами в основу моделирования вычисления параметра b. Наши рассуждения следуют известной логике понятия «резервированная цена».

Итак, предположим, что на рынке появился новый товар. Полезность всего набора товаров оценивается функцией (2) и выполняется бюджетное равенство

$$p_1 q_1 + \ldots + p_n q_n + p_{n+1} q_{n+1} = Q, \tag{5}$$

где $p_1, \ldots, p_n$ — известные постоянные цены старых товаров, а p_{n+1} — неизвестная цена нового товара. Значение Q вычислено по ценам и объемам продаж на рынке без нового товара указанным выше способом и считается постоянным. Величины объемов продаж находятся из условия максимума полезности: выделим из (5) потенциальный объем продаж нового товара и подставим полученное выражение в (2):

$$u(q_1, \ldots, q_n, q_{n+1}) = \\ = q_1^{a_1} \cdot \ldots \cdot q_n^{a_n} \left[1 + \frac{b}{p_{n+1}}\left(Q - \sum_{i=1}^{n} p_i q_i\right)\right].$$

Вычисление наибольшего значения последней функции относительно новых объемов продаж q_i осуществим обычным способом: найдем частные производные этой функции по q_i и приравняем их к нулю. Если домножить каждое из полученных уравнений на соответствующее q_i и разделить на появившийся множитель $u(q_1, \ldots, q_n, 0)$, то с учетом (5) для нахождения оптимального набора товаров $\{\bar{q}_1, \ldots, \bar{q}_n, \bar{q}_{n+1}\}$ (черточкой будем отмечать оптимальные объемы продаж после введения на рынок нового товара) получим линейную алгебраическую систему уравнений:

$$a_i\left(\frac{p_{n+1}}{b} + Q\right) = p_i\bar{q}_i + a_i\sum_j p_j\bar{q}_j,\ i = 1, \ldots, n.$$

Если просуммировать все уравнения этой системы, то получим, что

$$\sum_j p_j\bar{q}_j = \frac{\sum_i a_i}{1 + \sum_i a_i}\left(\frac{p_{n+1}}{b} + Q\right),$$

откуда

$$p_i\bar{q}_i = \frac{a_i}{1 + \sum_i a_i}\left(\frac{p_{n+1}}{b} + Q\right).$$

Отсюда выводим явное (единственное) решение исходной системы:

$$\bar{q}_i = \frac{a_i}{\left(1 + \sum_i a_i\right)p_i}\left(\frac{p_{n+1}}{b} + Q\right), \tag{6}$$

где $i = 1, \ldots, n$.

Подставляя данные оптимальные значения спроса в (5), получим оптимальную величину спроса на новый товар:

$$\bar{q}_{n+1} = \frac{1}{1 + \sum_i a_i}\left(\frac{Q}{p_{n+1}} - \frac{\sum a_i}{b}\right).$$

Отметим, что источник получения оценки для величины b здесь пока по-прежнему неизвестен.

Мы определим значение b, используя предположение о наличии товара с резервированной ценой $\hat{p}_{n+1}$. По определению, этот товар будет куплен взамен нового, если цена возрастет до $\hat{p}_{n+1}$. Отсюда получаем значение параметра b, выраженное через резервированную цену:

$$b = \frac{p_{n+1}\sum a_i}{Q}.$$

Отсюда окончательно получаем

$$\bar{q}_{n+1} = \frac{Q}{1 + \sum a_i}\left(\frac{1}{p_{n+1}} - \frac{1}{p_{n+1}}\right). \tag{7}$$

Отметим, что формула (7) дает функцию спроса нового товара на основании анализа, проведенного до выведения нового товара на рынок: нам необходимы цены и объемы продаж конкурирующих товаров и цена полного замещения нового товара. Когда необходимо оценить замещение конкурирующих товаров (это важно, например, если предприятие выпускает товары как старых, так и новых образцов), новые оптимальные объемы продаж задаются формулами (6):

$$\bar{q}_i = \frac{a_i Q}{(1 + \sum a_i)\, p_i}\left(\frac{p_{n+1}}{p_{n+1}\sum a_i} + 1\right), \tag{8}$$

где $i = 1, \ldots, n$.

Формулы (7) и (8) выступают в качестве основных результатов модельного анализа, проведенного в данной работе.

Об особенностях определения набора конкурирующих товаров

Процедура определения набора товаров, конкурирующих с новым товаром, не является тривиальной ни с точки зрения теоретического подхода, ни с позиции ее практического осуществления. В этом выборе мы руководствуемся некоторым набором потребительских свойств товара, которые позволяют однозначно отнести каждый товар к числу конкурирующих или не являющихся таковыми.*

Первый шаг заключается в определении на рынке всех товаров, которые обладают общими свойствами с новым товаром. Возможны различные подходы к формированию соответствующего списка. Прежде всего специалисту, составляющему набор подходящих товаров, можно посоветовать один простой, но практически приемлемый прием: *в первичный список надо помещать те товары, которые будут замещаться новым товаром в процессе выбора потребителем покупок*.

