

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЫНОЧНЫХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЦЕН

Дулесов А.С., Курьнова И.А.

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Россия, e-mail: dulesov@khsu.ru, kuirina@mail.ru

Дано обоснование влияния рыночных и этнокультурных факторов на устойчивое состояние торгово-посреднических систем. В качестве элемента данной системы рассматривается поведение подсистемы «продавец – покупатель». Предложена математическая модель динамики цен и объёмов продаж, проведены расчеты коэффициентов, позволяющих охарактеризовать субъекты торговой сети и учесть их потенциальные возможности в продвижении товара. Представлены примеры расчетов.

Работа выполнена в рамках проекта Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

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

THE ANALYSIS OF MARKET FACTORS INFLUENCE ON STEADY BEHAVIOUR OF THE PRICES

Dulesov A. S., Kurynova I.A.

Khakas State University named after N.F.Katanov, Abakan, Russia, e-mail: dulesov@khsu.ru, kuirina@mail.ru

The substantiation of market influence and ethnocultural factors on a steady condition trading-intermediary systems is given. The behaviour of a subsystem "seller-buyer" is considered as an element of the given system. The mathematical model of dynamics of the prices and sales volumes is offered, calculations of the factors allowing to characterise subjects of a trading network and to consider their potential possibilities in goods advancement are carried out. Explaining examples are presented.

The research was carried out as part of the Federal purpose program project «Scientific and scientifically-pedagogical specialists of innovative Russia» for 2009-2013.

Key words: trade-commerce network; demand and supply; interaction dynamics; price; modelling.

Введение. В основе функционирования любой экономической системы лежат действия различных экономических субъектов, от отдельных людей и домохозяйств до предприятий, регионов, отдельных стран. В рамках экономической системы ее участники вступают во взаимодействия, обладая разными целями и предпочтениями. Поэтому на всем протяжении развития экономической науки исследователями разрабатывались модели и теории того, как взаимодействуют или должны взаимодействовать экономические субъекты. Современные рыночные отношения затрагивают вопросы производства, распределения и сбыта товаров.

Движение товара от производителя к потребителю становится таким сложным, что не может поддерживаться только производителями. Появляются разветвлённые посреднические сети, которые можно представлять в виде связанных конечных ориентированных графов. Структура этих сетей играет решающую роль в определении того, какие именно товары будут предлагаться на том или ином рынке, то есть конкурентоспособность товаров и объёмы потребления в различных регионах.

Региональный потребительский рынок – сложная пространственно-экономическая система, состоящая из многочисленных элементов и связей между ними, поэтому изучение этого рынка предполагает анализ закономерностей и факторов, определяющих его формирование и развитие, комплексное рассмотрение всех аспектов рынка [5]. Цены на региональном потребительском рынке существенно различаются в пространстве, что

обусловлено влиянием системы региональных факторов. Одним из таких существенных факторов является этнокультурный потенциал.

При рассмотрении конкурентоспособности с позиции этнокультурного потенциала сибирских регионов необходим комплексный подход в исследовании потребительского рынка. В частности, востребованы решения, направленные на изучение территориальной структуры спроса и предложения товаров и услуг, определение объемов поставок через посредников и цен в конкретных территориальных зонах.

Развитие регионального потребительского рынка Сибири связано с изменениями и структурными сдвигами в потреблении и торговле под влиянием научно-технического прогресса, информатизации общества, этнокультурного фактора торговли потребительскими товарами, а также изменениями в пространственной организации потребительского рынка. Этнокультурная составляющая повышения конкурентоспособности региона является неотъемлемой частью анализа потребительского рынка Сибири, представляющего собой совокупность фирм, вовлеченных в куплю-продажу потребительских товаров в пределах определенной рыночной зоны. Потребительский рынок сибирского региона, имеющий огромную географическую территорию с невысокой плотностью населения, включает в себя фирмы, которые осуществляют торгово-посредническую деятельность, хранение, транспортировку, реализацию товаров, страхование и др. При этом он имеет систему прямых, обратных и комбинированных связей, обеспечивающих потоки товарных, финансовых, информационных ресурсов, осуществление переговоров, заказов и платежей и др. Все эти аспекты функционирования рынка накладывают отпечаток на пути решения задачи продвижения товаров.

