

УДК 519.876.5

UDC 519.876.5

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
РЕГИОНАЛЬНОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО  
РЫНКА**

**A REGIONAL CONSUMER MARKET  
SIMULATION**

Пшунетлев Адам Аскарбиевич

Pshunetlev Adam Askarbievich

к.э.н.

Cand. Econ. Sci.

*Академия маркетинга и социально –  
информационных технологий (ИМСИТ), Россия,  
350010, Краснодар, Зиповская 8*

*Academy of Marketing and Social - Information  
Technology (IMSIT), Russia, 350010, Krasnodar,  
Zipovskaya 8*

В статье представлены возможности методологии системной динамики, для исследования регионального потребительского рынка. Осуществлен синтез, тестирование имитационной модели, представлены примеры ее применения в решении задач регионального управления.

The article presents the opportunities of system dynamics to study the regional consumer market. The synthesis, testing of the simulation model have been carried out, along with presenting examples of the use of the model in the regional management.

Ключевые слова: СИСТЕМА, РЕГИОН, РЕГИОНАЛЬНЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ РЫНОК, АДЕКВАТНОСТЬ МОДЕЛИ, ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МОДЕЛИ, НЕЛИНЕЙНОСТЬ.

Keywords: SYSTEM, REGION, REGIONAL CONSUMER MARKET, THE MODEL ADEQUACY, SENSITIVITY OF THE MODEL, THE NONLINEARITY.

Императив антропоцентрического аспекта регионального развития, обуславливает значение, роль потребительского рынка в региональной экономике. Состояние потребительского рынка, с одной стороны, определяет качество жизни населения, с другой стороны, выступает важным детерминантом динамики привлекательности, конкурентоспособности региона. Доля регионального потребительского рынка с момента рыночных преобразований в структуре регионального продукта значительно увеличилась, соответственно возросли занятость, доходы населения.

Проблема приобретает особое значение в контексте вступления России в ВТО. Вместе с преимуществами интеграции в мировую торговлю, возрастает степень чувствительности, уязвимости региональных

рынков относительно мировых экономических трендов. Низкая производительность труда, высокий уровень издержек могут ограничить возможности сбалансированного развития регионов. Актуальность темы, наряду с сложностью, динамизмом рыночных процессов определили цель, прикладной инструментарий исследования.

*Проблема* – не сбалансированность региональных рынков. *Цель* работы – разработка методологических основ формирования механизмов, обеспечивающих сбалансированность региональных рынков. *Объектом* исследования выступил региональный потребительский рынок. *Предметом* исследования является равновесное состояние регионального потребительского рынка.

Следующее определение отражает социальное значение, системный характер, пространственную организацию потребительского рынка:

Региональный потребительский рынок – территориальная система организации сферы обращения, которая на основе товарно-денежных отношений способствует удовлетворению потребностей общества [1, с.17].

Экономическое, социальное значение потребительского рынка определяет интерес к нему со стороны государственного управления. Содержание регулирования обусловлено ростом качества жизни населения: обеспечение конкурентного ценообразования, развитие соответствующей законодательной базы, защита прав производителей, потребителей.

Теоретико-методологические основы развития рынка сформированы в рамках классической экономической науки. Экономическая теория предлагает концепцию равновесного рынка. В ее основе кривые спроса и предложения, которые показывают, сколько продукции хотят и могут купить, и соответственно произвести, при заданном уровне цены.

Пересечение кривых спроса и предложения определяет точку равновесия, или равновесные объем и цену. Равновесный объем рынка является одновременно максимальным объемом потребления. Этим обусловлено общественное значение равновесного объема, внимание к нему со стороны экономической теории [2,с.158].

Еще А. Смит раскрыл содержание динамики рынка при отклонении от равновесного уровня. Действие отрицательных петель обратных связей определяет устойчивость равновесия рынка. На рисунке 1 отражено взаимодействие рыночных сил [3,с.194].

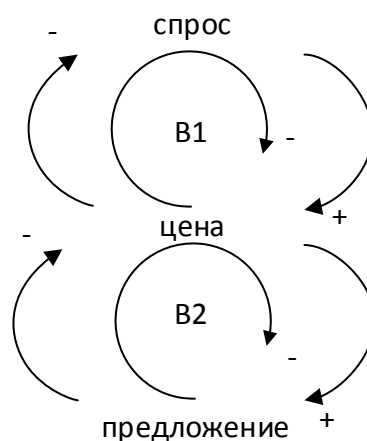


Рисунок 1. Диаграмма причинно-следственных связей рынка

Отрицательная обратная связь В1 отражает взаимозависимость спроса и цены: увеличение спроса влечет рост цены, цена «дает сдачу», рост цены приводит к сокращению спроса.