Далее мы предлагаем формализованный подход, когда для родственных товаров выбирается несколько свойств, каждое из которых связано либо с воспринимаемой потребителем количественной характеристикой (например тактовая частота процессора персонального компьютера или размер диагонали монитора), либо с качественной характеристикой (например наличие универсального аудио/видеовыхода высокого качества HDMI или возможность поворота экрана монитора из обычного горизонтального положения в вертикальное). В случае наличия свойств, имеющих количественную характеристику, в качестве классификатора товаров будем использовать попадание соответствующей характеристики в один из выбранных экспертом непересекающихся интервалов значений. В случае качественной характеристики мы имеем список соответствующих качеств, и, как правило, каждое отдельное качество будет выступать в роли классификатора (хотя возможно и агрегирование: светлые цвета, золотистая гамма и т. п.).

На втором шаге алгоритма выбора расположим все полученные товары по возрастанию цен и разделим интервал цен на несколько сегментов, приписав каждому сегменту цену, совпадающую по значению с его серединой. Этим мы установим «обобщенные» цены для всех товаров соответствующего сегмента, p_i. Просуммируем объемы продаж всех товаров из полученного списка для данного ценового сегмента — получим «обобщенные» объемы продаж q_i. Количество ценовых сегментов не следует делать слишком большим.

В качестве стилизованного примера составления набора «обобщенных» товаров и «обобщенных» цен рассмотрим процесс выведения на рынок цифрового фотоаппарата. Данные по характеристикам, моделям и ценам (по состоянию на февраль 2009 г.) взяты с сайта одного из интернет-магазинов Санкт-Петербурга. Подчеркнем, что это не специальное маркетинговое исследование, а условный пример с фотоаппаратами из *одного* магазина в *одном* городе в *один* определенный день. Отметим также, что в данном случае речь идет о принятии решений розничным торговцем (который уже ограничен заплаченной ценой), а не производителем новой модели фотоаппарата.

На сайте представлены 99 моделей фотоаппаратов таких производителей, как Canon, Casio, Panasonic, Pentax, Samsung, Sony. В качестве свойств цифровых фотокамер использовались: (1) разрешение матрицы (в мегапикселях, Мп); (2) тип карты памяти; (3) сила оптического зума; (4) вес камеры с зарядным устройством. Характеристики (1), (3) и (4) являются количественными, характеристика (2) — качественной и задается перечислением типов карт памяти. Диапазоны изменения всех четырех характеристик представлены в табл. 1.

* Как отмечается в статье, такой модельный подход не рассматривает дополнительные товары, которые по своим потребительским свойствам могут быть весьма непохожими (например, автомобили и бензин), но учет которых, безусловно, модельно важен, так как происходит в рамках одного и того же бюджетного ограничения — суммы денег, которую потребитель тратит на пользование автомобилем. — *Прим. ред.*

Таблица 1

Характеристики фотоаппаратов

Характеристика	Показатель
Разрешение матрицы	От 0 до 7 Мп
	От 7 до 8 Мп
	От 8 до 9 Мп
	От 9 до 10 Мп
	От 10 до 11 Мп
	От 11 до 12 Мп
	От 12 до 13 Мп
	От 13 до 14 Мп
	От 14 до 15 Мп
Тип карты памяти	CF (Type I/II)
	HC MMCplus
	MMC
	MS Duo
	MS PRO
	SD
	SDHC
	Memory Stick PRO Duo
	Memory Stick PRO
ZOOM оптический	2,5
	3
	3,6
	3,8
	4
	5
	7,7
	10
	15
	18
Вес	До 200 г
	До 300 г
	До 400 г
	До 500 г

Предположим, что новая модель фотокамеры имеет следующие характеристики:

Разрешение матрицы (Мп): 10,5;
Тип карты памяти: HC MMCplus, MMC, MS Duo, MS PRO, SD, SDHC;
ZOOM оптический: 4,5;
Вес (г): 170.

Таблица 2

Модели фотоаппаратов и их цены

Модель	Цена, тыс. руб.
SONY DSC-W170/R	8,39
SONY DSC-T300/S	11,99
SONY DSC-T500/S	13,7
SONY DSC-W170/B	7,99
SONY DSC-T300/B	12,45
SONY DSC-T300/R	12,45
SONY DSC-T500/B	13,7
Panasonic DMC-LZ10EE9S	6,25
Panasonic DMC-LZ10EE9K	6,25
Panasonic DMC-FX37EE-S	9,4
Panasonic DMC-FX37EE-K	9,4
Panasonic DMC-FX500EEK	11,3
Panasonic DMC-FX500EES	11,3
Panasonic DMC-FX37EE-W	9,37
Canon Digital IXUS 970 IS	11,95

Согласно нашему алгоритму набор имеет следующие характеристики:

Разрешение матрицы (Мп): от 10 до 11;
Тип карты памяти: HC MMCplus, MMC, MS Duo, MS PRO, SD, SDHC;
ZOOM оптический: 4,5;
Вес (г): до 200.

