

УДК 338:519.876.2

DOI 10.17150/2308-2488.2019.20(2).294-321

**С.А. Сорокин**

*Приволжский филиал Российского государственного  
университета правосудия, г. Нижний Новгород,  
Российская Федерация*

**И.А. Варпаева**

*Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород,  
Российская Федерация*

**О.В. Гришина**

*Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород,  
Российская Федерация*

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТНОЙ СТРАТЕГИИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ**

**Аннотация.** Эффективность коммерческой деятельности экономического субъекта зависит от множества факторов. Одним из инструментов исследования их влияния является математическое моделирование. Целью статьи является постановка вычислительного эксперимента, имитирующего динамику объемов продаж поставщика в условиях конкуренции при различных начальных условиях. При этом предполагается учесть возможность изменения цены товара (услуги) в зависимости от изменения объемов продаж. Ограничительным фактором эксперимента выступает условие локального рынка и наличие максимальной величины покупательской способности в его пределах. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: выяснить влияние изменения объемов продаж, вызванных конкуренцией, на изменение цены продукции, (причем цена продукции должна находиться во взаимосвязи с фактором старения продукции); учесть принципы потребительских предпочтений, на которых основаны взаимоотношения вида «потребитель-поставщик»; определить связь между моделью ценообразо-

вания и моделью конкурирующих отношений вида «поставщик-поставщики». Используются эвристические методы имитационного моделирования и метод аналогий (универсальности). На основе имитационного моделирования и метода аналогий (универсальности) разработана математическая модель в рамках вычислительного эксперимента, имитирующего рыночную цену товара и динамику объемов продаж поставщика при условии взаимосвязи продажной цены на продукцию (товар) с фактором его старения, наличии потребительских предпочтений и с учетом связи между моделью ценообразования и моделью конкурирующих отношений. Применение разработанной авторами математической модели позволяет учесть множество взаимосвязанных факторов, влияющих на динамику продаж экономических субъектов в условиях реальной экономической ситуации.

**Ключевые слова.** Имитационное моделирование, метод аналогий, конкуренция, принципы потребительских предпочтений, ценообразование, функция (коэффициент) потери стоимости.

**Информация о статье.** Дата поступления 21 февраля 2019 г.; дата принятия к печати 31 мая 2019 г.; дата онлайн-размещения 14 июня 2019 г.

**S.A. Sorokin**

*Russian State University of Justice,  
Nizhny Novgorod, the Russian Federation*

**I.A. Varpaeva**

*Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,  
Nizhny Novgorod, the Russian Federation*

**O.V. Grishina**

*Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,  
Nizhny Novgorod, the Russian Federation*

## SIMULATION MODELING OF COMPETITIVE STRATEGY OF PRICING

**Abstract.** Efficiency of commercial activities depends on many factors. One of the tools to study their influence is mathematical modeling. The goal of the

study is to conduct a computational experiment that simulates the dynamics of the supplier's sales volumes in a competitive environment under various initial conditions. We take into account the possibility of changing the price of products (goods), depending on changes in sales volumes. The limitation of the experiment is the conditions of the local market and the presence of the maximum value of purchasing power within it. To conduct an experiment, it is necessary to solve the following tasks: to find out the impact of sales volumes changes caused by competition on changes of the price of products (and the price of products must be calculated according to product aging factor); to consider consumers' preferences, on which "consumer-supplier" relationships are based and to determine the relationship between the pricing models and the model of competing relations of the "supplier-suppliers" type. To achieve this goal, we employed heuristic methods of simulation modeling and the analogy method (universality). Based on simulation modeling and the method of analogies (universality), we developed a mathematical model as a part of a computational experiment. The former simulates the market price of a product and the dynamics of sales volumes of a supplier, which considers correlation between the market price for products (goods) and their aging factor, as well as consumers' preferences and pricing model and competing relationship model. The application of the mathematical model developed by the authors allows to take into account many interrelated factors that influence the sales dynamics of market participants in real economic situations.

**Keywords.** Simulation modeling, analogy method, competition, principles of consumer preferences, pricing, the function (factor) loss of value.

**Article info.** Received February 21, 2019; accepted May 31, 2019; available online June 14, 2019.

## Введение

Взаимоотношения поставщика и потребителя могут иметь антагонистический тип. Общеизвестно, что в условиях монополии противоречие высоких цен и

низкого качества, неустранимо. Но обоснованно говорить, что данное противоречие устранимо в условиях конкурентной экономики.

В работе рассматриваются множества поставщиков и потребителей, рыночное взаимодействие которых происходит в пределах территориально ограниченного локального рынка и относительно одного товара или услуги. Полагается, что максимальная величина покупательской способности в пределах данного рынка по отношению к указанному товару или услуге известна.

Предполагается, что отношения между поставщиками являются конкурирующими. Отношения между потребителями и поставщиками формируются на принципах потребительских предпочтений.

Целью моделирования является постановка вычислительного эксперимента, имитирующего динамику объемов продаж каждого поставщика при различных начальных условиях. При этом основой моделирования является возможность учета изменения цены товара или услуги относительно динамики объема их реализации.

Необходимо решить следующие задачи:

выяснить влияние изменения объемов продаж, вызванных конкуренцией, на изменение цены продукции; причем цена продукции должна находиться во взаимосвязи с фактором старения продукции;

учесть ключевые принципы потребительских предпочтений, на которых основаны рыночные взаимоотношения типа «потребитель-поставщики»;

выявить связь между моделями ценообразования и конкурентных отношений типа «поставщик-поставщики».

### **Динамика объемов продаж**

Модель ценообразования [3; 4, с. 81–96]. Используем следующие обозначения:

$j = 1, n$  – индекс поставщика;

$S_j$  – объем продаж, реализованный  $j$ -м поставщиком в контрольный момент времени;

$P_j$  – относительный объем продаж, реализованный  $j$ -м поставщиком.

$$P_j = \frac{S_j}{\sum_{j=1}^n S_j},$$

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1.$$

Относительный объем продаж  $P_j$  можно назвать сектором рынка, освоенным  $j$ -м поставщиком в контрольный момент времени.