$$\forall t_1 \forall t_2 \left( \left( (D_{t_2} > D_{t_1}) \rightarrow (P_{t_2} > P_{t_1}) \right) \cap \left( (P_{t_2} > P_{t_1}) \rightarrow (D_{t_2} < D_{t_1}) \right) \right), \quad (1)$$

$$t_1, t_2, D_{t_1}, D_{t_2}, P_{t_1}, P_{t_2} \in R$$

Отрицательная обратная связь В2 отражает взаимозависимость предложения и цены: увеличение предложения влечет снижение цены, снижение цены влечет сокращение предложения.

$$\forall t_1 \forall t_2 \left( \left( (S_{t_2} > S_{t_1}) \rightarrow (P_{t_2} < P_{t_1}) \right) \cap \left( (P_{t_2} < P_{t_1}) \rightarrow (S_{t_2} < S_{t_1}) \right) \right) \quad (2)$$

$$t_1, t_2, D_{t_1}, D_{t_2}, P_{t_1}, P_{t_2} \in R$$

Обозначим состояние рынка в момент времени  $t$ , равновесное состояние соответственно как  $System(t), System_e$ , тогда

$$System(t) = System_e \stackrel{\text{def}}{=} S(t) = D(t),$$

$$System(t) = System_e \leftrightarrow \left( \left( \frac{dp_t}{dt} = 0 \right) \cap \left( \frac{dStock_t}{dt} = 0 \right) \right) \quad (3)$$

$$System(t) = System_e \rightarrow \left( \frac{dp_t}{dt} = 0 \right)$$

Как мы уже выяснили, связи  $S(t) = D(t) \leftarrow \frac{dp}{dt} = 0$  нет. Цена в покое, рынок в неравновесии.

В основе моделей Эванса, Самуэльсона – динамическая гипотеза, предположение о зависимости цены от соотношения спроса и предложения [4, с. 197]

$$\Delta p = \mu \times (D - S) \times \Delta t \quad (4)$$

Предположим, что спрос (D) и предложение (S) определяются мгновенно, линейны от уровня цены

$$D = a_1 - b_1 \times p$$

$$S = a_2 + b_2 \times p \quad (5)$$

$$a_1, b_1, a_2, b_2 > 0$$

получим уравнение процесса установление рыночного равновесия:

$$\frac{1}{\mu \times (b_1 + b_2)} \times \frac{dp}{dt} + p = \frac{a_1 - a_2}{b_1 + b_2} \quad (6)$$

Его решение известно,

$$p = C \times e^{-\mu \times (b_1 + b_2) \times t} \quad (7)$$

соответственно задача Коши  $p(0) = p_0$  имеет решение

$$p = \left( p_0 - \frac{a_1 - a_2}{b_1 + b_2} \right) \times e^{-\mu \times (b_1 + b_2) \times t} + \frac{a_1 - a_2}{b_1 + b_2} \quad (8)$$

На рисунке 2 представлены интегральные кривые уравнения 8, динамика переменной уровня цена. Система переходит в стационарное состояние. Что нового мы узнали о рынке? У рынка существует в пределе устойчивое равновесие. Характер приближения к нему – приближение к цели (goal seeking behavior). Если производители установят цену отличную от равновесной цены, рынок придет к равновесию очень нескоро. Преобладающее состояние рынка – неравновесное состояние. Пожалуй, все. Для первого знакомства с рынком неплохо!

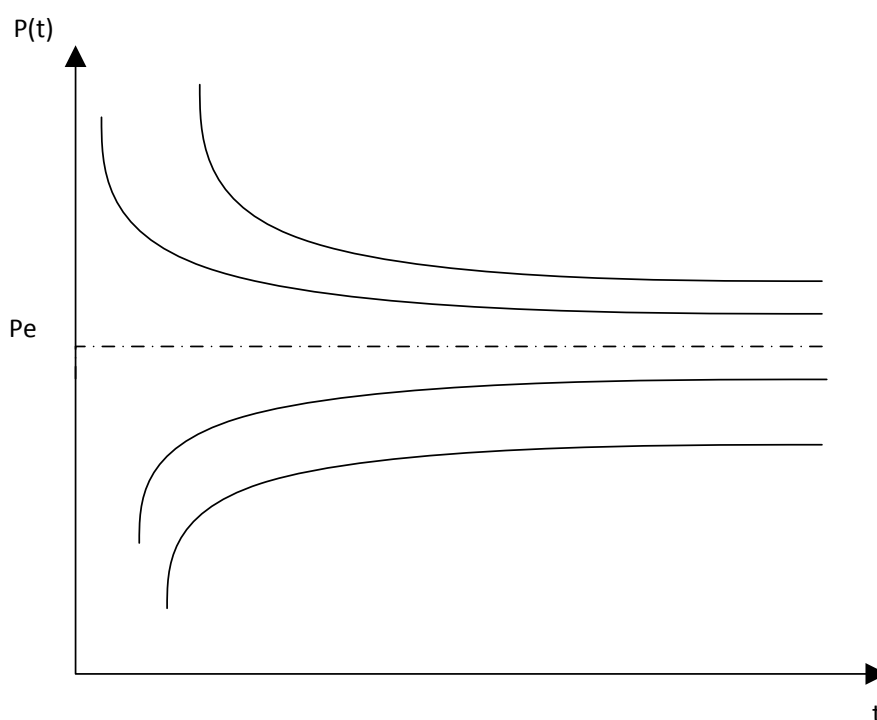


Рисунок 2. График цены на конкурентном рынке [4, с. 197]

Не умаляя достоинств моделей, уже при анализе положений модели возникают вопросы. Первый из них – как это работает?

