УДК 004.942

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ «ПРОДАВЕЦ-ПОКУПАТЕЛЬ» В ТОРГОВО-ПОСРЕДНИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.С. Дулесов, В.С. Соломенников, И.А. Курынова

ГОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», г. Абакан, Республика Хакасия

Рецензент Н.П. Пучков

Ключевые слова и фразы: динамика взаимосвязи; моделирование; спрос и предложение; товарный поток; торгово-посредническая сеть; цена.

Аннотация. Предложена математическая модель динамики взаимосвязи продавца и покупателя. Полученные функции позволяют отслеживать изменения цен и объемов продаж на микрорынках торговой сети. Представлены поясняющие примеры.

В торгово-посреднических сетях цены и объемы материального потока имеют непосредственную связь через наличие спроса и предложения. Сеть моделируется в виде графа [1]: вершины – микрорынки, ветви – субъекты (или элементы), выполняющие функции продавцов и/или покупателей, а именно: производители, посредники и конечные потребители.

Движение потока (или товарных единиц) в сети связано с процессом купли-продажи. Для определения финансовых средств, затрачиваемых при перемещении (приобретении) товарных единиц между двумя рассматриваемыми микрорынками сети, вводится вещественная величина, получившая название «цена». Цена – количество затрачиваемых финансовых средств на перемещение товарной единицы из одной вершины сети в другую.

В торгово-посреднической сети должно соблюдаться равновесие (или баланс) между спросом и предложением. При условии его сохранения на определенном интервале времени можно построить систему линейных алгебраических уравнений [2], решение которой позволит определить объемы распределения товара по сети и цены на микрорынках. Чтобы рассмотреть процесс в динамике, следует построить систему линейных дифференциальных уравнений.

Дулесов А.С. – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Прикладная информатика» ХГУ им. Н.Ф. Катанова; Соломенников В.С.; Курынова И.А. – сотрудники ХГУ им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан.

Финансовый поток движется от конечных потребителей к производителям, он запасается у производителей и посредников и расходуется конечными потребителями. Тем самым предполагается, что конечный потребитель имеет финансовые средства без учета функций накопления. Речь идет о рассмотрении замкнутой торговой системе, в которую финансовые средства не поступают извне.

В сети потребляемые объемы товарных потоков и установившиеся цены представлены заданными функциями времени, в модели – приложенными к сети сигналами.

Функции и сигналы сети. Конечный потребитель рассматривается как идеализированный элемент, который, оплачивая товар, приобретает его и не продвигает далее по сети. На графе (в модели) он представляется ветвью с параметрами: проводимость – $Y = Q/p$; сопротивление (или резистивность) – $r = 1/Y = p/Q$, где p и Q – цена и объем приобретаемого товара. Финансовые средства, затрачиваемые конечным потребителем на приобретение товара: $R = p\,Q = Yp^2 = r\,Q^2$.

Потребитель формирует на рынке продукции спрос, функция которого $p = f(Q) = p_0 - a_1Q$ (рис. 1), где p_0 – начальное (при $t = 0$) значение цены на момент начала анализа поведения рынка; Q – приобретаемый (потребляемый) объем товара; $a_1 = \Delta p / \Delta Q \geq 0$ – коэффициент, характеризующий скорость изменения цены в зависимости от изменения объемов потребления товара. При $a_1 = 0$ функция спроса соответствует идеализированному состоянию рынка – чистая конкуренция, на котором цена не зависит от объемов потребления (p = const). Во всех иных ситуациях при $a_1>0$ рынок считается конкурентным (функции на рис. 1 – пунктирные линии).

Продавцы формируют на рынке предложение, функция которого $Q = f(p) = Q_0 + a_2p$ (рис. 2), где Q_0 – начальное значение объема товара; $a_2 = \Delta Q / \Delta p \geq 0$ – коэффициент, характеризующий скорость изменения объема от изменения цены, При $a_2 = 0$ функция предложения соответствует чистой монополии (Q = const), когда объемы производства и реализации товара не зависят от цены на рынке.