В табл. 2 представлены цены на конкурирующие модели.

Указанные цены расположились в пределах от 6 тыс. до 14 тыс. руб. Рассмотрим 4 ценовых диапазона по 2 тыс. руб. с серединами, соответственно, 7 тыс., 9 тыс., 11 тыс. и 13 тыс. руб. Поскольку пример носит искусственный характер, будем считать, что объемы продаж всех моделей равны 1 тыс. шт. в год. В соответствии с построением вводим понятие «обобщенный» фотоаппарат, объединяя этим термином все модели в одном сегменте цен. Оказалось, что в ценовые сегменты попали 3 тыс., 4 тыс., 4 тыс., 4 тыс. шт. обобщенных аппаратов, соответственно.

Теперь всех покупателей данных фотоаппаратов в данных ценовых сегментах объединим одним словом — потребитель. Таким образом, потребитель за год покупает q_i обобщенных фотоаппаратов по цене p_i. Общая сумма затрат потребителя на эти n товаров составляет

$$Q = \sum_{i=1}^{n} p_i q_i.$$

В результате применения нашего алгоритма получаем табл. 3.

Таблица 3

Цены и объемы продаж «обобщенных» фотоаппаратов

Номер сегмента	p_i, тыс. руб.	q_i, тыс. шт.
1	7	3
2	9	4
3	11	4
4	13	4

Условие постоянства общей суммы затрат свидетельствует о том, что в краткосрочной перспективе потребитель (совокупность покупателей данного интернет-магазина) не намерен привлекать дополнительные средства на данный товар. Поэтому покупки нового фотоаппарата будут осуществляться за счет уменьшения количества покупок старых моделей.

Согласно данным табл. 3 получаем (в тыс. руб.):

$$Q = 153;$$

$$a_1 = 1;\ a_2 \approx 1{,}7;\ a_3 \approx 2{,}1;$$

$$a_4 \approx 2{,}5;\ \Sigma a_i \approx 7{,}3.$$

Теперь необходимо определить «резервированную цену». В качестве таковой мы примем 20 тыс. руб., так как за эту сумму можно приобрести аппараты более высокого класса.

В соответствии с нашим алгоритмом присваиваем новому фотоаппарату номер 5 и согласно формулам (6)–(7) получаем:

$$\bar{q}_5 = \frac{153}{1+7{,}3}\left(\frac{1}{p_5} - \frac{1}{20}\right),$$

$$\bar{q}_i = \frac{153 a_i}{8{,}3 p_i}\left(\frac{p_5}{146} + 1\right),\ i = 1,\ \ldots,\ 4.$$

Так как величины a_i и p_i известны, то формулы объема продаж зависят только от выбираемой нами цены нового фотоаппарата. При этом для продаж «старых» товаров эта зависимость является линейной, а для нового — гиперболической. Соответствующие графики приведены на рис. 1.

Данный пример демонстрирует метод оценивания функции спроса на новый товар и эффект замещения конкурирующих товаров новым. Отметим, что предположения, на основе которых строилась модель, не позволяют отразить ситуацию, при которой новый товар вытеснит весь старый ассортимент. Это связано с постоянством предпочтений потребителя, формализованным постоянством параметров a_i. Если в результате резкого снижения цены на новый товар объем его продаж также резко возрастет, то доля нового продукта в бюджете потребителя существенно не меняется, оставаясь конечной величиной. Также доли остальных товаров в пределе остаются конечными величинами. Более точное назначение цены резервирования не меняет эту ситуацию. Согласно формулам (7) и (8) имеют место пределы

$$\lim_{p_{n+1}\to 0} p_i \bar{q}_i = \frac{a_i Q}{(1+\sum a_i)},$$

$$\lim_{p_{n+1}\to 0} p_{n+1} \bar{q}_{n+1} = \frac{Q}{1+\sum a_i}.$$

Это, конечно, ограничивает применимость модели.* При иных предположениях

---

* Кроме справедливо отмеченной теоретической ограниченности модели, можно указать на не очень удачный, с точки зрения маркетологов,