Поэтому задача анализа и учёта продвижения по торговым сетям товаров и донесения их до конечного потребителя приобретает существенное значение. Актуальность работ в данном направлении подтверждается востребованностью в разработке и применении различных математических моделей. Последние позволили бы оценить динамику процесса купли-продажи, выявить реакции поведения системы «покупатель – продавец» к воздействию неустойчивых параметров, таких как цена, объём продаж.

Далее предлагается к рассмотрению созданная на основе обыкновенных дифференциальных уравнений математическая модель, описывающая взаимосвязи и устойчивое поведение подсистемы «покупатель – продавец», входящей в торгово-посредническую систему.

Системность закономерностей протекания тока в электрической цепи послужила стартовым моментом в исследовании распределения товарных потоков. Постановка задачи исследования системы «продавец – покупатель» представлена в работах [1–3], где установлено соответствие между закономерностями продвижения товара в торгово-посреднической сети и законами Ома и Кирхгофа в электрических цепях, между силой взаимодействия двух микрорынков и законом тяготения Ньютона. Эти соотношения предоставляют возможность анализировать значения параметров микрорынка торговой системы, рассматривая её как структуру, состоящую из цепей последовательно или параллельно соединённых элементов.

Торговая система однопродуктового рынка представима в виде сети, включающей в себя такие субъекты (элементы), как продавцы, посредники и конечные потребители. Движение товара происходит от производителя (продавца) к потребителю (покупателю) без учёта потерь при доставке под воздействием основных рыночных факторов: спроса, предложения. Объём продукта, произведённого в рынке, равен объёму потребления.

Исходя из гипотезы общности законов экономических и физических процессов, уравнения соединения элементов между собой составляются на основе законов сохранения материального потока в узле сети, сохранения стоимости, спроса и предложения, Ома и Кирхгофа.

Потоковые процессы в сети можно рассматривать в статике и динамике. Для моделирования динамической модели выбирается такой инструмент, как обыкновенные дифференциальные уравнения. Решая их, можно определять цены в узлах торговой сети и объёмы товара, протекающего по ветвям, исследовать устойчивость взаимосвязи покупателя и продавца.

Проблема равновесия, устойчивости, существования устойчивого равновесия потоковых процессов является ключевой при анализе различного вида систем. Экономические теории исследуют (с применением математического аппарата) состояния равновесия экономических систем и ограничиваются высказываниями, когда речь заходит о кризисах и прочих неустойчивых состояниях в экономике. Известно, что цены не находятся в равновесии, а постоянно совершают колебания. В то же время колебательное движение происходит не произвольно, а вокруг этой самой неустойчивой равновесной точки, следовательно, само движение является устойчивым [4].

Рассмотрим приложение теории обыкновенных дифференциальных уравнений к задаче описания вышеупомянутых экономических процессов.

Модель функционирования подсистемы «продавец – покупатель» сети реализации топлива в республике Хакасия

Рынок топлива выбран в качестве объекта, удобного для приложения предлагаемой модели. Пространственно-временные масштабы его существования позволяют рассматривать систему как непрерывную проводящую среду с устанавливающимися потоками при $t \rightarrow \infty$.

Ежедневные изменения объёмов продаж бензина зависят от различных событий: праздничные и выходные дни, климатический и сезонный фактор, объём закупок, цена и динамика переработки нефти, психологические особенности поведения людей, этнокультурное состояние общества и др. Эти факторы учитываются при вычислении коэффициентов, которые позволяют охарактеризовать субъекты торговой сети и учесть их потенциальные возможности в продвижении товара.

Моделирование проводилось с использованием аналитических методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений и численных методов, с помощью программ Mathcad и Matlab.

Предложим к рассмотрению подсистемы: 1) «продавец – конечный потребитель»; 2) «продавец – покупатель (посредник)»; 3) «посредник – конечный потребитель».

Рассмотрим цепь, входящую в структуру сети и состоящую из последовательно соединённых элементов «продавец – конечный потребитель», которую можно описать системой (1) обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами через функции объёма $Q(t)$ и цены $p(t)$

$$\begin{cases} \frac{1}{a_2} Q(t) + \frac{1}{R} Q'(t) = Q_0(t) \\ \frac{1}{a_2} p(t) + \frac{1}{R} p'(t) = p_0(t) \end{cases}, \quad (1)$$

с начальными условиями $Q(0)=Q_0, p(0)=p_0$.