Предположение: чем больше сектор рынка, освоенный  $j$ -м поставщиком, тем стабильнее цена  $Z_j$ , установленная  $j$ -м поставщиком на некоторый товар или услугу.

$$\frac{dZ_j}{dt} = -\mu(1 - P_j), \quad (1)$$

где  $\mu$  – коэффициент снижения цены товара (старение).

Обсуждая справедливость уравнения (1), сначала рассмотрим предельные ситуации: а) и б), которые маловероятны, и наиболее типичную ситуацию в) (рис. 1):

а) поставщик владеет всей территорией рынка:

$$\begin{aligned}
 P_j &= P = 1, \\
 \frac{dZ}{dt} &= 0, \\
 Z(t) &= Const = Z_0.
 \end{aligned}$$

Монополия поставщика в отношении рынка данного товара позволят осуществлять полный контроль над ценой (в этом случае индекс  $j$  можно опустить);

б) поставщик лишен места на рынке:

$$P_j = 0,$$

$$\frac{dZ_j}{dt} = -\mu,$$

$$Z_j(t) = Z_{0j} - \mu t.$$

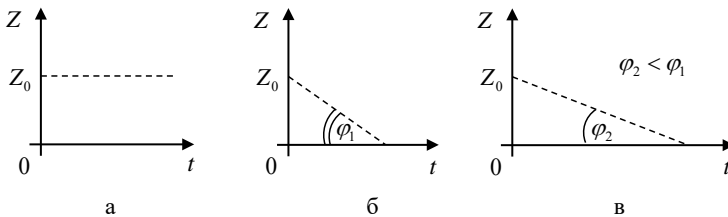
По каким-либо обоснованным причинам организация-поставщик не может продавать свой товар, ценность которого стремительно снижается: либо в силу физического старения (для товара постоянного потребления), либо в силу морального старения (для товара длительного потребления);

в) более реалистична ситуация, при которой поставщик контролирует некий рыночный сектор. В такой ситуации цена поставщика на предлагаемый им товар (услугу), будет снижаться медленнее, чем в ситуации б):

$$0 < P_j < 1,$$

$$\frac{dZ_j}{dt} = -\mu(1 - P_j),$$

$$Z_j(t) = Z_{0j} - \mu(1 - P_j)t.$$



**Рис. 1.** Изменение цены во времени: а – цена, установленная поставщиком, в условиях монополии; б – снижение ценности товара (услуги) при отсутствии реализации («старение» в условиях хранения); в – снижение ценности товара при положительной динамике продаж

Свойства системы. Первоначально необходимо определить ключевые свойства рынка (присущие как поставщикам, так и потенциальным потребителям). Рассматриваются  $n$  потребителей и  $m$  поставщиков, взаимодействие которых реализуются в пределах некоего локального рынка, ограниченного прямоугольной областью: ( $Height \times Width$ ). В рамках данной модели ограничимся тремя поставщиками ( $m = 3$ ) и тридцатью потребителями ( $n = 30$ ). Полагается известной максимальная величина покупательской способности в пределах рынка —  $Q_{max}$  и емкость среды (рынка) относительно определенного товара (услуги) —  $K$ .

Свойства поставщиков. Координаты  $x_j, y_j$  поставщиков, находящиеся в пределах границ области системы ( $j = \overline{1, m}$ ).

$z_j$  — цена, установленная  $j$ -м поставщиком.

Свойства потребителей. Координаты  $x_i, y_i$  — случайные величины, находящиеся в пределах границ области системы ( $i = \overline{1, n}$ ):

$$x_i = Random(Width), y_i = Random(Height).$$

$Q_i$  — покупательская способность  $i$ -го потребителя, являющаяся случайной величиной, находящейся в пределах от 0 до  $Q_{max}$ :

$$Q_i = Random(Q_{max}).$$

$L_{ij}$  — расстояние от  $i$ -го потребителя до  $j$ -го поставщика:

$$L_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}.$$

Индексы потребительских предпочтений. Индексы потребительских предпочтений рассматриваются в качестве отдельной независимой процедуры. Процесс пошагового выполнения данной процедуры (на каждом временном шаге интегрирования) генерирует новый поток потребителей (со всеми присущими им

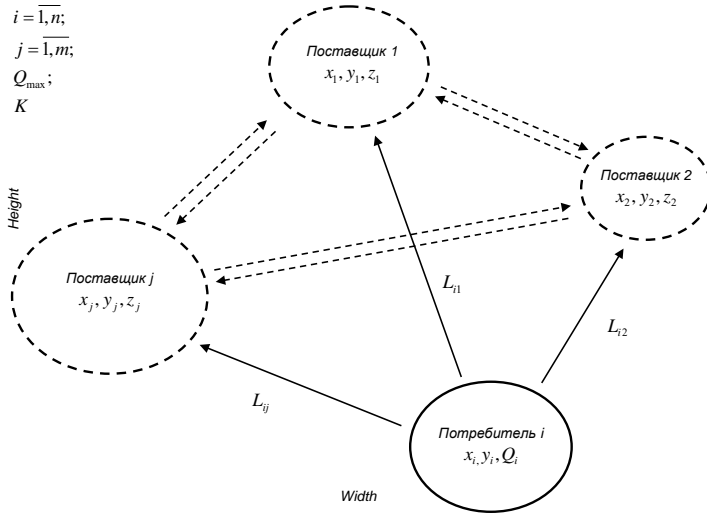


Рис. 2. Структура отношений: поставщик-поставщики (конкурентные отношения, пунктирные стрелки), потребитель-поставщики (формирование предпочтений)

собственными свойствами). В зависимости от свойств  $i$ -го потребителя, сформированных на текущем шаге интегрирования,  $i$ -й потребитель отдает свое предпочтение  $j$ -у поставщику. Показатели предпочтений назовем индексами потребительских предпочтений. В рамках модели индексы предпочтений будут формироваться по двум параметрам:

по удаленности:  $I_{Lj}$ ,

по цене:  $I_{Zj}$ .