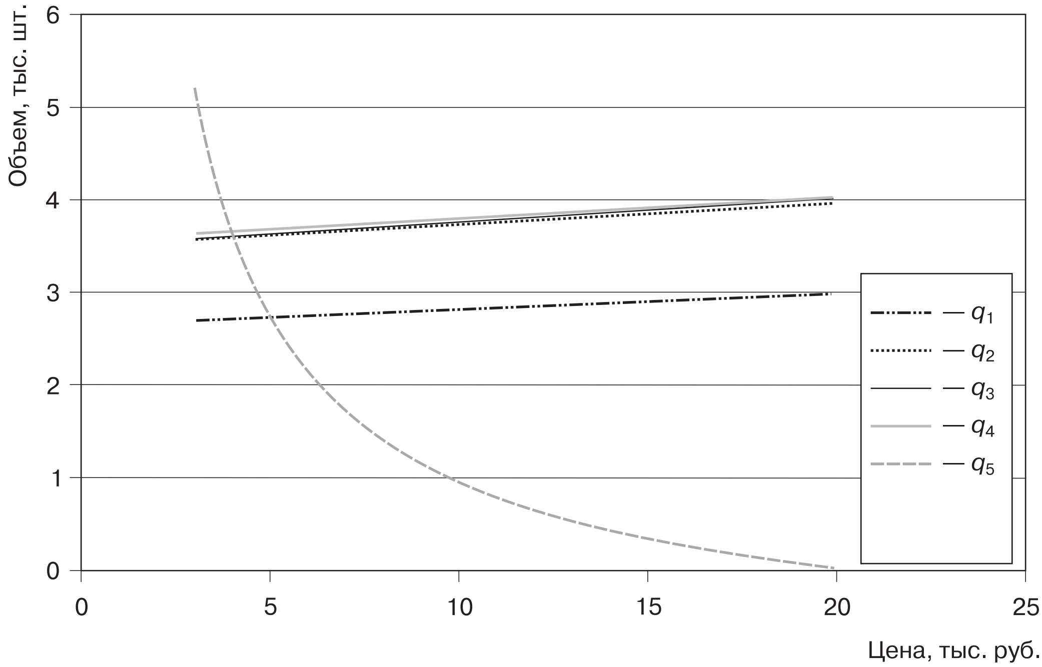

Рис. 1. Объемы продаж нового фотоаппарата и «обобщенных» фотоаппаратов, конкурирующих с новым

можно формализовать изменение предпочтений потребителя и, как следствие, оценить исчезновение старых товаров с рынка.

Учет диффузии в процессе вывода нового товара на рынок

Вывод на рынок нового товара требует специального анализа информированности потенциальных потребителей о характеристиках нового товара. Представленный в работе алгоритм основывается на том, что потенциальные потребители обладают полной информацией обо всех его характеристиках. Это не предполагает дополнительных затрат времени и денежных средств со стороны производителя или дистрибьютора на диффузию товара. Абсолютно новый товар, напротив, нуждается в рекламе, специальных акциях, демонстрирующих его преимущества. В данной работе мы ограничимся расширением уже построенного алгоритма на случай постепенного завоевания рынка. Воспользуемся для этого простейшим вариантом модели Басса (см. формулу (1)).

Предположим, что равновесный уровень продаж нового товара при полной информированности о его качествах достигается асимптотически в конце периода диффузии (на бесконечности). В обозначениях модели Басса (см. формулу (1′)) это соответствует тому, что $F(\infty) = 1$. Как отмечалось, $F(0) = 0$. Оставим пока в стороне вопрос о значениях параметров α, β в формуле (1′).

При предлагаемом нами подходе важным является предположение о постоянстве Q и всех цен товаров-заменителей для

подбор условных числовых данных, при которых на новый товар не может приходиться более 5% спроса. При другом подборе числовых величин, безусловно, можно получить и более интересные наблюдения. — *Прим. ред.*

всех моментов времени. Обозначим через q_i объем потребления каждого товара до введения нового товара, соответственно, $\bar{q}_i$ — оптимальный согласно нашей модели. Тогда в любой момент t, относящийся к диффузии нового продукта, имеем следующее равенства:

$$\bar{q}_{n+1}(t) = F(t)\bar{q}_{n+1}, \tag{9}$$

$$\bar{q}_i(t) = q_i + (\bar{q}_i - q_i)F(t). \tag{10}$$

Проиллюстрируем это на условном примере. Пусть некоторая компания выводит на рынок «ковер-самолет». С одной стороны, это ковер, предмет быта, известный и применяемый повсеместно. Пусть ковры (аналогичного размера и бытовых свойств) составляют первую группу старых, конкурирующих с нашим «ковром-самолетом» товаров. До появления «ковра-самолета» рынок «обобщенного ковра» характеризовался параметрами: $q_1 = 1$ тыс. шт. и $p_1 = 5$ тыс. руб. С другой стороны, «ковер-самолет» — это летательный аппарат, такой как дельтаплан, вертолет или маленький самолет. В связи с этим рассмотрим второй обобщенный товар, состоящий из подобных летательных аппаратов, который описывается параметрами $q_2 = 0{,}02$ тыс. шт. и $p_2 = 1$ млн руб. Предположим, что резервированная цена для «ковра-самолета» составляет 1 млн руб.