Для данной цепи покажем реализацию решения системы (1). На основе статистических данных (табл. 1), рассматривая увеличение цены продаж с 6 по 8 неделю на 0,5 руб., принимаются следующие значения начальных условий: $p_0 = 19,00$ руб., $p_y = 19,50$ руб., $Q_0 = 1602,55$ л, $Q_y = 1642,50$ л. Определяются коэффициенты: 1) характеризующий скорость изменения объёма от изменения цены: $a_2 = \frac{Q_0 - Q_y}{p_0 - p_y} = 79,902 > 0$;

2) эластичности предложения по цене: $E_s = \frac{Q_0 - Q_y}{p_0 - p_y} \cdot \frac{p_y}{Q_y} = 0,949 > 0$; 3) проводимости

товара по цепи: $R = \frac{Q_y}{P_y} = 84,23$. При шаге моделирования $\Delta t_1 = 1$ нед., время переходного процесса составило $T = 10$ нед.

Таблица 1 – Моделирование подсистемы «продавец – конечный потребитель»

i	$\Delta t_{1,i}$, нед.	Цена p_i , руб.	Объём продаж Q_i , л	Модельн. значения, $P_{i,mod}$, руб.	Относит. погрешн. $\partial_{p,i}$, %	Модельн. значения, $Q_{i,mod}$, л	Относит. погрешн. $\partial_{Q,i}$, %
0	6	19,00	1602,55	19,00		1602,55	
1	7	19,36	1718,75	19,326	0,176	1628,58	5,25
2	8	19,50	1617,80	19,439	0,313	1637,65	1,23
3	9	19,50	1560,28	19,479	0,108	1640,81	5,16
4	10	19,50	1597,55	19,493	0,036	1641,91	2,78
5	11	19,50	1452,55	19,497	0,015	1642,30	11,37
6	12	19,50	1395,41	19,499	0,005	1642,43	13,07
7	13	19,50	1544,46	19,50	0	1642,48	6,35

Для оценки точности математической модели, то есть степени совпадения значений выходных параметров реального объекта и значений тех же параметров, рассчитанных с помощью модели, использовалась относительная погрешность модели:

$$\delta = \max_{i=1..7} \delta_i = \max_{i=1..7} \left\{ \frac{|P_{i,mod} - P_i|}{P_i}, \frac{|Q_{i,mod} - Q_i|}{Q_i} \right\}, \Rightarrow \delta = 13,07 \%$$

Возможное время моделирования $i = 7$, так как по действительным данным при $i = 8$ происходит изменение цены.

При изменении цены продавца в процессе купли-продажи наблюдается движение к устойчивому состоянию (рис. 1), где пунктирной линией указаны действительные данные, сплошной – модельные значения. Значения $Q_0 < Q_y$ и $P_0 < P_y$, следовательно, функции цены и объёма возрастают до установившихся значений.

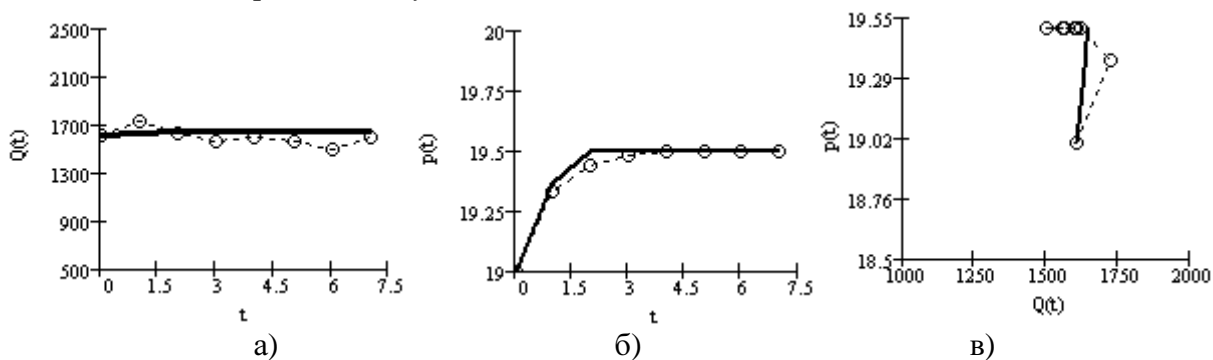


Рис. 1. Изменения функций во времени:
 а) цены $P(t)$; б) объёма $Q(t)$; в) на плоскости $(Q(t), P(t))$.