Рассмотрим покупателя как элемент сети, через который протекает товарный поток без потерь. Связь между потоком и ценой в элементе устанавливается на основе закона о спросе. Рост объемов приобретения товара будет приводить к снижению цены на микрорынке. Тогда связь между объемом продаж и ценой будет иметь вид

$$p = -a_1 \frac{dQ}{dt}. \qquad (1)$$

Цена покупателя определяется скоростью изменения объема приобретения товара. Если цена до момента анализа спроса $t = 0$ имела значение p_0, то будем иметь на микрорынке чистую конкуренцию.

Если задана цена, то проинтегрировав обе части (1) в пределах от $-\infty$ до t, получим, что объем в любой момент времени

$$Q = \frac{1}{a_1}\int_{-\infty}^{0} pdt - \frac{1}{a_1}\int_{0}^{t} pdt = Q(0) - \frac{1}{a_1}\int_{0}^{t} pdt. \qquad (2)$$

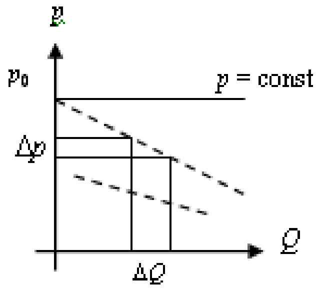


Рис. 1. Функции спроса

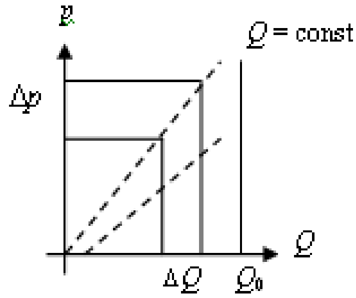


Рис. 2. Функции предложения

Здесь $Q(0)$ – начальный объем (при $t = 0$), учитывающий все процессы в элементе до момента $t = 0$. Чтобы определить объем приобретаемого товара, следует знать величины цен при $t > 0$ и объем при $t = 0$. При этом закон изменения цены (закон спроса) до момента $t = 0$ не имеет значения.

С учетом соотношения (1) финансовые средства, идущие на приобретение товара покупателем, определяются по выражению

$$R_{\text{пок}} = \int_{-\infty}^{t} a_1 Q \frac{dQ}{dt} dt = \frac{a_1 Q^2}{2}. \qquad (3)$$

Следующим элементом сети является продавец – идеализированный элемент, в котором отсутствуют потери товарного потока. Если предположить, что к данному элементу приложена цена, то через него (в соответствии с законом о предложении) будет двигаться товарный поток:

$$Q = a_2 \frac{dp}{dt}. \qquad (4)$$

Объем товара на рынке определяется скоростью изменения цены. Если она неизменна во времени, приращение объема будет равным нулю. Следовательно, до момента $t = 0$ и после него, $Q = Q(0)$, что соответствует идеализированному случаю – чистая монополия.

Проинтегрировав (4) в пределах от $-\infty$ до t, получим выражение для цены, сформировавшейся у продавца,

$$p = \frac{1}{a_2} \int_{-\infty}^{t} Q dt \frac{1}{a_2} \int_{-\infty}^{0} Q dt + \frac{1}{a_2} \int_{0}^{t} Q dt = p(0) + \frac{1}{a_2} \int_{0}^{t} Q dt, \qquad (5)$$

где $p(0)$ – начальная цена в момент $t = 0$.

Выражение (5) позволяет установить непрерывность потока партий груза через продавца. Беря во внимание соотношение (4), финансовые средства, полученные продавцом от реализации товара, равны

$$R_{\text{прод}} = \int_{-\infty}^{t} a_2 p \frac{dp}{dt} dt = \frac{a_1 p^2}{2}. \qquad (6)$$

Природа поведения покупателя и продавца дуальна, что позволяет установить соотношения между их функциями (табл. 1).