Пусть потребитель не информирован в достаточной степени о пользе «ковров-самолетов», и реклама постепенно, за несколько лет, приводит к признанию нового товара. Применим наш алгоритм для конечной стадии информированности, чтобы оценить полный спрос на новый товар. Мы будем использовать функцию полезности

$$u(q_1, q_2, q_3) = q_1 q_2^a (1 + bq_3).$$

Тогда, согласно формулам и данным, приведенным выше, имеем:

$$Q = 25;\ a = 4.$$

Для использования формул (9) и (10) необходимо задать параметры α и β, входящие в формулу (1′). Их значения влияют на скорость информирования потребителя. Для простоты положим $\alpha = \beta = 1$. Отсюда получаем объемы продаж всех трех товаров: ковров, летательных аппаратов и «ковров-самолетов» как функции цены нового товара:

$$\bar{q}_1 = \frac{5}{6}\left(\frac{p_3}{5000} + 1\right);$$

$$\bar{q}_2 = \frac{1}{60}\left(\frac{p_3}{5000} + 1\right);$$

$$\bar{q}_3 = \frac{25}{6}\left(\frac{1}{p_3} - \frac{1}{1000}\right).$$

Посмотрим, как проходит процесс диффузии нового товара, если его цена будет назначена равной 10, 25, 50 и 75 тыс. руб. На рис. 2 приведены графики, построенные по формулам (9) и (10), для равновесных цен нового товара.

Несмотря на множество искусственных допущений, наш алгоритм показывает принципиальную возможность моделирования диффузии, что дает, в частности, оценку рекламных затрат.

Примеры использования алгоритма для принятия управленческих решений

Рассмотрим несколько задач, которые возникают перед руководством компании, выводящей новый товар на рынок. Нижней оценкой цены для компании будет себестоимость с учетом требуемой рентабельности. Начнем с задачи, связанной с «каннибализмом» продаж собственных товаров: новый товар вытесняет старые собственные товары (например, пивоваренная компания, уже имеющая на рынке несколько сортов пива, намерена вывести на рынок еще один, новый; с аналогичной ситуацией мы встречаемся на автомобильном рынке и т. д.).