Представьте экономику, в которой утром производители установили цену, моментально в соответствии с кривой предложения, произвели продукцию. Наличие к вечеру остатков нереализованной продукции или неудовлетворенных заявок – сигнал соответственно к дальнейшему снижению или увеличению цены. И так далее, до достижения равновесного уровня. В состоянии равновесия, уровни запасов и неудовлетворенных заявок в покое. Отметим выбор производителя, (trade-off): организовать сбор неудовлетворенных заявок, или хранить запас товаров.

Одна из причин ограниченного применения в практике анализа, регулирования рынков, непрерывный характер изменения детерминант рынка. Кривые спроса, предложения непрерывно изменяются. Изменение доходов, вкусовых предпочтений, технологий производства, другие факторы влияют на спрос, предложение, приводят к смещению кривых спроса, предложения. На реальном рынке взаимодействие планов покупателей и продавцов характеризуется задержками и нелинейными зависимостями. Покупателям необходимо осознать новую цену. Для этого требуется время. Придя в магазин и увидев новый ценник, мы не сразу покупаем продукт. Нам требуется время, чтобы осознать, как изменение цены отразится на покупательной способности. Мы взвешиваем, сколько вообще может стоить этот товар, как соотносятся цена и потребительские качества товара.

В свою очередь, производители не сразу меняют планы производства. Наем персонала, приобретение и ввод основных фондов требуют времени.

Реакция участников рынка зависит от достигнутого уровня цены и не линейна, как в модели (2). Нелинейность связей, задержки в принятии

решений, динамическая, комбинаторная сложность региональных систем определяют интерес к системной динамике.

Рассмотрим рынок некоторого товара потребительского рынка, например говядины. Анализ данных таблицы 1 позволяет определить равновесный объем и цену: соответственно 55 тыс. тонн и 150 руб./кг.

Таблица 1- Табличные функции спроса и предложения говядины

Цена, руб.	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Спрос, тыс. тонн	100	75	55	44	35	28	22	18	14	12
Предложение, тыс. тонн	23	42	55	65	72	79	85	90	95	100

Форма графиков, представленных на рисунке 3, отражает неэластичность спроса и предложения мяса по цене.

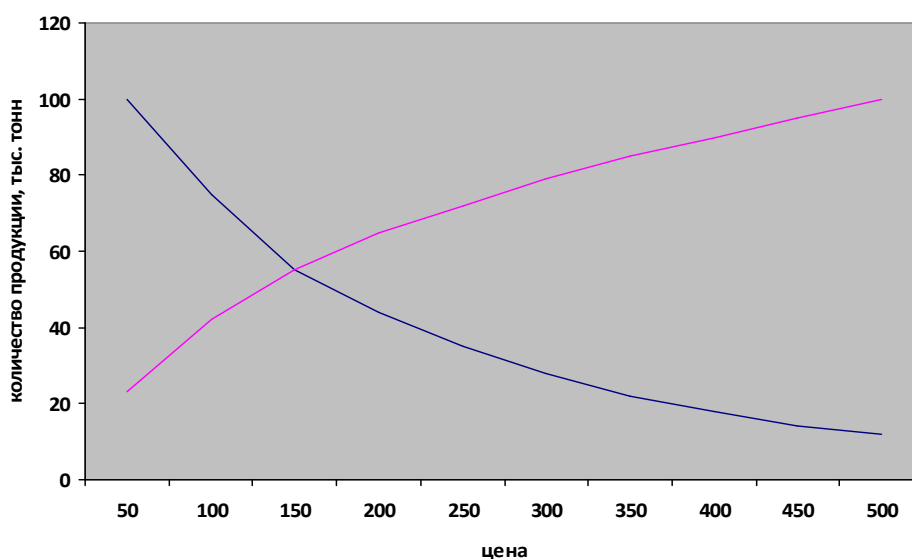


Рисунок 3. Кривые спроса, предложения рынка говядины

Рост доходов населения определяет высокую долю мясной продукции в потребительской корзине, и как следствие, неэластичность спроса по цене. Неэластичность предложения мяса определяется ограниченностью производственных мощностей. В этих условиях, у производителей возникает возможность использовать рост цен для увеличения выручки. Сдерживающим фактором выступает рост импорта мяса, как следствие вступления России в ВТО. Для исследования проблемы несбалансированности рынка, синтезирована модель системной динамики. Системная сущность рынка и высокая динамическая сложность рыночных процессов, позволяют обосновать для моделирования применение системной динамики.

