

9. Московкин В. М. Связь между конкурентными стратегиями Курно и Stackельберга и конкурентными моделями популяционной динамики, адаптированными к рыночной экономике / В. М. Московкин, А. В. Журавка // Экономична кібернетика. – 2003. – №5-6. – С. 25 – 29.
10. Соколюк Г. О. Конкурентні стратегії виробничого підприємства: особливості вибору та умови реалізації // Актуальні проблеми економіки. – 2010. – №8. – С. 163 – 169.

dlya N-mernoi konkurentno-kooperatsyonnykh vzaymodeistviy v sotsyalno-ekonomicheskikh systemakh" [The calculation of the competitive scenario, cooperative and mixed strategies for N-dimensional competitive - cooperative interactions in social and economic systems]. Ekonomichna kibernetika, no. 5-6 (2004): 32-34.

Moskovkin, V. M., and Zhuravka, A. V. "Sviaz mezhdru konkurentnykh stratehiyami Kurno y Stakelberha y konkurentnykh modeliyami populiatsyonnoi dynamiky, adaptirovannymy k rynochnoi ekonomike" [The relationship between competitive strategies, Cournot and Stackelberg, and competitive models of population dynamics, adapted to the market economy]. Ekonomichna kibernetika, no. 5-6 (2003): 25-29.

Zhelezniak, O. O., and Kuzmenko, O. S. "Matematychni modelivannia dynamiky prodazhu tovariv na rynkakh nedoskonalo konkurentstii" [Mathematical modeling of the dynamics of selling goods in markets of imperfect competition]. Aktualni problemy ekonomiky, no. 1 (2011): 236-245.

УДК 658.8.03

Яценко Р. Н., Баликов А. Г.

## ИМИТАЦИОННАЯ ПАУТИНООБРАЗНАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ ПРЕДЛОЖЕНИЕМ

Представлена имитационная паутинообразная модель ценообразования с запаздывающим предложением. Рассмотрены случаи с отсутствием и наличием случайных факторов. Случайность в модели представлена концепцией «игры с природой» с использованием марковских цепей. Изучена деятельность розничного звена в описанной среде.

*Ключевые слова:* имитационное моделирование, паутинообразная модель ценообразования, «игры с природой», цепи Маркова, прибыль, предложение

*Рис.:* 8. *Библ.:* 4.

**Яценко Роман Николаевич** – кандидат экономических наук, доцент, кафедра экономической кибернетики, Харьковский национальный экономический университет (пр. Ленина, 9а, Харьков, 61166, Украина)

*Email:* yatsenko @ekhneu.org.ua

**Баликов Алексей Георгиевич** – студент, Харьковский национальный экономический университет (пр. Ленина, 9а, Харьков, 61166, Украина)

УДК 658.8.03

Яценко Р. М., Баликов О. Г.

## ІМІТАЦІЙНА ПАВУТИНОПОДІБНА МОДЕЛЬ ЦІНОУТВОРЕННЯ З ПРОПОЗИЦІЄЮ, ЩО ЗАПІЗНЮЄТЬСЯ

Представлена імітаційна павутиноподібна модель ціноутворення із пропозицією, що запізнюється. Розглянуті випадки з відсутністю й наявністю випадкових факторів. Випадковість у моделі представлена концепцією «гри з природою» з використанням марковських ланцюгів. Вивчена діяльність роздрібної ланки в описаному середовищі.

*Ключові слова:* імітаційне моделювання, павутиноподібна модель ціноутворення, «гри з природою», ланцюги Маркова, прибуток, пропозиція

*Рис.:* 8. *Бібл.:* 4.

**Яценко Роман Миколайович** – кандидат економічних наук, доцент, кафедра економічної кибернетики, Харківський національний економічний університет (пр. Леніна, 9а, Харків, 61166, Україна)

*Email:* yatsenko @ekhneu.org.ua

**Баликов Олексій Георгійович** – студент, Харківський національний економічний університет (пр. Леніна, 9а, Харків, 61166, Україна)

UDC 658.8.03

Yatsenko R. N., Balykov O. G.