Если возможности продавца обеспечивают высокую проводимостью товарного потока $R \gg 0$ и коэффициент a_2 в функции предложения $p_s(Q, t) = p_y + \frac{P_0 - P_y}{Q_0 - Q_y} \cdot (Q(t) - Q_y)$

будет иметь малую величину, то коэффициент эластичности E_S близок к нулю. При этом функция предложения описывает микрорынок, на котором присутствует монополия продавца. На рассматриваемом рынке функция $p(t)$ достигнет значения p_y за малый промежуток времени. Это свидетельствует о практически неограниченных возможностях продавца, способного быстро довести цену до установившегося (желаемого) значения.

При малой величине проводимости R (характерной для фирм, относящихся к малому бизнесу) и $a_2 \gg 0$, $\Rightarrow E_S \gg 0$. Функция предложения отвечает условиям существования чистой конкуренции продавца. На данном микрорынке продавцу требуется

гораздо больше времени для доведения цены до p_y , поскольку из-за малых объемов реализации товара он не способен повлиять на конечного потребителя.

Рассмотрим цепь при последовательном соединении «продавец – покупатель (посредник)», которая описывается системой (2) обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами:

$$\begin{cases} rQ(t) + a_1 Q'(t) = Q_0(t) \\ rp(t) + a_1 p'(t) = p_0(t) \end{cases}, \quad (2)$$

с начальными условиями $Q(0) = Q_0$, $p(0) = p_0$.

Рассматривая уменьшение цены продаж с 4 на 5 неделю (табл. 2) на 0,073 руб., принимаются следующие значения: 1) начальные данные $p_0 = 13,358$ руб., $p_y = 13,285$ руб., $Q_0 = 33620,0$ л., $Q_y = 36900,5$ л; 2) коэффициент, характеризующий скорость изменения цены от изменения объёмов потребления: $a_1 = \frac{p_0 - p_y}{Q_0 - Q_y} = 0,000022 > 0$; 3) коэффициент

эластичности спроса по цене: $E_D = \frac{p_0 - p_y}{Q_0 - Q_y} \cdot \frac{Q_y}{p_y} = 0,0618 > 0$; 4) коэффициент

резистивности: $r = \frac{1}{R} = \frac{p_y}{Q_y} = 0,00037$.

Таблица 2 – Моделирование подсистемы «продавец – покупатель (посредник)»

i	Δt_i , нед.	Цена p_i , руб.	Объём продаж Q_i , л	Модельные значения, $Q_{i, \text{мод}}$, л	Относит. погрешность $\delta_{Q,i}$, %
0	4	13,358	33620,00	33620,0	0
1	5	13,285	36610,78	36900,5	0,79
2	6	13,285	43520,00	36900,5	15,21
3	7	13,285	32200,00	36900,5	14,60
4	8	13,285	36610,00	36900,5	0,79

При шаге моделирования $\Delta t_1 = 1$ нед., время переходного процесса составило $T = 1$ нед., относительная погрешность модельных значений $\delta = 15,21\%$ при возможном времени моделирования $i = 4$.

При изменении цены в подсистеме «продавец – покупатель (посредник)» наблюдается движение к устойчивому состоянию (рис. 2), где пунктирной линией указаны действительные данные, сплошной – модельные значения. Значения $p_0 > p_y$ и $Q_0 < Q_y$, поэтому, функция $p(t)$ убывает, а функция $Q(t)$ возрастает до соответствующих установившихся значений.