«Системная динамика – точка зрения, прикладной инструментальный исследования сложных систем» [3, с.6]. Системная динамика берет начало с работ Дж. Форрестера, продолжает развиваться. Действует общество системной динамики, System Dynamics Society, издается журнал System Dynamics Review.

Математическая основа системной динамики – системы нелинейных дифференциальных уравнений 1 порядка. Аналитическое решение многих систем уравнений затруднено. Численное решение дифференциальных уравнений, их графическая иллюстрация обеспечиваются пакетами имитационного моделирования. В настоящей работе использована среда моделирования AnyLogic.

Одно из преимуществ системной динамики – возможность применения экспертных оценок величин, состояний процессов. Разработчик модели может исключить переменные, потому что нет данных. Вместе с тем, «исключение из модели переменных, структур лишь по причине отсутствия эмпирических данных, эквивалентно утверждению



– сила их влияния равна нулю. Возможно, это единственно известное неверное значение» [5,с.57].

Диаграмма уровней, потоков модели представлена на рисунке 4.

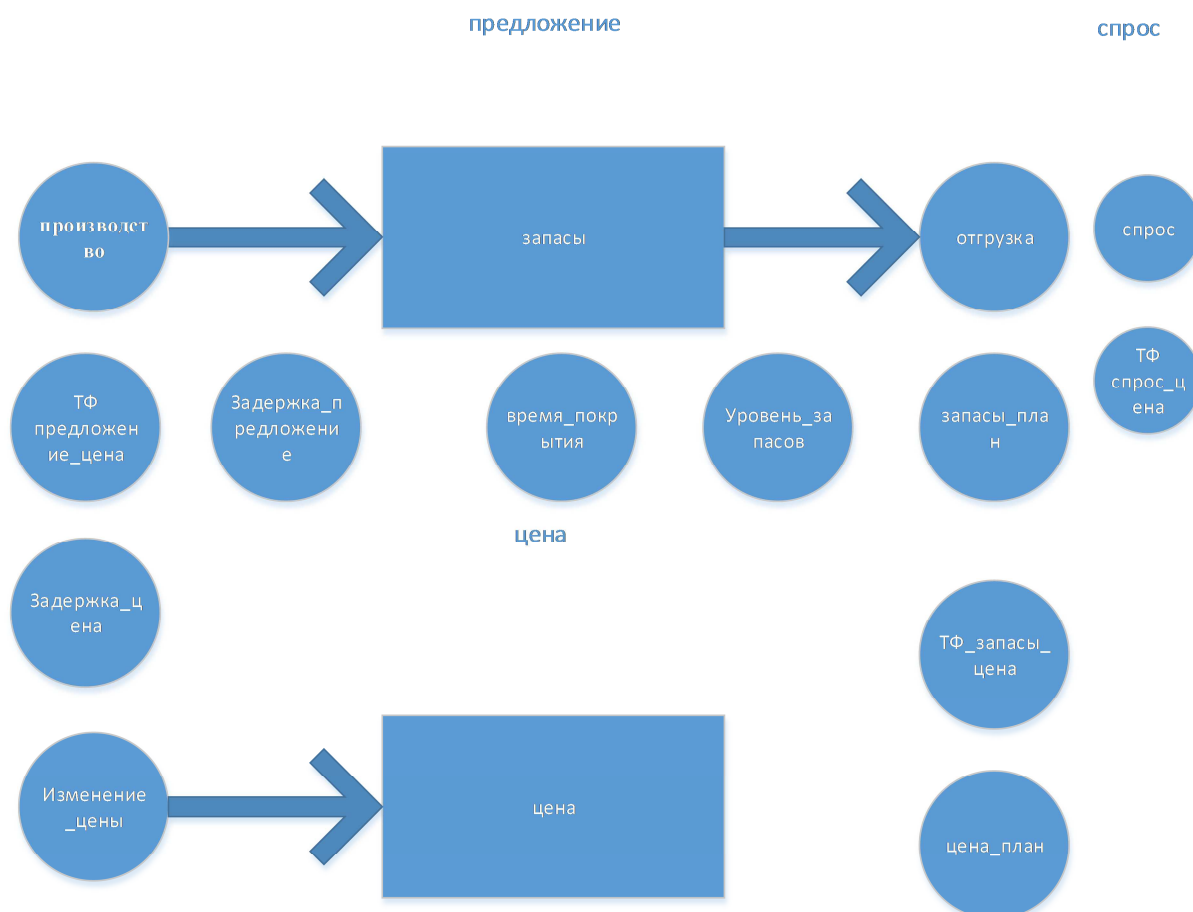


Рисунок 4. Диаграмма уровней и потоков модели

*Уравнения модели:*

*Спрос:*

$$\text{спрос} = \text{ТФ\_спрос\_цена}(\text{цена}) \quad (9)$$

*Предложение:*

$$\text{запасы} = \int (\text{производство} - \text{отгрузка}) dt + \text{запасы}_0 \quad (10)$$

$$\text{предложение} = \text{delay}(\text{ТФ\_предложение\_цена}(\text{цена}), \text{задержка\_предложение}) \quad (11)$$

$$\text{отгрузка} = \text{спрос} \quad (12)$$

$$\text{запасы\_план} = \text{спрос} \times \text{время\_покрытия} \quad (13)$$

$$\text{уровень\_запасов} = \frac{\text{запасы}}{\text{запасы\_план}} \quad (14)$$