Таблица 1

Соотношения между ценой и объемами продаж

Покупатель	$p=-a_1\dfrac{dQ}{dt}$	$Q=-\dfrac{1}{a_1}\int\limits_{-\infty}^{t}pdt$	$R_{\text{пок}}=\dfrac{a_1Q^2}{2}$
Продавец	$p=\dfrac{1}{a_2}\int\limits_{-\infty}^{t}Qdt$	$Q=a_2\dfrac{dp}{dt}$	$R_{\text{прод}}=\dfrac{a_1p^2}{2}$
Конечный потребитель	$p=rQ$	$Q=Yp$	$R=Yp^2=rQ^2$

Соотношения подтверждают смену функций элемента сети, то есть покупатель может в дальнейшем стать продавцом и наоборот.

Анализ простейших динамических цепей. Простейшие цепи первого порядка (продавец – конечный потребитель, пассивный продавец – покупатель (посредник)) описываются линейными интегро-дифференциальными уравнениями. Для их составления требуются уравнения элементов (см. табл. 1) и уравнения соединений, зависящие только от геометрической конфигурации и способов соединения элементов цепи. Уравнения соединений составляются на основе законов сохранения материального потока в узле сети и сохранения стоимости товара [1].

Первый закон дает уравнение равновесия объемов в узле цепи

$$\sum\pm Q_k=0\,, \tag{7}$$

где k – порядковый номер элемента в цепи.

Второй закон дает уравнение равновесия цен в контуре цепи

$$\sum\pm p_k=0\,. \tag{8}$$

Знак объема и цены определяется выбором обхода контура сети.

Цепь «продавец – конечный потребитель» моделирует связь продавца и покупателя, соединенных последовательно через микрорынок. Покупатель считается пассивным элементом (с параметрами, постоянными во времени). Микрорынок относится к рынку продавца и характеризуется предложением, функция которого $p_S=f_1(Q,t)$.

Для данной цепи полагаем, что неизвестное начальное условие (при $t=0$) задается величиной цены продавца $p_{\text{прод}}(0)=p_0$, а цепь – $p_0(t)$. Так как цепь моделирует последовательную связь из двух элементов, то согласно (8) $p_{\text{прод}}+p_{\text{кон. потр}}=p_0(t)$ $(t>0)$.

Используя уравнения элементов, получим

$$\frac{1}{a_2}\int\limits_0^t Qdt+rQ=p_0(t),\qquad t>0. \tag{9}$$

В силу непрерывности процесса предложения товара, для продавца должно сохраняться условие $Q_{\text{прод}}(0-)=Q_{\text{прод}}(0+)=Q_0$.

Согласно теории линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, решение неоднородного уравнения $Q=Q_{\text{св}}+Q_{\text{в}}$, где $Q_{св}$ и $Q_{в}$ – соответственно, свободная и вынужденная составляющие уравнения.

Свободная составляющая является решением при отсутствии в цепи факторов, влияющих на продвижение товара по сети. В данном случае связь «продавец – конечный потребитель» свободна от внешних воздействий, так что реакция на микрорынке будет определяться только параметрами элементов цепи и начальными условиями. Движение (изменение) объема продаж товара и цены на него возможно только за счет ранее запасенного товара у продавца и финансовых средств, принадлежащих покупателю.

Для выражения (9) однородное уравнение и соответствующее ему характеристическое уравнение имеют первый порядок:

$$\frac{1}{a_2}\int_0^t Q_{св}dt + rQ_{св} = 0; \quad 1 + a_2 r\lambda = 0, \tag{10}$$

где λ – коэффициент (корень) характеристического уравнения, $\lambda = \lambda_1 = -1/a_2 r = -1/\tau$, $\tau = a_2 r$ – постоянная времени затухания свободной составляющей

$$Q_{св} = A\mathrm{e}^{\lambda \cdot t} = A\mathrm{e}^{-t/\tau}. \tag{11}$$

Постоянную времени можно определить как $\tau = \frac{\Delta Q}{\Delta p}\frac{p}{Q}$, где $a_2 = \Delta Q/\Delta p$, $r = p/Q$. Таким образом, $\tau = E_S$ – коэффициент эластичности предложения. Если $E_S > 1$, то предложение является эластичным по цене p, при $E_S < 1$ – не эластичное по p. Выражение (11) можно переписать в виде: $Q_{св} = A\mathrm{e}^{-t/E_S}$.