Определяются эти индексы следующим образом:

$$I_{Lj} = \text{если } (и (L_{i,j+1}; L_{i,j} < L_{i,j-1}) 1; 0),$$

$$I_{Zj} = \text{если } (Z_j \leq Q_i; 1; 0).$$

Выражения для определения индексов представлены в формате логических функций Microsoft Excel (вместо ссылок на адреса ячеек указаны имена переменных).



На основании полученных индексов можно определить возможное число потребителей, обратившихся к каждому поставщику:

$$\Delta S_{ij} = \text{если } ((I_{Lj} + I_{Zj}) < 2; 0; 1).$$

Если  $\Delta S_{ij}$  принимает значение 1, то это означает возможность приобретения  $i$ -м потребителем у  $j$ -го поставщика исследуемого товара (услуги). Суммируя показатели всех потребителей (по совокупности индексов  $i$ ), мы фактически получаем полную картину за один временной шаг:  $\sum_{i=1}^n \Delta S_{ij}$ .

$\sum_{i=1}^n \Delta S_{ij}$  – возможное количество продаж товара  $j$ -м поставщиком в единицу времени ( $\Delta t$ ). Поскольку речь идет о возможном количестве продаж товара, то правомерно ввести категорию вероятности – вероятность реализации  $\sum_{i=1}^n \Delta S_{ij}$  единиц товаров (услуг)  $j$ -м поставщиком:

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta S_{ij}$  – вероятность продаж  $j$ -го поставщика в единицу времени  $\Delta t$  (за один шаг интегрирования), для ее обозначения введем символ  $V_j$ :

$$V_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta S_{ij}.$$

Модель конкуренции. Взаимоотношения на рынке между организациями-поставщиками выразим в виде модели, позволяющей реализовать «мягкий» механизм стабилизации совокупного объема продаж около емкости среды  $K$ .

$$\frac{dS_j}{dt} = V_j \left( S_j \left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^m S_j}{K} \right) \right), \quad (2)$$

$$j = \overline{1; m},$$

где  $S_j$  – объемы продаж, [ед. товара];  $K$  – емкость среды, [ед. товара];  $V_j$  – вероятность продаж  $j$ -го поставщика в единицу времени,  $\Delta t, \left[ \frac{1}{\text{ед. времени}} \right]$

В такой ситуации учитываем условие, что ни один из присутствующих на рынке поставщиков не вытесняет конкурентов, занимая собственный уровень исходя из своих объективных возможностей. Сумма этих достижений как раз и составляет величину  $K$  – емкость среды по отношению к некоторому виду товара или услуги.

Вычислительный эксперимент. Ниже рассмотрен вычислительный эксперимент, в основу которого положен окончательный вид модели для случая, когда  $m = 3$ :

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS_1}{dt} &= V_1 \cdot S_1 \left( 1 - \frac{S_1 + S_2 + S_3}{K} \right) \\ \frac{dS_2}{dt} &= V_2 \cdot S_2 \left( 1 - \frac{S_1 + S_2 + S_3}{K} \right) \\ \frac{dS_3}{dt} &= V_3 \cdot S_3 \left( 1 - \frac{S_1 + S_2 + S_3}{K} \right) \end{aligned} \right\},$$

$$P_j = \frac{S_j}{\sum_{j=1}^3 S_j},$$

$$\sum_{j=1}^3 P_j = 1, \tag{3}$$

$$\frac{dZ_j}{dt} = -\mu \cdot P_j,$$

$$j = \overline{1; 3}.$$

Система (3) является нелинейной системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Ее решение можно получить различными численными методами: методы Эйлера, методы Рунге-Кутты и т.д. В данном случае нет необходимости в повышенной точности: возможно использование метода Эйлера 1-го порядка точности. Кроме того, система (3) может быть исследована качественно. Качественное исследование аналогичной системы можно найти, например, в работе [5], из которой следует, что система допускает множество устойчивых решений.

На стадии вычислительного эксперимента моделирование приобретает характер имитационного моделирования. Приведем условия реализации выбранной модели.

Свойства системы (среды):

- размеры в условных линейных величинах:  $(1\ 000 \times 1\ 000)$ ;
- количество потребителей  $\times$  количество поставщиков:  $(30 \times 3)$ ;
- максимальная покупательская способность, выраженная в условных денежных единицах:  $Q_{\max} = 300$ ;
- емкость среды:  $K = 300$ .

Свойства поставщиков отражены в табл. 1.

Таблица 1

**Свойства поставщиков**

$j$	$x_j$	$y_j$	$z_j$
1	900	800	90
2	500	200	150
3	100	300	110

Свойства потребителей: на рис. 3 проиллюстрирован пример текущего состояния потребителей в выбранных границах рынка.