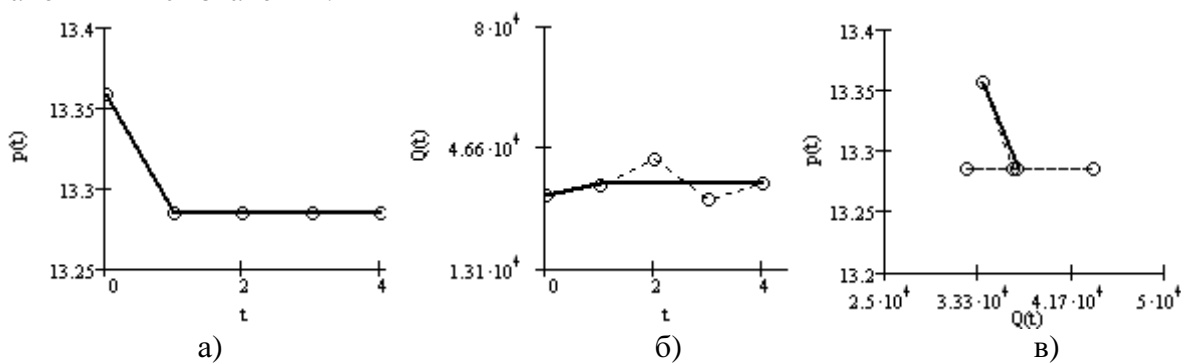


Рис. 2. Изменения функций во времени:

а) цены $p(t)$; б) объёма $Q(t)$; в) на плоскости $(Q(t), p(t))$.

Для крупного покупателя (посредника), обладающего $R_{пок} \gg 0$ (с малыми значениями a_1 и E_D), спрос по объему продаж не эластичен. Такой покупатель является монополистом в приобретении товара, и для достижения объемов покупки $Q_{пок}$ до Q_y ему требуется незначительное время.

Если покупатель обладает малой величиной проводимости $R_{пок}$, коэффициенты $a_1 \gg 0$ и $E_D \gg 0$, то функция спроса характеризует микрорынок как рынок чистой конкуренции среди покупателей. На данном микрорынке покупателю требуется значительное время для доведения объемов продаж до установившегося значения.

При последовательном соединении цепи «посредник – конечный потребитель», где посредник выступает как покупатель и продавец, составлена система обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$\begin{cases} Q''(t) + \frac{1}{a_1 R} Q'(t) + \frac{1}{a_1 a_2} Q(t) = Q_{ex}(t) \\ p''(t) + \frac{1}{a_1 R} p'(t) + \frac{1}{a_1 a_2} p(t) = p_{ex}(t) \end{cases}, \quad (3)$$

с начальными условиями $Q(0) = Q_0^0$, $Q'(0) = Q_1^0$, $p(0) = p_0^0$, $p'(0) = p_1^0$.

Исходные данные удобнее представить в относительных единицах, тогда 1) коэффициент, характеризующий посредника-покупателя как скорость изменения цены в зависимости от изменения объемов потребления товара: $a_1 = 0,4002$; 2) коэффициент, характеризующий посредника-продавца как скорость изменения объёма в зависимости от изменения цены товара: $a_2 = 1,605$; 3) коэффициент проводимости $R = 1$; 4) начальные данные $p_0 = 0,678$, $p_y = 1,00$, $Q_0 = 1,0110$, $Q_y = 1,00$, $Q'(0) = \text{artg}(Q_y - Q_0)$, $p'(0) = \text{arctg}(p_y - p_0)$.

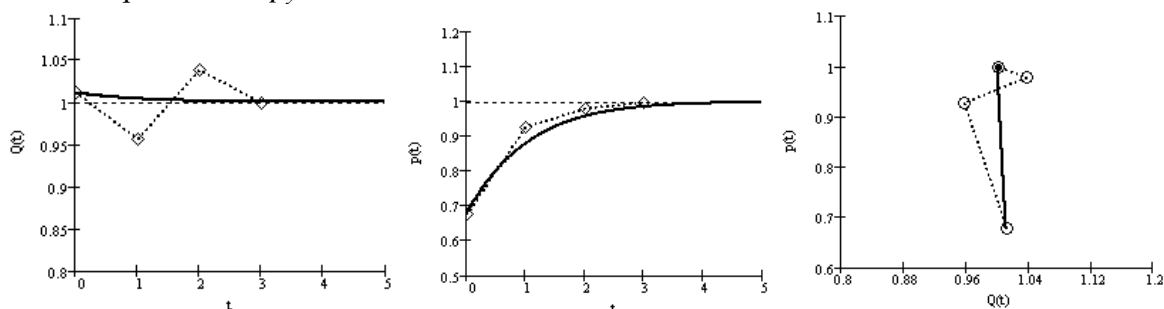
Характеристическое уравнение соответствующих дифференциальных уравнений имеет корни $\lambda_1 = -1,184$, $\lambda_2 = -1,315$, поэтому система устойчива асимптотически и при $t \rightarrow \infty$ функции $p(t) \rightarrow p_y$ и $Q(t) \rightarrow Q_y$. При шаге моделирования $\Delta t_1 = 1$ нед., время переходного процесса $T = 7$ нед. Относительная погрешность модельных значений $\delta = 11,9\%$ при возможном времени моделирования $i = 3$ (табл. 3).