Вынужденная составляющая является частным решением неоднородного уравнения. Вид решения зависит от правой части уравнения, то есть от вида, приложенного к цепи сигнала (импульса величины объема или цены). В реальной торговой сети сигналы могут иметь различную форму и меняться во времени. Для простых сигналов – постоянных, циклически изменяющихся и экспоненциальных, вид решения подобен правой части уравнения цепи. Решения сводится к подстановке в уравнение принятой функции с неизвестными коэффициентами, которые определяются из приравнивания левой и правой частей уравнения. Если подставить в уравнение вынужденную (установившуюся) составляющую в виде постоянной величины, все производные обращаются в нуль. В обеих частях уравнения появляются постоянные величины и можно определить установившуюся составляющую.

Рассматривая уравнение (9) в качестве фактора, влияющего на продвижение товара по цепи, можно принять цену $p_0(t) = p_у$, где $p_у$ – установившееся значение цены. Обратившись к формуле (11), в которой постоянная интегрирования A соответствует переменной Q_0, получим ее из уравнения цепи по заданному начальному условию для цен (при $t = 0$) из (9):

$$p_0 + rQ_0 = p_у; \quad Q_0 = (p_у - p_0)/r. \tag{12}$$

Тогда свободная составляющая будет равна

$$Q_{св} = A e^{-t/\tau} = \frac{p_у - p_0}{r} e^{-t/E_S}, \qquad (13)$$

где $A = (p_у - p_0)/r$ – значение постоянной интегрирования, удовлетворяющее начальному условию.

Найти $Q_у$ сложнее, чем $Q_{св}$, так как в (9) независимое начальное условие задано в виде непрерывного значения цены продавца $p_{прод}(0) = p_0$, а переменной является величина объема товара $Q_0 = Q_{прод}(0)$. Если $Q_{прод}(0)$ не задано, то в момент включения элемента (продавца) в цепь $Q_{прод}$ может испытывать скачки. Поэтому необходимы дополнительные вычисления зависимого начального условия. Тогда в качестве естественной переменной выбирается цена продавца. Уравнение цены продавца записывается через выражение $Q = a_2 \frac{dp}{dt}$ и согласно (9):

$$p_{прод} + r a_2 \frac{dp_{прод}}{dt} = p_у; \quad p_{прод}(0) = p_0, \quad Q > 0. \qquad (14)$$

Корни характеристического уравнения совпадают с (10), так как цепь та же. Установившееся значение цены продавца, как следует из (14), $p_{прод} = p_у$. Поэтому $p_{прод} = p_у + A e^{-t/E_S}$.

Постоянная интегрирования при $t = 0$, $A = p_0 - p_у$, а цена продавца:

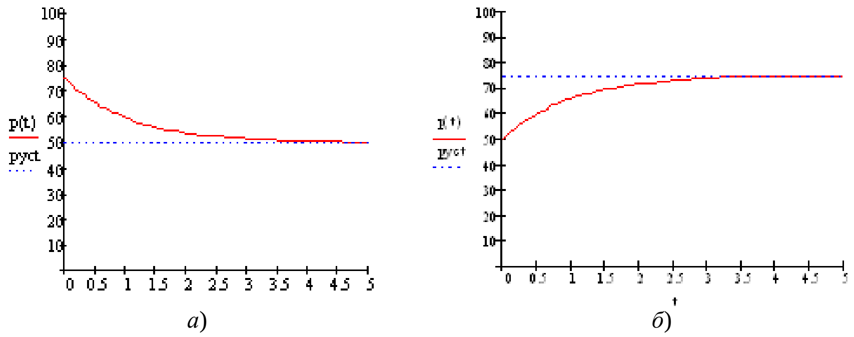
$$p_{прод} = p_у + \left(p_0 - p_у\right) e^{-t/E_S};$$

$$p_{прод} = p_0 e^{-t/E_S} + p_у \left(1 - e^{-t/E_S}\right). \qquad (15)$$

В (15) коэффициент эластичности $E_S = \frac{Q_0 - Q_у}{p_0 - p_у} \cdot \frac{p_у}{Q_у}$.