Цена:

$$\text{цена} = \int \text{изменение\_цены} dt + \text{цена}_0 \quad (15)$$

$$\text{цена\_план} = \text{цена} \times \text{ТФ\_запасы\_цена(уровень\_запасов)} \quad (16)$$

$$\text{изменение\_цены} = \frac{(\text{цена\_план} - \text{цена})}{\text{задержка\_цена}} \quad (17)$$

Исследование модели.

В начальный момент времени рынок в равновесии. Пусть  $M_S$ - множество переменных уровня системы. Условие равновесия системы равносильно тому, что  $\forall i \left( \frac{dS_i}{dt} = 0 \right), t \in R, S_i \in M_S, i \in N$ . Выведем систему из равновесия, например, увеличим спрос. Предложение «спрос увеличился на 20 единиц» равносильно тому, что  $\forall p (D_2(p) = D_1(p) + 20), p, D_1(p), D_2(p) \in R$ .

Значение параметров модели представлены в таблице 2.

Таблица 2-Варьирование значений параметров модели

Наименование параметра	Базовый режим	Увеличение задержки производства	Сокращение задержки производства	Увеличение задержки цены	Сокращение задержки цены	Увеличение времени покрытия	Сокращение времени покрытия
Время_покрытия, месяцев	3	3	3	3	3	5	1
Задержка_предложение, месяцев	3	5	1	3	3	3	3
Задержка_цена, месяцев	3	3	3	5	1	3	3

Назначение базового режима – основа для сравнения результатов прогона модели. График подтвердил циклический характер рыночных

процессов (рис.5). Запаздывания предложения определяет несбалансированность рынка. Рост спроса обуславливает сокращение запасов, рост цены. Производители планируют выпуск большего количества товаров. Пуск имеющихся мощностей, закупка новых единиц оборудования, наем рабочих требует времени. Производственный цикл многих видов сельскохозяйственной продукции пшеница, кукуруза, рапс обусловлен естественными причинами.

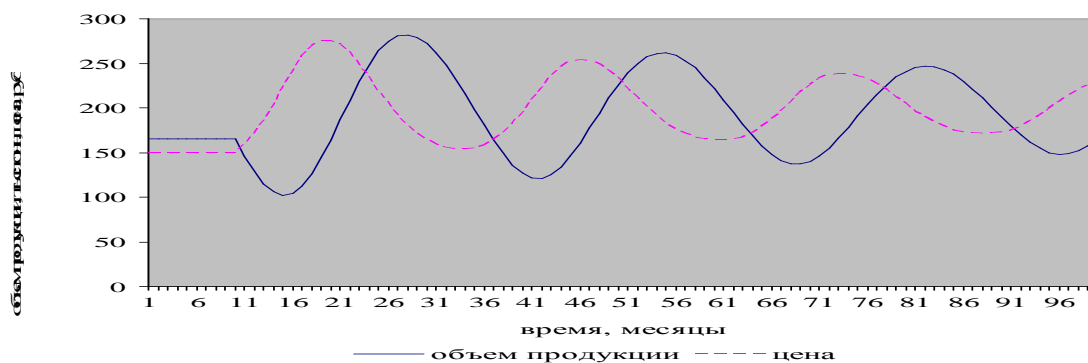


Рисунок 5. Динамика переменных уровня в базовом режиме

Увеличение задержки предложения приводит к расширению коридора цены, уровня запасов. Производители не успевают за динамикой цены, реакция производства еще более асинхронна по отношению к рыночным процессам (рис.6).

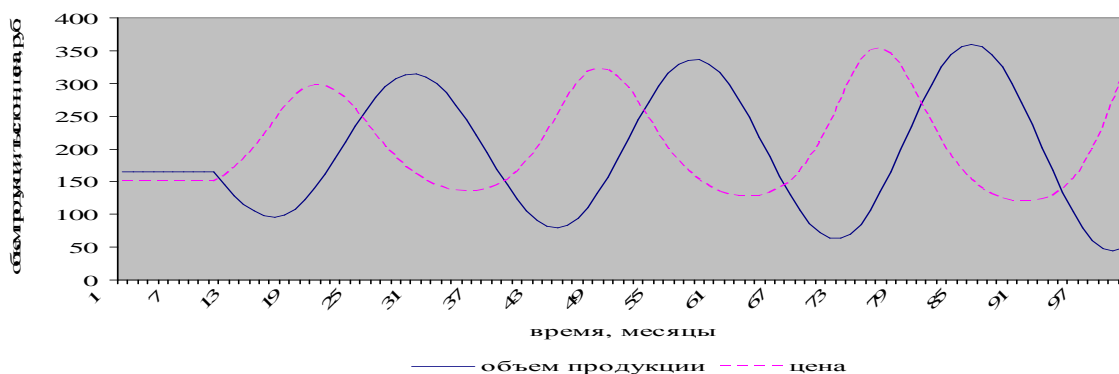


Рисунок 6. Динамика переменных уровня, значение параметра задержка\_производства равно 5 месяцев