Параметры интегрирования:

- $t_0 = 0$ ,

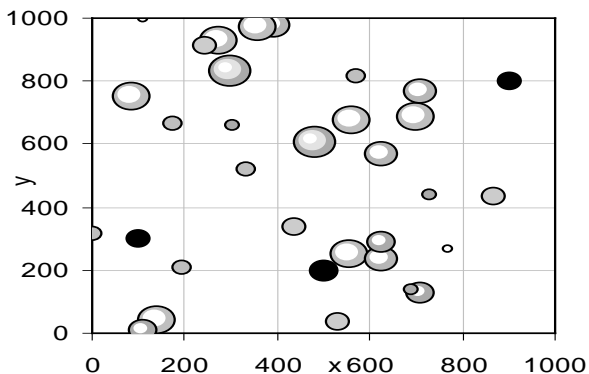


Рис. 3. Поставщики-потребители: текущее (мгновенное) состояние. Площадь круга темного цвета, соответствующая поставщику, сопоставима с ценой, установленной этим поставщиком на данный товар, площадь круга, соответствующая потребителю, сопоставима с его покупательской способностью

$$- t_{max} = 50,$$

$$- \Delta t = 1.$$

На рис. 4 отражена имитация вероятностей продаж  $V_j(t)$ .

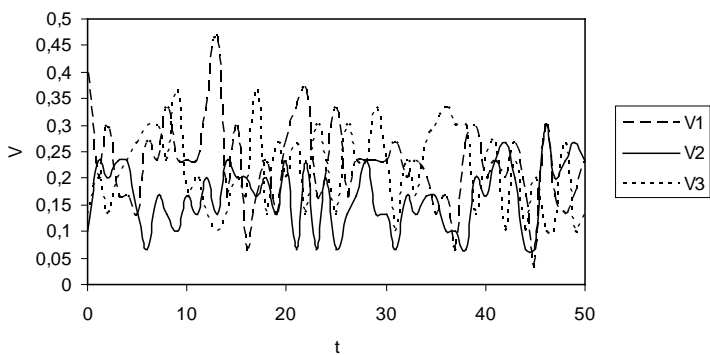
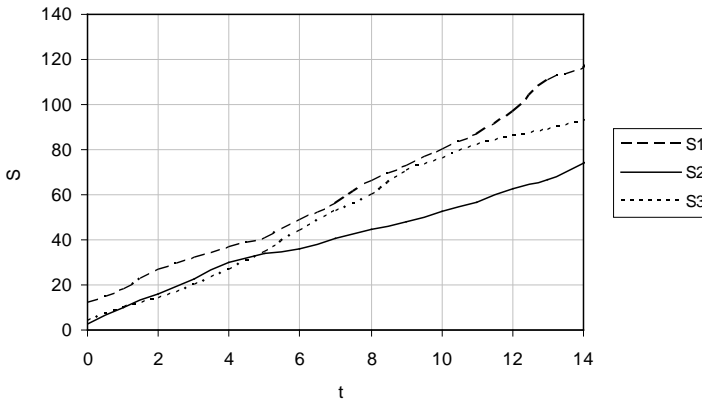


Рис. 4. Вероятности объемов продаж

Учитывая предположение, что объемы реализации не зависят от факторов конкуренции, отраженных в уравнениях (2), и основаны лишь на факторах потребительских предпочтений, можно говорить о том, что со временем динамика объемов продаж будет такой, как представлено на рис. 5. При этом примерно за 15 временных единиц совокупный объем продаж достигнет уровня емкости среды  $K$ .



*Рис. 5. Такой могла быть динамика объемов продаж при отсутствии конкуренции*

Учитывая механизм «мягкой» конкуренции, заложенный в уравнениях (2), динамика объемов продаж должна соответствовать рис. 6, 7.

Использование модели ценообразования (1), учитывая факторы «старения» и конкуренции (2) позволяет нам получить динамику цены товара (услуги), представленную на рис. 8.

При этом в уравнениях (1) нами был применен коэффициент снижения ценности товара (услуги)  $\mu = 3$ , его величина была выбрана произвольно.

Реальное фактическое снижение ценности товара в целом может и не отразиться на рыночном поведении поставщика: ценность товара сократилась, а его

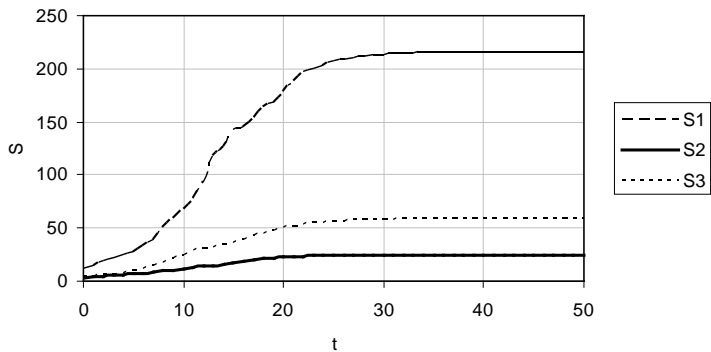


Рис. 6. Динамика объемов продаж

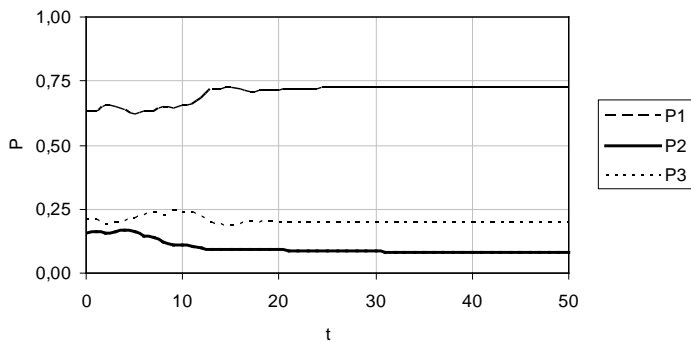


Рис. 7. Относительный объем продаж

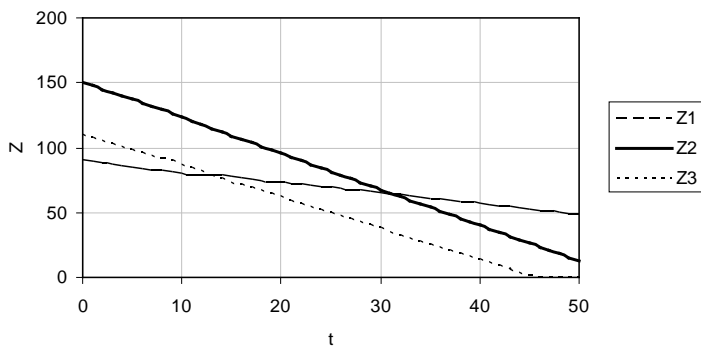


Рис. 8. Виртуальная динамика цен

стоимость находится на том же уровне. Обоснованно говорить, что такая ситуация может привести к падению объемов реализации. Возможность подобного развития событий позволяет нам назвать динамику цен виртуальной. Следующие рисунки (рис. 9, 10) иллюстрируют эту ситуацию.