Роль свободной составляющей в (15) заключается в устранении возможного скачка цены у продавца, если разность между начальным и установившемся значениями $p_0 - p_у \neq 0$.

Пример 1. Начальные значения: объема продаж Q_0 = 150 ед.; цены p_0 = 75 ед. Установившиеся значения: цена продавца – $p_у$ = 50 ед.; объем реализации – $Q_у$ = 100 ед. Определим: значение проводимости $Y = Q_у/p_у$ = = 100/50 = 2,0; значение резистивности $r = 1/Y$ = 0,5; постоянная времени затухания (эластичность) E_S = 1,0. Значение реакции принимается $p_0 > p_у$. Согласно (15), решение в графическом виде представлено на рис. 3.



а) *б*)

Рис. 3. Экспоненциальная зависимость цены продавца во времени:
а – при $A > 0$; *б* – при $A < 0$

Свяжем первое выражение (15) с функцией предложения $p_S = f_1(Q,t)$. Во-первых, если продавец характеризуется высокой проводимостью потока $Y_{\text{прод}} >> 0$, то коэффициент a_2 в $p_S = f_1(Q,t)$ будет иметь малую величину, а E_S близок к нулю. При этом функция предложения (при Q = const) описывает микрорынок, на котором присутствует монополия продавца (см. рис. 2). Применив (15), можно видеть, что на данном рынке величина $p_{\text{прод}}$ за малый промежуток времени достигнет значения $p_{\text{у}}$. Это свидетельствует о практически неограниченных возможностях продавца, способного быстро довести цену до установившегося значения. Во-вторых, при малой величине проводимости $Y_{\text{прод}}$ (характерной для фирм относящихся к малому бизнесу), коэффициенты $a_2 >> 0$, $E_S >> 0$. Функция предложения (p_S = const) отвечает условиям существования чистой конкуренции продавца. На данном микрорынке продавцу требуется гораздо больше времени для доведения цены до $p_{\text{у}}$, поскольку из-за малых объемов реализации товара он не способен повлиять на конечного потребителя.

Цепь «пассивный продавец – покупатель (посредник)» объединяет микрорынок, на котором доминирует покупатель, формируя спрос на товар, функция которого $p_D = f_2(Q, t)$. Продавец является пассивным элементом цепи, то есть характеризуется параметрами, постоянными во времени.

Используя уравнение $p_{\text{пас. прод}} + p_{\text{пок}} = p_0(t)$ $(t > 0)$, включив в него уравнение пассивного продавца $p_{\text{пас. прод}} = rQ$ и покупателя $p = -a_1\dfrac{dQ}{dt}$, будем иметь:

$$rQ - a_1\frac{dQ}{dt} = p_0(t), \quad t > 0. \tag{16}$$

Для данного уравнения получим: $rQ_{\text{св}} - a_1\dfrac{dQ_{\text{св}}}{dt} = 0$; $r - a_1\lambda = 0$. Единственный корень характеристического уравнения $\lambda = \lambda_1 = r / a_1 = 1/\tau$, где $\tau = a_1 / r = a_1 Y$ – постоянная времени цепи, которая позволяет определить свободную составляющую

$$Q_{\text{св}} = Ae^{\lambda t} = Ae^{t/\tau}. \tag{17}$$

Постоянная времени $\tau = a_1 Y = \dfrac{\Delta p}{\Delta Q}\cdot\dfrac{Q}{p} = \dfrac{p_0 - p_{\text{у}}}{Q_0 - Q_{\text{у}}}\cdot\dfrac{Q_{\text{у}}}{p_{\text{у}}} = E_D$ – коэффициент эластичности спроса по Q. Тогда (17) запишем как $Q_{\text{св}} = Ae^{t/E_D}$.