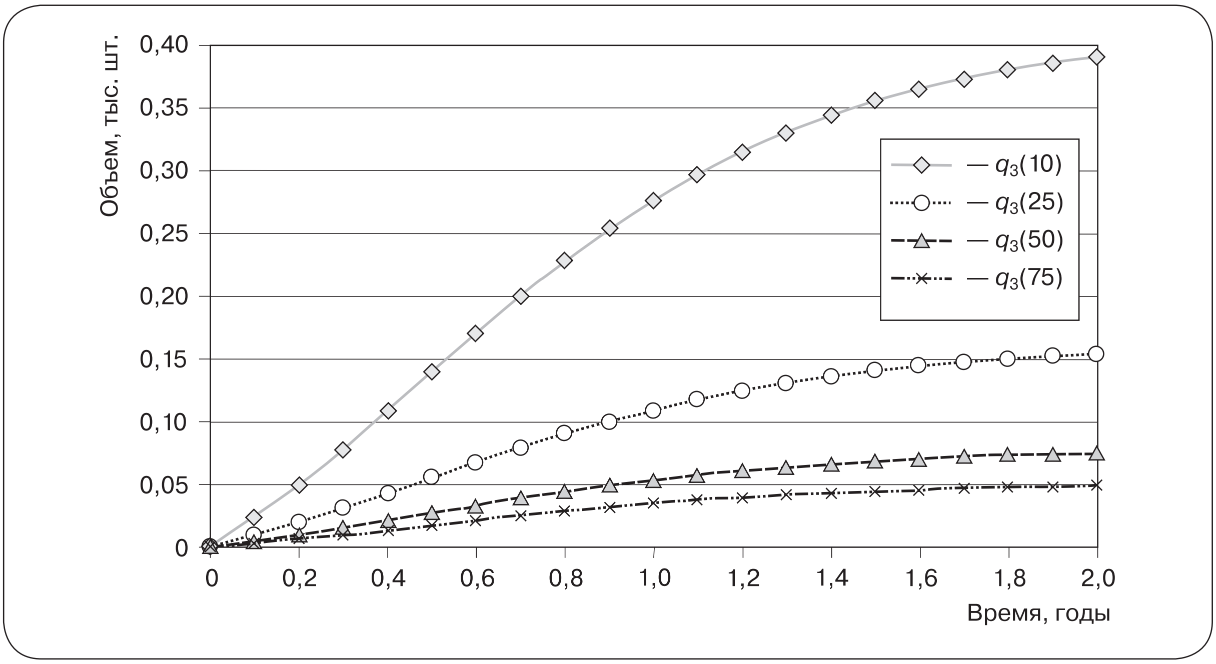

Рис. 2. Объемы продаж «ковров-самолетов» в процессе диффузии

Рассмотрим задачу, встающую перед некой компанией X в связи с выводом на некоторый региональный рынок ЖК-телевизора своего производства в феврале 2009 г. Мы будем рассматривать только телевизоры с диагональю экрана в интервале от 31 до 40 дюймов. В этой группе находятся телевизоры: LG (7 моделей), Philips (4 модели), Samsung (6 моделей), Sharp (5 моделей), Sony (5 моделей) и Toshiba (2 модели) — всего 29 конкурирующих моделей со средней ценой 32 тыс. руб. Компания X имеет в этой нише рынка 4 модели со средней ценой 30 тыс. руб.

Рассмотрим модель с двумя обобщенными старыми товарами и новой моделью телевизора компании X. Первый обобщенный товар представляет старые модели компании X, второй обобщенный товар — модели остальных компаний. Если обозначить через q_1, q_2, q_3 соответствующие объемы продаж, то рассматриваемая нами функция полезности имеет вид

$$u(q_1, q_2, q_3) = q_1 q_2^a (1 + bq_3).$$

В качестве нового товара компания X намерена выпустить на рынок телевизор с разрешением 1920×1080 взамен разрешению 1366×768, которым обладают большинство старых моделей телевизоров. Среди конкурирующих моделей такие аппараты уже представлены, и имеются 12 моделей с таким разрешением. Ценовой диапазон простирается от 28 тыс. руб. до 75 тыс. руб. Таким образом, компания X при установлении цены на новую модель может воспользоваться одним из традиционных приемов, ориентируясь, например, на среднюю цену по конкурирующим моделям, которая составляет около 52 тыс. руб. Однако столь простое назначение цены не позволит ответить на вопрос о замещении как своих собственных, так и конкурирующих моделей. В связи с этим применение предлагаемого в статье алгоритма, несомненно, характеризуется рядом преимуществ.

В соответствии с нашим алгоритмом имеем равновесие до введения нового товара:

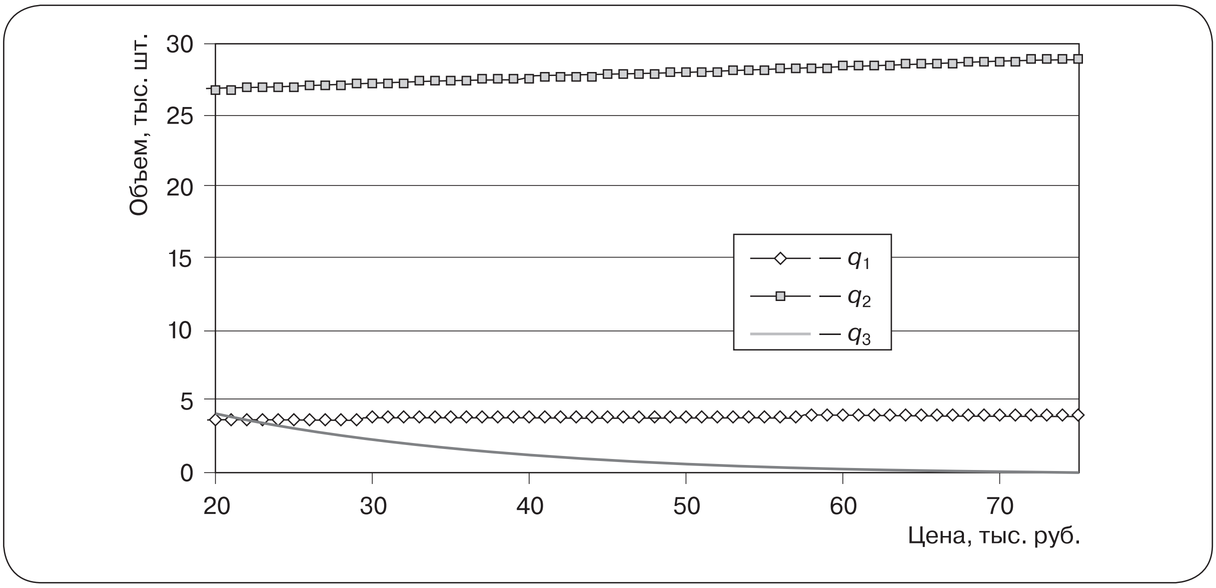

Рис. 3. Объемы продаж телевизоров компании X после выведения новой модели на рынок

$q_1 = 4$; $p_1 = 30$; $q_2 = 29$; $p_2 = 32$;
$Q = 1048$; $a \approx 7{,}73$.