Сокращение задержки производства обуславливает переход системы к равновесному уровню (рис.7).

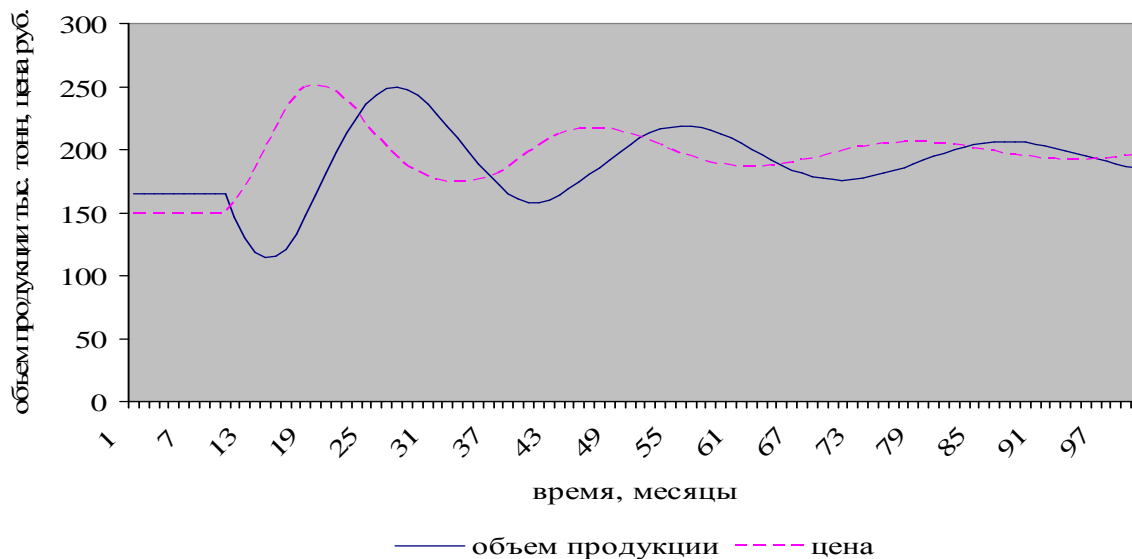


Рисунок 7. Динамика переменных уровня, значение параметра задержка\_производства равно 1 месяц

Значение параметра задержка\_цена влияет на характер приближения системы к равновесию. При увеличении задержки, колебания становятся более плавными, увеличивается период колебаний (рис.8).

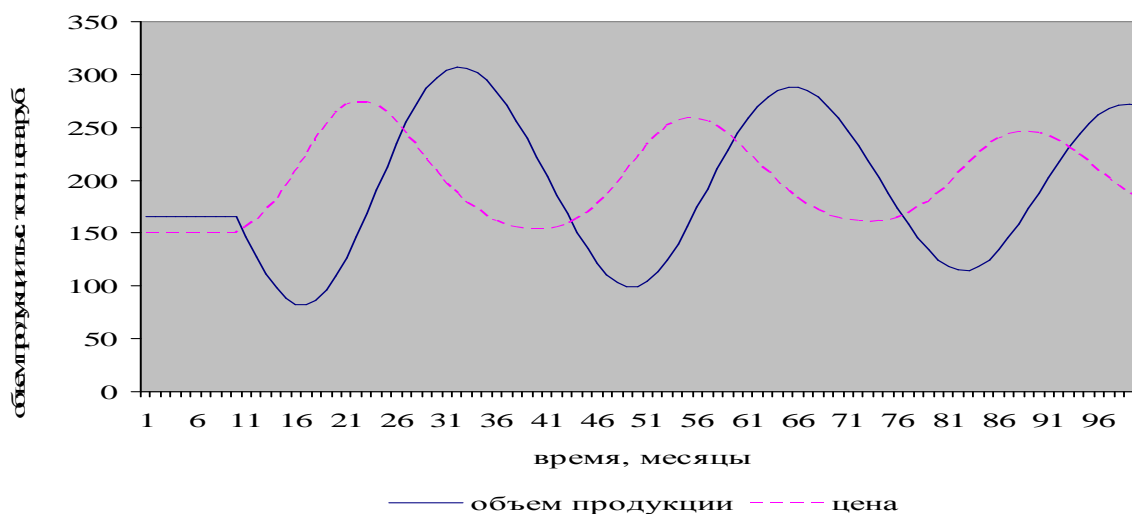


Рисунок 8. Динамика переменных уровня, значение параметра  
задержка\_цена равно 5 месяц

Сокращение задержки реакции цены на изменение спроса приводит к сокращению периода, амплитуды колебаний рынка (рис 9.).