Возвращаясь к (16), определим $Q_{\text{у}}$, приняв в качестве фактора, воздействующего на перемещение товара по цепи, цену $p_0(t) = p_{\text{у}}$. Тогда

$$rQ_{\text{у}} - a_1\frac{dQ_{\text{у}}}{dt} = p_{\text{у}}. \tag{18}$$

Приравняв в (18) производную нулю, при $r = p_{\text{у}}/Q_{\text{у}}$, получим выражение

$$Q_{\text{у}} = p_{\text{у}}/r. \tag{19}$$

В установившемся режиме ($Q_{\text{у}}$ = const) цена покупателя принимается равной нулю, а величина объема продаж $Q_{\text{у}}$ согласно (19).

Искомое значение объема продаж будет равно сумме (17) и (19):

$$Q_{\text{пок}} = Q_{\text{у}} + Q_{\text{св}} = Q_{\text{у}} + Ae^{t/E_D}, \quad t > 0. \tag{20}$$

Постоянная интегрирования (при $t = 0$): $Q(0) = Q_{\text{у}} + Q_{\text{св}} = Q_{\text{у}} + A$. Отсюда начальное значение свободной составляющей

$$Q_{\text{св}}(0) = Q(0) - Q_{\text{у}}(0), \qquad A = Q_0 - Q_{\text{у}}. \tag{21}$$

Подставив в (20) значение A из (21), будем иметь

$$Q_{\text{пок}} = Q_{\text{у}} + \left(Q_0 - Q_{\text{у}}\right)e^{t/E_D}, \quad t > 0. \tag{22}$$

Решение (22) в графическом виде совпадает с решением выражения (15) (см. рис. 3), является устойчивым, так как $E_D < 0$.

Рассматривая связь функции спроса на микрорынке $p_D = f_2(Q, t)$ с выражением (22), отметим следующее: 1) для крупного покупателя (посредника), обладающего $Y_{\text{пок}} >> 0$ (с малыми значениями a_1 и E_D), спрос по объему продаж не эластичен. Такой покупатель является монополистом в приобретении товара (p_D= const) и для достижения объемов покупки $Q_{\text{пок}}$ до $Q_{\text{у}}$ ему требуется незначительное время; 2) если покупатель обладает малой величиной проводимости $Y_{\text{пок}}$, коэффициенты $a_1 >> 0$ и $E_D >> 0$, а функция спроса (Q = const) характеризует микрорынок как рынок чистой конкуренции среди покупателей. На данном микрорынке покупателю требуется значительное время для доведения объемов продаж до установившегося значения.

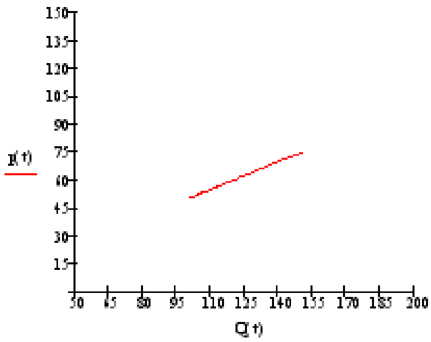
В сети возможно моделировать связь «продавец – покупатель» в виде параллельной цепи «*продавец – конечный потребитель*» и параллельной цепи – «*покупатель – конечный потребитель*». Такие соединения элементов встречаются редко, тем не менее, проанализируем их с целью возможного изменения объема и цены во времени.

Каждая из параллельных цепей имеет один микрорынок и в качестве переменной можно выбрать цену, совпадающую с ценой всех параллельно задействованных элементов. Для цепи «продавец – конечный потребитель» цена соответствует заданию начального условия $p_{\text{прод}}(0) = p_0$. При рассмотрении цепи «покупатель – конечный потребитель» удобнее принять за переменную объем продаж и принять в качестве начального условия $Q_{\text{пок}}(0) = Q_0$. Цену покупки можно найти дифференцированием выражения определения объема.

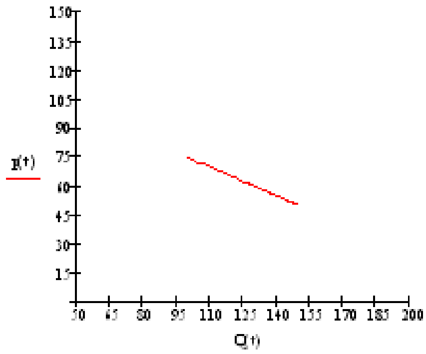
Используя условия непрерывности выбранных переменных, установим процесс изменения цены продавца в цепи «продавец – конечный потребитель» и объема товара приобретенного покупателем в цепи «покупатель – конечный потребитель».