## SIMULATION COBWEB MODEL OF PRICE FORMATION WITH DELAYED SUPPLY

The article presents a simulation cobweb model of price formation with delayed supply. It considers cases with absence and availability of random factors. Randomness is presented in the model as a concept of games with nature with the use of Markov chains. The article studies activity of the retail link in the described environment.

*Key words:* simulation modelling, cobweb model of price formation, games with nature, Markov chains, profit, supply

*Рис.:* 8. *Бібл.:* 4.

**Yatsenko Roman M.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Department of Economic Cybernetics, Kharkiv National University of Economics (pr. Lenina, 9a, Kharkiv, 61166, Ukraine)

*Email:* yatsenko @ekhneu.org.ua

**Balykov Oleksiy G.** – Student, Kharkiv National University of Economics (pr. Lenina, 9a, Kharkiv, 61166, Ukraine)

Спрос, предложение и цена являются важнейшими элементами рыночного механизма. Процессы функционирования рынка включают в себя множество товарообменных операций, в каждой из которых участвуют покупатель, представленный спросом на товары и услуги, и продавец, на стороне которого выступает предложение товаров и услуг. В данном контексте задача продавца значительно усложняется прогнозом спроса на будущий период, так как содержать огромные склады готовой продукции, чтобы удовлетворить любой, даже аномальный спрос, или производить минимальные закупки, которые точно будут проданы, но терять прибыль, нерационально. Одним из возможных путей решения столь актуальной проблемы для любого предприятия может быть паутинообразная модель предложения, которая подразумевает постоянство спроса хотя бы в кратковременном периоде.

Вопросом паутинообразной модели ценообразования занимался ряд как отечественных, так и зарубежных авторов, таких как Л. Вальрас, А. Маршалл, К. Чиарелла, В. В. Шевченко, Д. Н. Каменева, В. М. Садыков.

В данной работе рассматривается функционирование розничного звена (магазина), которое руководствуется паутинообразной моделью установления предложения, в условиях детерминированного и стохастического спроса. При этом для оценки качества модели рассчитываются следующие показатели: объём спроса, объём предложения, равновесная цена, которая может устанавливаться на рынке в долгосрочной перспективе и оставаться постоянной. Кроме того, необходимо рассчитывать экономическую прибыль, которая отражает эффективность деятельности предприятия.

Таким образом, главными задачами данной работы являются:

- 1) построение имитационной модели упрощённой схемы рынка, состоящего из производителя, розничного звена и оптового посредника;
- 2) моделирование поведения розничного звена, руководствующегося паутинообразной моделью установления размера предложения;
- 3) изучение динамики изменения цены с учётом влияния неценовых (случайных, неучтённых) факторов;
- 4) оценка эффективности коммерческой деятельности розничного звена посредством расчёта экономической прибыли.

Паутинообразная модель объясняет циклические колебания цены и объёмы выпуска многих благ в долгосрочных временных периодах. В этой модели принимается во внимание, что при планировании объёмов рыночных сделок потребители и производители могут оказаться в неравном положении. Покупатель, планируя в период  $t$  объём спроса, знает цену в этом периоде, а производитель в момент осуществления мероприятий, определяющих объём его предложения, не имеет точных сведений, какая будет цена к моменту выхода продукции на рынок. Так, фермер, определяя площади посева, не знает цену урожая в день его реализации; производитель мебели определяет объём ее выпуска, когда ему еще неизвестно, по какой

цене ее можно будет продать, и т. п. [1]. В данной работе будет рассматриваться предположение, что продавец устанавливает объём предложения, ориентируясь на объём спроса в предыдущий момент времени. В итоге цена будет корректироваться продавцом на основе знания точного объёма спроса за предыдущий период.