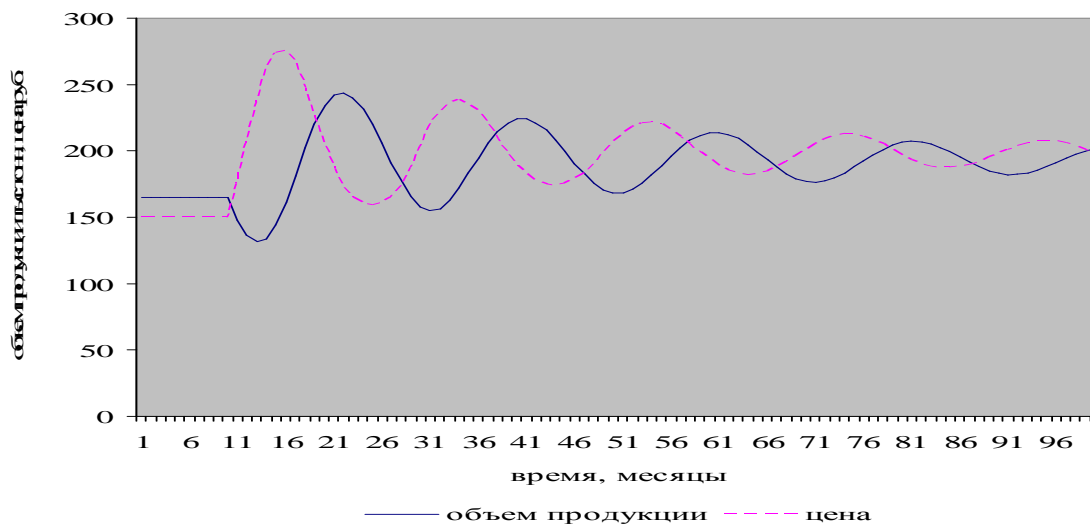


Рисунок 9. Динамика переменных уровня, значение параметра  
задержка\_цена равно 1 месяц

Увеличение уровня запасов, обеспечивает большую устойчивость рынка (рис.10). Относительное изменение спроса к большему уровню запасов меньше, цена реагирует менее остро.

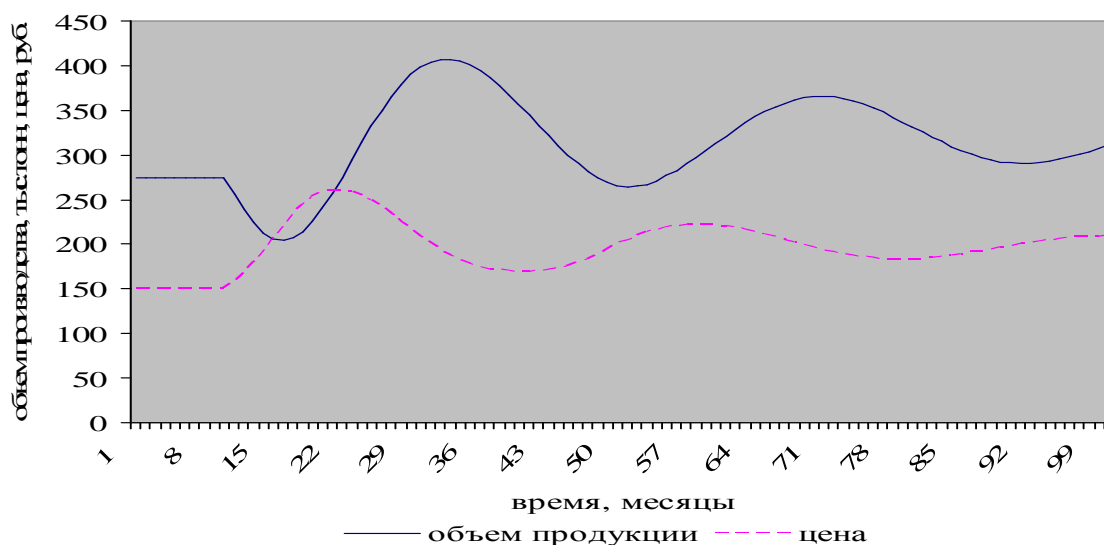


Рисунок 10. Динамика переменных уровня, значение параметра время\_покрытия равно 5 месяцев

Сокращение уровня запасов до 1 месяца привело к дестабилизации рынка, последующему коллапсу (рис.11).