Для параллельной цепи «продавец – конечный потребитель» цена $p_{\text{прод}}(0) = p_0$. При $t = \infty$ реализуется товар в объеме $Q_{\text{прод}}$ = const. Тогда цена продавца в установившемся режиме $p_{\text{у}} = rQ$. Свободная составляющая указывает на изменение цены между p_0 и $p_{\text{у}}$ по экспоненте. Тогда цену продавца можно будет определить по выражению (15).

Рассуждая по аналогии с вышеизложенным, для параллельной цепи «покупатель – конечный потребитель» получим: объем приобретения то-



а)



б)

Рис. 4. Функции:
а – предложения; *б* – спроса

вара покупателем – $Q_{пок}(0) = Q_0$, а установившееся значение объема покупки равно установившемуся значению $Q_у$. Следовательно, объем приобретения товара покупателем определяется по (22).

Построение функций спроса и предложения. Выражения (15) и (22) позволяют строить функции предложения $p_S= f_1(Q, t)$ и спроса $p_D = f_2(Q, t)$.

Построение функции предложения для последовательной цепи «продавец – конечный потребитель» требует решения двух уравнений. Первое из них – уравнение (15), второе – подлежит построению. Для этого согласно (8), $p_{прод} + p_{кон.\ потр} = p_0(0)$. В уравнении (9) величину внешнего воздействия $p_0(0)$ зададим в качестве начального условия, конечный потребитель описывается величиной Q, а продавец – величиной $p_у$. Тогда $p_у + rQ = p_0$, из которого $Q_у = (p_0 – p_у)/r = Q_0 – Q_у$. Далее окончательно получим уравнение объема реализации товаров цепи

$$Q_{прод} = Q_у + \left(Q_0 - Q_у\right) e^{-t/E_S}\ . \qquad (23)$$

Имея (15) и (23), исходные данные примера 1, функция предложения будет иметь линейную форму, представленную на рис. 4, *а*.

По аналогии для цепи «пассивный продавец – покупатель (посредник)» строится функция спроса. Выражения для определения $Q_{пок}$ и $p_{пок}$: выражение (22); $p_{пок} = p_у + (p_0 – p_у)\, e^{t/E_D}$. Функция спроса, например, при значениях $p_0 = 75$ ед., $p_y = 50$ ед., $Q_0 = 100$ ед., $Q_y = 150$ ед. имеет вид, показанный на рис. 4, *б*. Эластичность спроса $E_D = –1{,}5$.

Полученные выражения динамики цепей, состоящие из последовательного соединения элементов торговой сети, позволяют анализировать изменения параметров на микрорынке во времени.

Список литературы

1. Дулесов, А.С. Упрощенная модель торговой системы рынка одного продукта /А. С. Дулесов // Информационные технологии. – 2005. – №11. – С. 56–60.

2. Дулесов, А.С. Линейные пассивные цепи торговой системы / А.С. Дулесов // Проблемы информатизации региона. ПИР-2005. Материалы девятой Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск : Т. 2. – 2005. – С. 88–92.

3. Дулесов, А.С. Моделирование и управление динамикой структуры систем ценологического типа / А.С. Дулесов, Д.А. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2007. – Том 2, № 4(10). – С. 223–229.

Dynamics Analysis of «Seller-Buyer» Interactions in the Trade-Commerce Network

A.S. Dulesov, V.S. Solomennikov, I.A. Kurynova

The Khakas State University named after N.F. Katanov, Abakan, The Khakas Republic

Key words and phrases: interaction dynamics; model; demand and supply; goods flow; trade-commerce network; price.

Abstract: The mathematical model of seller-buyer interaction is proposed. The produced functions allow tracking the changes of prices and sales turnover in the trade networks of micro-markets. The examples are given.