Таблица 3 – Моделирование подсистемы «посредник – конечный потребитель»

i	Время $\Delta t_{1,i}$, нед.	Цена p_i , руб.	Объём продаж Q_i , л	Модельные значения, $P_{i,мод}$, руб.	Относит. погрешн. $\delta_{p,i}$, %	Модельные значения, $Q_{i,мод}$, л	Относит. погрешн. $\delta_{Q,i}$, %
1	15	1,0	0,9735	0,881	11,9	1,011	3,85
2	16	1,0	0,9868	0,958	4,2	1,004	1,74
3	17	1,0	1,0800	0,986	1,4	1,001	7,31

При изменении цены в системе «продавец – конечный потребитель» наблюдается движение к устойчивому состоянию (рис. 3), где пунктирными линиями указаны действительные данные, сплошной линией – модельные значения.

При $Q_0 > Q_y$, функция объёма во времени убывает до Q_y , при $p_0 < p_y$, функция цены во времени возрастает до p_y .



а) б) в)

Рис. 3. Изменения функций во времени:

а) цены $p(t)$; б) объёма $Q(t)$; в) на плоскости $(Q(t), p(t))$.

Основные результаты и выводы

Основываясь на теории линейных электрических цепей, теории спроса и предложения, опираясь на принципы и методологию экономической физики, разработана математическая модель динамики цен и объёмов продаж.

На основе анализа продаж топлива относительная погрешность модели при шаге моделирования в 1 неделю составляет в среднем 6,01% в период от 3 до 7 недель, что демонстрирует соответствие с практической динамикой. Это является дополнительным аргументом важности и актуальности развития и применения методов математического моделирования сложных экономических систем с использованием теорий электрических цепей и обыкновенных дифференциальных уравнений.

На основании полученной математической модели оценена устойчивость взаимосвязи «продавец – покупатель», что позволяет выявить границы возможностей функционирования субъектов рынка.

Дальнейшие исследования в решении задачи устойчивости и управления в торгово-посреднических системах внесут существенный вклад в развитие теории и практики кибернетического подхода в функционировании конкурентного рынка товаров.

Исследование осуществлено при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (госконтракт № 02.740.11.0585).

Список литературы

1. Дулесов А.С., Соломенников В.С., Курынова И.А. Анализ динамики взаимодействий «продавец – покупатель» в торгово-посреднической сети // Вопросы современной науки и практики. – 2008. – Т. 2. – № 2 (12). – С. 69–78.
2. Дулесов А.С., Курынова И.А. Анализ динамики взаимодействий «посредник – конечный потребитель» в торгово-посреднической сети // Вестник ИжГТУ. – 2009. – № 4 (44). – С. 178–182.
3. Дулесов А.С., Курынова И.А. Анализ динамики цен и объёмов продаж на микрорынках торгово-посреднической сети. – Абакан : Изд-во ГОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 2010. – 96 с.
4. Куснер Ю.С., Царёв И.Г. Принципы движения экономической системы. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 200 с.
5. Новоселов А.С. Теория региональных рынков : учебник. – Ростов н/Д : Феникс ; Новосибирск : Сибирское соглашение, 2002. – 448 с.

Рецензенты:

Нагрузова Л.П., д.т.н., профессор кафедры «Строительство» Хакасского технического института – филиала ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Абакан.

Булакина Е.Н., д.т.н., профессор кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Хакасского технического института – филиала ФГАОУ ВПО «Сибирского федерального университета», г. Абакан.

Работа получена 26.10.2011