Здесь мы для простоты предположили, что каждая модель продается в равных количествах, например по 1 тыс. шт. в год. Резервированная цена для нового телевизора должна находиться в ценовом интервале моделей с разрешением экрана 1920×1080. Поэтому примем $\hat{p}_3 = 75$ тыс. руб., так как если установить более высокую цену, то обобщенный потребитель предпочтет телевизор с тем же разрешением, но бóльшим экраном.

Согласно формулам (8) и (9) вычислим равновесные объемы продаж после выведения на рынок нового телевизора с ценой p_3:

$$\overline{q}_1 = 3{,}6\left(\frac{p_3}{655}+1\right);$$

$$\overline{q}_2 = 26\left(\frac{p_3}{655}+1\right);$$

$$\overline{q}_3 = 107{,}7\left(\frac{1}{p_3}-\frac{1}{75}\right).$$

На рис. 3 приведены графики полученных функций.

Теперь можно, используя функции $\overline{q}_3 = \overline{q}_3(p_3)$ и $\overline{q}_1 = \overline{q}_1(p_3)$, решить задачу оптимизации цены с целью получения наибольшего объема продаж моделей компании X. Введем в рассмотрение показатель прибыли как количество проданных телевизоров, умноженное на прибыль с каждого из них. Последнее значение нуждается в оценке издержек. Менеджмент компании X, естественно, знает эту величину, но мы определим ее как наименьшую цену, по которой продавались подобные модели: 28 тыс. руб. Тогда прибыль от продажи новой модели, PR_N, выражается следующим образом:

$$PR_N = \overline{q}_3(p_3)(p_3 - 28). \tag{11}$$

Прибыли от продажи старых моделей, PR_A, также изменятся, поскольку произойдет их вытеснение с рынка. Будем считать, что цены старых моделей остаются постоянными, а издержки соответствуют минимальной цене старых моделей — 23 тыс. руб.:

$$PR_A = \overline{q}_1(p_3)(30 - 23). \tag{12}$$

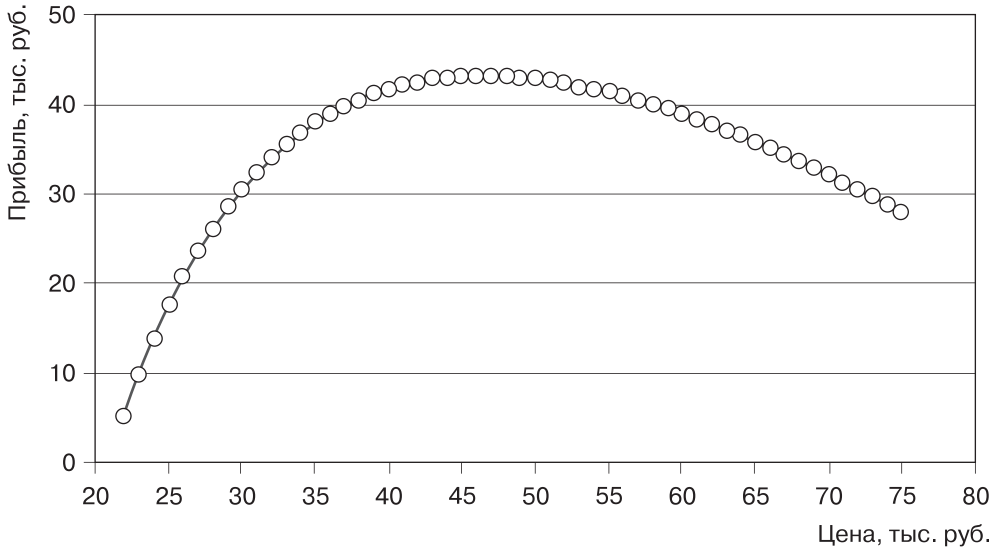

Рис. 4. Общая прибыль компании X как функция цены после выведения на рынок телевизора с большим разрешением

Для каждого товара прибыль зависит от объема сектора данного производителя и оптовой цены. Поскольку наши примеры носят условный характер, в качестве оптовой цены мы рассматриваем самую низкую цену на похожий товар в данном секторе. Это в некотором смысле *анти*резервированная цена. В формуле (11) это 28 тыс. руб., а в формуле (12) — 23 тыс. руб.

Вся прибыль должна максимизироваться менеджментом компании. И оказывается, что такой максимум существует. Графически динамика общей прибыли показана на рис. 4.

Формулы (11) и (12) достаточно просты, чтобы вычислить этот максимум аналитически:

$$PR_N + PR_A = \bar{q}_3(p_3)(p_3 - 28) + 7\bar{q}_1(p_3) =$$

$$= 107{,}7\left(\frac{1}{p_3} - \frac{1}{75}\right)(p_3 - 28) + 7 \cdot 3{,}6\left(\frac{p_3}{655} + 1\right).$$

Если взять производную по цене p_3 и приравнять ее к нулю, то получим квадратное уравнение, имеющее на интервале от 20 до 75 тыс. руб. единственное решение, которое составляет 46,45 тыс. руб. Это и есть оптимальная цена.