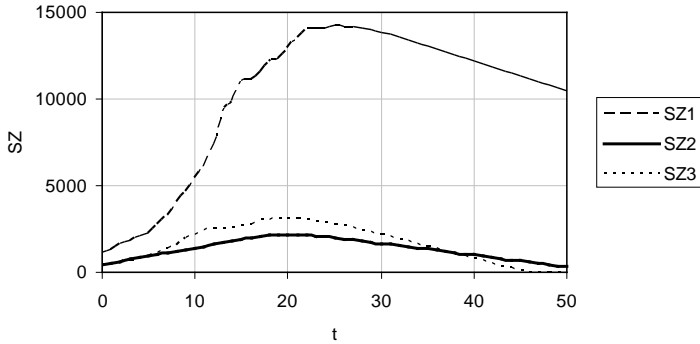


Рис. 9. Объем продаж в денежном выражении:  $S_j(t) \cdot Z_j(t)$

На рис. 10 отражена динамика объемов продаж в денежном выражении:

$$S_j(t) \cdot Z_j(t),$$

где  $S_j(t)$  — объемы продаж, определяемые уравнениями (2),

$Z_j(t)$  — цены, определяемые уравнениями (1).

Объемы продаж в денежном выражении ведут себя экстремально, переходя через максимум. Если поставщики не реагируют на снижение ценности товара, сохраняя цены неизменными, объемы продаж должны снизиться.

Спрогнозировать снижение объемов продаж можно следующим образом:

$$\frac{S_j(t) \cdot Z_j(t)}{Z_j}$$

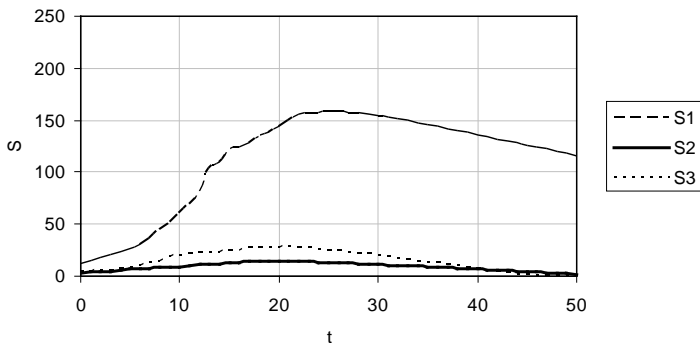


Рис. 10. Динамика объемов реализации поставщиков в ситуации отсутствия реагирования на снижение ценности товара (услуги)

где  $S_j(t)$  — объемы продаж, определяемые уравнениями (2),

$Z_j(t)$  — цены, определяемые уравнениями (1),

$Z_j$  — неизменная цена, установленная  $j$ -м поставщиком.

Иллюстрация динамики объемов продаж поставщиков случае игнорирования ими фактора снижения ценности товара (услуги) представлена на рис. 11. Из рис. 11 мы видим, что емкость среды оказалась недосяжимой. Достаточно сравнить рис. 7 и рис. 11.

Предварительный вывод. Модель, имитирующая динамику объемов продаж в условиях конкуренции, учитывает виртуальное изменение цен. Изменение цены может происходить по различным причинам:

естественный фактор физического и/или морального старения товара (услуги) может привести к падению объемов продаж;

снижение спроса может произойти по причине наличия конкурентов.

В любом случае у поставщика есть право корректировать реальную цену товара или услуги. Если



поставщик таким правом не воспользуется, то цены будут меняться виртуально, такая виртуализация цен будет реализовываться за счет снижения объемов продаж.

Замечание. Недостатком модели является неустановленный механизм расчета и выбора коэффициента естественного старения товара (услуги).

Факторы старения. Общеизвестно трактовать термин «рыночная цена на товар» в качестве цены, сложившейся при взаимодействии факторов спроса и предложения на рынке идентичных (при отсутствии – однородных) товаров в сопоставимых экономических условиях.

Определение рыночной цены продажи товаров, подверженных старению, может осуществляться различными способами. Методика определения рыночной цены для товаров различных групп и видов обоснованно должна отличаться, рыночная цена в современных условиях, в том числе, может определяться и независимыми оценщиками по применяемым ими апробированным методам.

Используя коэффициенты потери стоимости, рассмотрим возможную методику расчета рыночной цены некоего товара. Рыночная цена данного товара может быть определена следующим выражением:

$$Z_{retro} = Z_{new} \prod_{i=1}^n k_i, \quad (4)$$

где  $Z_{retro}$  – рыночная цена продажи устаревшего товара;

$Z_{new}$  – рыночная цена нового изделия такого же вида (его аналога) для данной локальной территории (например, региона) на момент продажи устаревшего товара;

$k_i$  – коэффициенты, учитывающие потери в стоимости товара по причинам функционального устаревания, длительности срока хранения, несоответствия

условиям хранения, отсутствия сертификата качества, нарушения или полного отсутствия упаковки и т.д.

При этом значение коэффициента потери в стоимости товара может варьироваться в диапазоне от нуля до единицы:  $0 \leq k_l \leq 1$ .