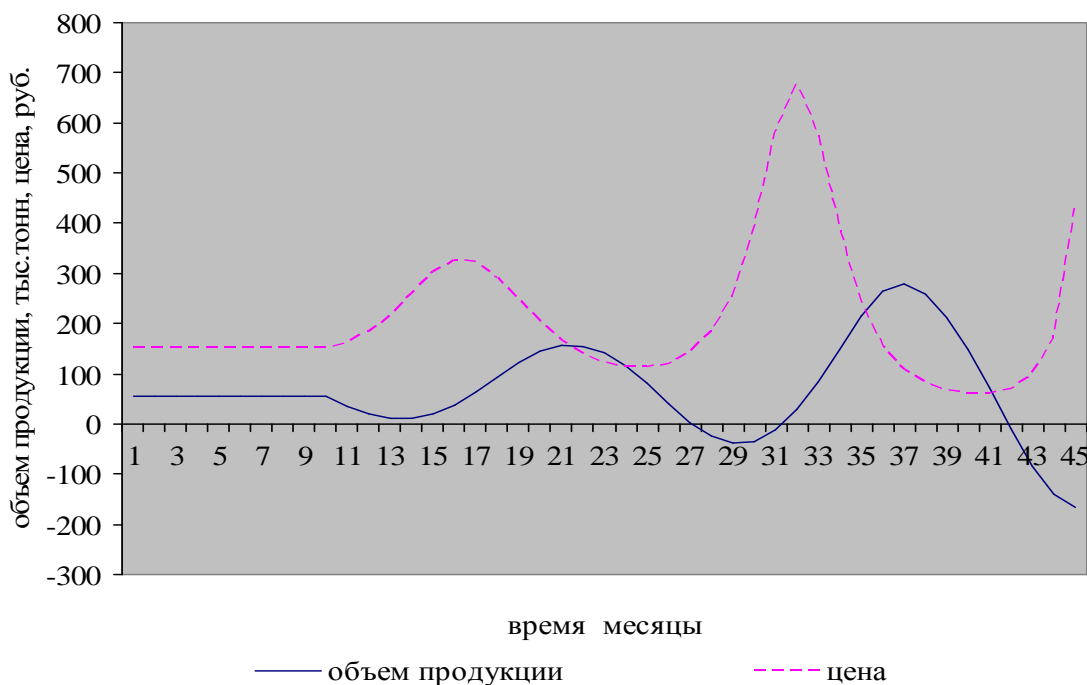


Рисунок 11. Динамика переменных уровня, значение параметра время\_покрытия равно 1 месяц

**Выводы:**

1. В работе раскрыто стратегическое значение проблем функционирования регионального потребительского рынка. Выполняя ряд экономических функций, региональный рынок определяет конкурентоспособность региона, выступает естественной основой развития региональной экономики. Процессы глобализации, связанные с ней риски, определяют новые требования к управленческим решениям регионального уровня.
2. Обоснована методология системной динамики для исследования рыночных процессов. Она позволила увидеть, как развиваются процессы в динамике, определить условия динамического равновесия рынка.
3. Представлен синтез системно-динамической модели регионального потребительского рынка. Модель основана на знаниях экономической теории, региональной экономики, маркетинга, экспертном мнении представителей регионального управления. Модель обращена к актуальным проблемам регионального развития – неравновесие регионального рынка, неконкурентоспособность региональной экономики.
4. Анализ регионального рынка позволил уточнить предположения модели, оценить значения параметров. Результаты тестирования свидетельствуют о соответствии генерируемого поведения, экономической теории, теории и практики регионального управления. Инструментальная реализация модели в среде AnyLogic делает возможным воспроизведение модели, ее улучшение, применение в научных, учебных, практических целях.

5. Исследован характер влияния параметров рынка: задержка\_производства, задержка\_цена, время\_покрытия. Эксперименты подтвердили зависимость рыночной динамики от значений указанных величин.

Литература

1. Новоселов А.С. Теория региональных рынков: Учебник. Ростов-на-Дону, Феникс, 2002, 448с.
2. Чепурин М.Н., Кисилева Е.А. Курс экономической теории. М.: Дана, 2002, 428с.
3. Стерман Д.Д. Бизнес динамика. Бостон: Мак Гро-хилл, 2000, 825с.
4. Колемаев В.А. Математическая экономика. М.: Юнити, 2002, 235с.
5. Форрестер Д.В. Индустриальная динамика. Кембридж:МИТ, 1961, 256с.

Literature

1. 1. Novoselov A.S. Theory of Regional Markets: Textbook. Rostov-on-Don, Phoenix, 2002,448p.
2. Chepurin M.N., Kisileva E.A. Economics.-Moscow: Dana, 2002,428p.
3. Serman J. D. 2000. *Business Dynamics. Systems thinking and modeling for a complexworld*. McGraw-Hill, Boston, 825 p.
4. Kolemaev V.A. Mathematics in Economy. – Moscow: Unity, 2002, 235p.
5. Forrester, J.W. Industrial Dynamics. – Cambridge: MIT Press, 1961,256 p.