При оптимальной цене на новую модель телевизора прибыль компании возрастет, а остальные конкурирующие модели потеряют относительно немного (меньше 5%):

$$\bar{q}_1(46{,}5) = 3{,}84;$$

$$\bar{q}_2(46{,}5) = 27{,}84;$$

$$\bar{q}_3(46{,}5) = 0{,}91.$$

Следует отметить, что оптимальная цена близка к 52 тыс. руб., т. е. к величине, полученной путем анализа аналогичных товаров.

Заключение

В статье построена модель оценки функции спроса на новую и/или инновационную продукцию, базирующаяся на применении специальной функции полезности и ряде предположений о состоянии рынка. При этом считается, что:

- цена меняется только на один новый товар, а остальные цены в этот короткий временной интервал не успевают реагировать на изменение рынка;
- появление нового товара не изменяет структуры предпочтений потребителя;
- правая часть бюджетного ограничения остается постоянной;
- существует заменитель нового товара с высокой ценой (резервированная цена);
- дополнительные товары не включаются в анализ;
- рекламные акции используются только на стадии диффузии товара.

Проблема диффузии товара на рынок рассматривается в упрощенном варианте — представлен путь решения задачи, когда товар является абсолютно новым.

Дальнейшие результаты могут быть получены путем снятия предположения о постоянстве цен на конкурирующие товары, что приведет к учету реакции конкурирующих компаний.

Интерес вызывает моделирование неопределенности с помощью вероятностных распределений некоторых параметров. Так, мы предполагали, что информация о количествах продаж аналогичных товаров нам точно известна. Однако многие методики маркетинга опираются на вероятностный подход к оценкам этих величин. Представляется, что такое обобщение приведет к созданию более реалистичных и полезных на практике моделей спроса и ценообразования.

Благодарности

Автор выражает свою глубокую признательность профессору А. В. Бухвалову за долгое и терпеливое обсуждение данной работы, что существенно сказалось на ее качестве.

ЛИТЕРАТУРА

Данилов В. И., Ланг К. 2001. Кусочно-линейные функции полезности, удовлетворяющие условию валовой заменимости. *Экономика и математические методы* **37** (4): 50–63.

Клейнер Г. Б., Пионтковский Д. И. 2000. Многофакторные производственные функции с постоянными эластичностями замены факторов. *Экономика и математические методы* **36** (1): 90–114.

Коковин С. Г., Яворский С. В. 2002. Валовая заменимость и сравнительная статика многозначного спроса на рынках с трением: закон Хикса, парадоксы налогообложения. *Экономика и математические методы* **38** (2): 3–24.

Цуриков А. В., Цуриков В. И. 2004. Об одной модели потребительского выбора. *Экономика и математические методы* **40** (3): 110–114.

Bass F. M. 1969. A new product growth model for consumer durables. *Management Science* **15** (5): 215–227.

Bass F. M., Krishnan T. V., Jain D. C. 1994. Why the Bass model fits without decision variables. *Marketing Science* **13** (3): 203–223.

Dean J. 1969. Pricing pioneering products. *Journal of Industrial Economics* **17** (3): 165–179.

Dean J. 1976. Pricing policies for new products. *Harvard Business Review* **54** (6): 141–153.

Deng S., Yano C. A. 2006. Joint production and pricing decisions with setup costs and capacity constraints. *Management Science* **52** (5): 741–756.

Dolan R. J., Jeuland A. P. 1981. Experience curve and dynamic demand models: Implication for optimal pricing strategies. *Journal of Marketing* **45** (1): 52–62.

Ferrer G., Swaminathan J. M. 2006. Managing new and remanufactured products. *Management Science* **52** (1): 15–26.

Kalish S. 1985. A new product adoption model with price, advertising and uncertainty. *Management Science* **31** (12): 1569–1585.

Kim J. G., Menzefricke U., Feinberg F. M. 2007. Capturing flexible heterogeneous utility curves: A Bayesian spline approach. *Management Science* **53** (2): 340–354.

Nascimento F., Vanhonacker W. R. 1988. Optimal strategic pricing of reproducible consumer products. *Management Science* **34** (8): 921–937.

Noble P. M., Gruca T. S. 1999. Industrial pricing: Theory and managerial practice. *Marketing Science* **18** (3): 435–454.

Rao V. 1984. Pricing research in marketing: The state of the art. *Journal of Business* **57** (1): 39–60.

Swami S., Khairnar P. J. 2006. Optimal normative policies for marketing of products with limited availability. *Annual Operation Research* **143**: 107–121.

Thompson G. L., Teng J.-T. 1984. Optimal pricing and advertising policies for new product oligopoly models. *Marketing Science* **3** (2): 148–168.

Статья поступила в редакцию
5 мая 2009 г.