Например, пусть  $k_l$  — коэффициент, учитывающий физическое состояние товара (снижение потребительских свойств товара вызвано наличием повреждений, недостатков). Тогда:

$k_l = 1$  — полное отсутствие повреждений и недостатков,

$k_l < 1$  — наличие повреждений и недостатков, в целом не изменивших потребительские свойства товара,

$k_l = 0$  — наличие повреждений и недостатков, которые делают эксплуатацию товара невозможной.

Следовательно, если хотя бы один из вышерассмотренных коэффициентов  $k_l$  равен нулю, то такой товар подлежит утилизации вследствие его нулевой рыночной стоимости.

Произведем анализ рыночной цены некоторого изделия на протяжении той части его жизненного цикла, которая предшествует моменту реализации, с использованием коэффициентов (функций), учитывающих потери в стоимости.

Пример 1. Предположим, что цена реализации товара на рынке зависит от семи нижеприведенных факторов:

$$Z_{retro} = Z_{new} \prod_{l=1}^7 k_l,$$

где  $Z_{new} = 100$  [ден. единиц],

$k_1$  — коэффициент, учитывающий наличие технической документации:

$k_1 = 1$  — наличие технической документации,

$k_1 = 0,9$  — отсутствие технической документации;

$k_2$  — коэффициент, учитывающий наличие сертификатов качества, если таковые требуются для продажи товара:

$k_2 = 1$  – наличие сертификатов качества,

$k_2 = 0,9$  – отсутствие сертификатов качества;

$k_3$  – коэффициент длительности (срока) хранения:

$k_3 = 1$  – срок хранения (согласно технической документации, сертификату качества и т.п. документам) не истек,

$k_3 = 0,95$  – товар находится на складе продавца в течение 1 года после окончания срока хранения,

$k_3 = 0,9$  – товар находится на складе продавца от 1 до 3-х лет после окончания срока хранения,

$k_3 = 0,8$  – товар находится на складе продавца более 3-х лет после окончания срока хранения;

$k_4$  – коэффициент, учитывающий целостность и соответствие упаковки (в том числе тары) требованиям, оговоренным в документации на товар, стандартам и правилам:

$k_4 = 1$  – упаковка не нарушена/имеет незначительные повреждения, не оказывающие существенное влияние на товарный вид и сохранность товара,

$k_4 = 0,9$  – упаковка имеет значительные повреждения или в целом отсутствует, что привело/ может привести к потере товарного вида, снижению качества и потребительских свойств товара;

$k_5$  – коэффициент, учитывающий соответствие условий хранения товара требуемым условиям по стандартам, правилам, техническим условиям

$k_5 = 1$  – условия хранения соответствуют требуемым,

$k_5 = 0,9$  – условия хранения не соответствуют требуемым;

$k_6$  – коэффициент, учитывающий физическое состояние товара, а также наличие повреждений и недостатков, которые приводят к снижению потребительских свойств и потере товарного вида:

$k_6 = 1$  – полное отсутствие видимых повреждений и недостатков,

$k_6 = 0,9$  – наличие повреждений и недостатков, не изменяющих потребительских свойств товара,

$k_6 = 0,5$  – наличие повреждений и недостатков, существенно ограничивающих потребительские и эксплуатационные свойства товара,

$k_6 = 0$  – наличие повреждений и недостатков, делающих невозможным эксплуатацию товара по его прямому назначению;

$k_7$  – коэффициент, учитывающий рыночный спрос на товар на дату продажи:

$k_7 = 1$  – существенный спрос,

$k_7 = 0,8$  – ограниченный спрос, вызванный спецификой данного товара.

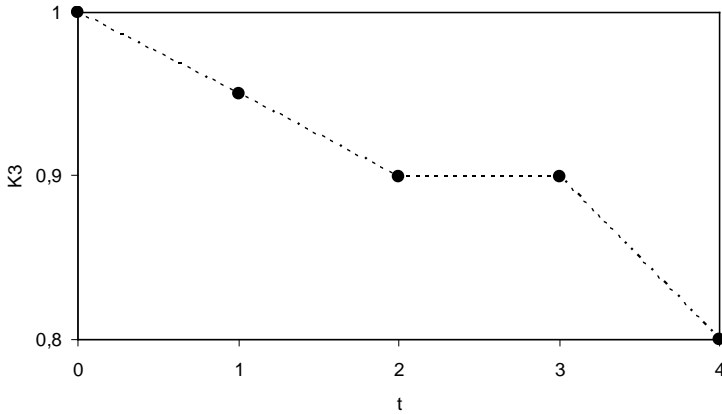
Значения коэффициентов, позволяющих учитывать потери в стоимости товара на разных этапах его жизненного цикла, приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Значения коэффициентов, учитывающих потери в стоимости товара (относительно жизненного цикла товара (до момента реализации))**

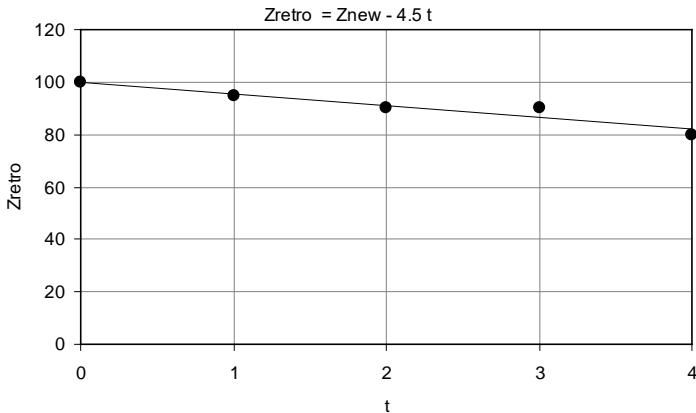
Этапы жизненного цикла, $t$ , [год]	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$Z_{retro}$
0	1	1	1	1	1	1	1	100
1	1	1	0.95	1	1	1	1	95
2	1	1	0.9	1	1	1	1	90
3	1	1	0.9	1	1	1	1	90
4	1	1	0.8	1	1	1	1	80

В табл. 2 этапы жизненного цикла товара  $t$  (до момента реализации) представлены количеством лет, прошедших после истечения его срока хранения. По данным таблицы видно, что рыночная цена продажи устаревшего товара в условиях примера 1 зависит лишь от одного фактора (коэффициента  $k_3$ ), учитывающего срок хранения товара.



*Рис. 11. Фактор, учитывающий длительность хранения изделия*

На рис. 12 точками показаны значения  $Z_{retro}$ , линия аппроксимирует динамику цены продажи изделия методом наименьших квадратов.



*Рис. 12. Динамика рыночной цены продажи изделия на различных этапах жизненного цикла (до момента реализации)*

В условиях рассмотренного примера, изменение продажной рыночной цены товара относительно разных этапов его жизненного цикла (до момента реализации) определяется линейной функцией

$$Z_{retro} = Z_{new} - \mu \cdot t,$$

где  $\mu = 4.5$  – как раз и является коэффициентом старения изделия.

Пример 2. Фактор старения может иметь сложную структуру. Исходя из условия примера 1 скорректируем динамику коэффициента  $k_{\phi}$ , который ранее нами был обозначен как учитывающий физическое состояние товара. При этом будем основываться на предположении, что данное физическое состояние во время длительного срока хранения товара претерпело изменения в силу неоднократного перемещения и изменений условий хранения. Кроме того, будем иметь ввиду фактор снижения спроса на товар по истечении двух лет после окончания срока его хранения (табл. 3). Из рис. 13 видим, что определяющее значение (в условиях примера 2) все же имеет коэффициент  $k_{\phi}$ , учитывающий физическое состояние изделия.

Таблица 3

**Значения коэффициентов, учитывающих потери в стоимости товара, на различных этапах его жизненного цикла (до момента реализации)**

Этапы жизненного цикла, $t$ , [год]	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$Z_{retro}$
0	1	1	1	1	1	1	1	100
1	1	1	0.95	1	1	1	1	95
2	1	1	0.9	1	1	0.9	0.8	64.8
3	1	1	0.9	1	1	0.5	0.8	36
4	1	1	0.8	1	1	0	0.8	0

В целом мы видим, что изменение продажной цены товара относительно разных этапов его жизненного цикла, может зависеть от фактора времени нели-

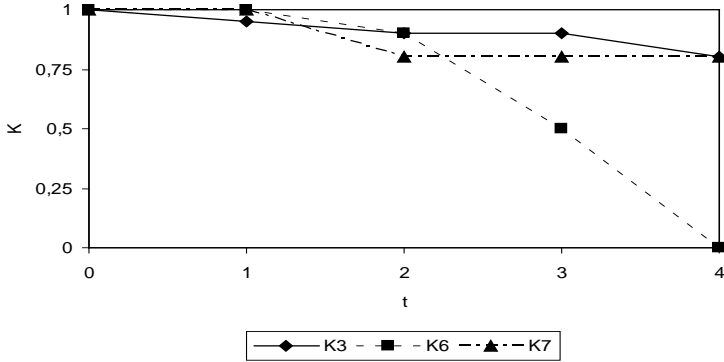


Рис. 13. Динамика факторов старения товара на различных этапах его жизненного цикла (до момента реализации)

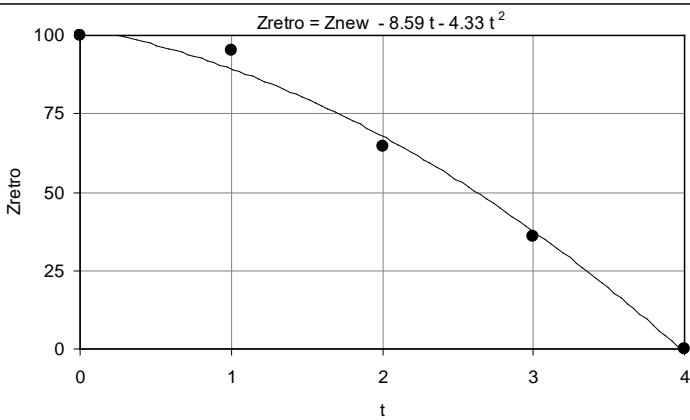


Рис. 14. Динамика рыночной цены продажи товара на различных этапах его жизненного цикла (до момента реализации)

нейно, что в отношении нашего примера будет выражено следующей моделью:

$$Z_{retro} = Z_{new} - \mu_1 t - \mu_2 t^2.$$

Функция старения является первой производной от :  $Z_{retro}(t)$

$$\mu(t) = -\mu_1 - 2\mu_2 t,$$

где  $\mu_1 = 8,59$   $\mu_2 = 4,33$ ,

В этом случае, при условии:

$$0 < P_j < 1,$$

уравнение (1) примет вид:

$$\frac{dZ_j}{dt} = (-\mu_1 - 2\mu_2 t)(1 - P_j).$$

Решение уравнения (1) для заданного  $P_j$  выглядит следующим образом:

$$Z_j(t) = Z_{0j} - (1 - P_j)(\mu_1 t + \mu_2 t^2).$$

Правомерно говорить о том, что для различных видов товаров (услуг) функции старения будут иметь различные формы, а в простейшем случае рассматриваемая нами функция старения вырождается в константу  $\mu$ .

## Заключение

В условиях существенного спроса на товар (услугу) и в силу отсутствия конкуренции поставщик может наблюдать стремительную динамику своих продаж. Подобная, весьма идеальная, ситуация приводит к отсутствию фактора потери рыночной стоимости товара (услуги). Однако реально сложившаяся экономическая ситуация приводит к необходимости учета множества факторов, оказывающих влияние на динамику объемов продаж: старение товара (услуги), конкуренция, изменение предпочтений потребителей и спроса. При этом указанные факторы находятся во взаимосвязи.

Необходимо отметить, что в использованной нами модели (3) рыночные конкурентные отношения поставщиков отражают лишь частный случай, на котором было основано настоящее исследование: «мягкий» механизм конкуренции, модификация демографиче-



ского уравнения Ферхюльста (логистического уравнения). Уравнение Ферхюльста часто эксплуатируется для описания переходных процессов различной природы. Например, Н.Д. Кондратьев в 1934 г., разрабатывая производственную функцию, изложил аналог модели Ферхюльста с целью описания динамики капитала, численности населения и технологической эволюции [1, с. 503–506]. Уравнение Ферхюльста и его модификации используются специалистами в области биологии для характеристики динамики численностей популяций биоорганизмов [2, с. 23–25; 6, с. 16].

Конечно же, не следует исключать особенности проявления других типов взаимоотношений между поставщиками. В целом методология математического моделирования предполагает использование различных принципов, обосновывающих построение модели изучаемого объекта: анализ экспериментальных фактов, использование фундаментальных законов, применение вариационных принципов, принципа аналогий (универсальности) [2, с. 11–21]. В настоящей работе как раз и был реализован принцип аналогий. Данная работа является продолжением работ [3; 4, с. 81–96]. При этом в работе [4, с. 81–96] авторами был реализован иной, вариационный, принцип построения математической модели рыночной конкуренции.

### Список использованной литературы

1. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды / Н.Д. Кондратьев. — М. : Экономика, 2002. — 767 с.
2. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. — М. : Физматлит, 2006. — 320 с.
3. Сорокин С.А. Математическое моделирование конкурентной стратегии предприятия в области ценообразования / С.А. Сорокин, Н.А. Портнова // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Экономика и финансы. — 2005. — № 1. — С. 783–788.

4. Сорокин С.А. Моделирование конкуренции поставщиков в пределах локального рынка одного товара (услуги) / С.А. Сорокин // Прикладная информатика. – 2011. – № 2 (32). – С. 81–96.

5. Сорокин С.А. Структурирование общественного производства — как результат межсекторальной конкуренции [Электронный ресурс] / С.А. Сорокин, Р.В. Треушников // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–3. – Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23389>.

6. Терехин А.Т. Модели конкуренции: динамика численности и эволюция фенотипа (пособие по компьютерному практикуму) [Электронный ресурс] / А.Т. Терехин. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – Режим доступа: <http://www.library.biophys.msu.ru/Terekhin>.

#### References

1. Kondratiev N.D. *Bolshie tsikly konyunktury i teoriya predvideniya. Izbrannyye trudy* [The Major Cycles of the Conjuncture and the Forecasting Theory. The Selected Works]. Moscow, Economics Publ., 2002. 767 p.

2. Samarskii A.A., Mikhailov A.P. *Matematicheskoe modelirovanie: Idei. Metody. Primery* [Mathematic modeling: Ideas. Methods. Examples]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2006. 320 p.

3. Sorokin S.A., Portnova N.A. Mathematic modeling of competitive strategy of an enterprise in the sphere of pricing. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo = Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*, 2005, no. 1, pp. 783–788. (In Russian).

4. Sorokin S. Modeling of a competition of suppliers within the local market of one goods (service). *Prikladnaya informatika = Journal of Applied Informatics*, 2011, no. 2 (32), pp. 81–96. (In Russian).

5. Sorokin S.A., Treushnikov R.V. Structuring of social production — as a result of cross-sectoral competition. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*, 2015, no. 2–3. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23389>. (In Russian).

6. Terekhin A.T. *Modeli konkurentsii: dinamika chislennosti i evolyutsiya fenotipa (posobie po komp'yuternomu praktikumu)* [Models of competition: population dynamics and evolution of phenotype (computer manual)]. Lomonosov Moscow State University Publ., 2002. Available at: <http://www.library.biophys.msu.ru/Terekhin>.

## Информация об авторах

*Сорокин Сергей Анатольевич* – кандидат технических наук, доцент, кафедра гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Приволжский филиал Российского государственного университета правосудия, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 17А, e-mail: sas\_rsuj\_unn@mail.ru.

*Варпаева Ирина Александровна* – кандидат экономических наук, доцент, кафедра бухгалтерского учета, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, e-mail: irinavarpaeva@mail.ru.

*Гришина Ольга Валентиновна* – кандидат экономических наук, доцент, кафедра бухгалтерского учета, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, e-mail: nkigrishina@yandex.ru.

## Authors

*Sergey A. Sorokin* – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of humanities and socio-economic disciplines, Russian State University of Justice, 17A, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603022, the Russian Federation, e-mail: sas\_rsuj\_unn@mail.ru.

*Irina A. Varpaeva* – Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Accounting, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Russian Federation, 23, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603950, the Russian Federation, e-mail: irinavarpaeva@mail.ru.

*Ol'ga V. Grishina* – Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Accounting, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 23, Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603950, the Russian Federation, e-mail: nkigrishina@yandex.ru.

## Для цитирования

Сорокин С.А. Имитационное моделирование конкурентной стратегии ценообразования / С.А. Сорокин, И.А. Варпаева, О.В. Гришина // Историко-экономические исследования. – 2019. – Т. 20, № 2. – С. 294–321. – DOI: 10.17150/2308-2488.2019.20(2).294-321.

For Citation

Sorokin S.A., Varpaeva I.A., Grishina O.V. Simulation Modeling of Competitive Strategy of Pricing. *Istoriko-ekonomicheskie issledovaniya* = *Journal of Economic History & History of Economics*, 2019, vol. 20, no. 2, pp. 294–321. DOI: 10.17150/2308-2488.2019.20(2).294-321. (In Russian).