Выдвинем ряд предположений, на основе которых будет построена имитационная модель:

1. Поставка материалов для производства осуществляется с постоянной интенсивностью. То есть, предполагается, что производственное предприятие заключило договор на поставку материалов в одинаковом объёме. Данный объём задаётся экзогенной величиной интенсивности поставок.
2. Покрытие дефицита материалов производителя. Производственное предприятие не всегда может произвести достаточное количество продукции, чтобы удовлетворить спрос розничных и оптовых звеньев. Чтобы адаптироваться к изменяющейся ситуации на фоне поставок с постоянной интенсивностью введём в систему параметр дефицита материалов для производителя готовой продукции. После того, как производитель устанавливает величину неудовлетворённого спроса на произведенную им готовую продукцию, он делает дополнительный заказ поставщику материалов. Так как это дополнительный заказ, то поставщику нужно некоторое время на обработку и выполнение заявки. Предположим, что на это требуется два дня, то есть задержка поставки дополнительного заказа составит именно такой период времени.
3. Запас готовой продукции на производственном предприятии будет определяться как разница между поставками материалов, которые трансформируются в готовую продукцию в пропорции 1:1, и покупкой готовой продукции оптовым звеном.
4. Оптовое звено так же характеризуется определённым запасом, которое формируется как разница между объёмом закупки продукции у производителя (соответствует среднему спросу на рынке) и последующей продажей розничному звену. Однако спрос розничного звена может превышать величину запаса у оптовика, что приводит к неудовлетворённому спросу из-за дефицита товара. В таком случае оптовое звено может осуществить дополнительный заказ продукции у производственного предприятия, если необходимый уровень запаса есть в наличии у производителя. Предположим, что дополнительный заказ может быть доставлен на оптовый склад в тот же день. Данная ситуация возможна при небольших габаритах товара, близости предприятий (оптового и производственного звена) и относительно небольшой загруженности производителя.
5. Одной из ключевых эндогенных переменных системы является запас готовой продукции розничного звена. Он формируется как разница между покуп-

кой продукции у оптового звена и её последующей продажей конечному потребителю. Очевидно, что спрос покупателей не всегда может быть удовлетворён полностью. В реальной практике существует возможность дополнительных заказов магазина, однако в данной задаче, для наглядного отображения отставания предложения розничного звена от спроса на один день такие переменные вводиться не будут. Неудовлетворённый спрос (разница между спросом и суммой запаса на предыдущем этапе и поставки оптовика) будет представлен в расчёте упущенной прибыли, которая рассчитывается как произведение текущего значения цены на значение дефицита продукции в розничном звене (разница между спросом и суммой запаса на предыдущем этапе и поставки с оптового склада). Может сложиться такая ситуация, что запас розничного звена окажется отрицательным. В реальной практике такое невозможно, поэтому отрицательное значение необходимо учесть, то есть прибавить к запасу магазина на следующем этапе (в сумме реальный запас не будет изменён), иначе выйдет, что часть поставки уйдёт на покрытие дефицита, которого на нынешнем этапе уже нет. Также необходимо скорректировать затраты на хранение, иначе отрицательное значение искусственно уменьшит затраты, чего на самом деле быть не должно, то есть в потоке товаров, идущих на хранение в случае отрицательного запаса магазина, необходимо скорректировать значение на отрицательный показатель (прибавить). Цена хранения одной единицы задана экзогенно.

6. Спрос и предложение в данном исследовании являются эндогенными переменными, однако вид функций, которые их определяют, будет задан экзогенно. Таким образом, выдвигая некоторое предположение о виде функций, которым подчинены спрос и предложение, с помощью паутинообразной модели можно будет рассчитать их объём, учитывая сложившиеся на рынке цены. Для функционирования системы необходима экзогенно заданная переменная – начальная цена на товар, которая, корректируясь во времени, будет давать равновесное значение цены на рынке в определённый момент. Предположим, что значение предложения представлено экспоненциальной функцией, а значение спроса – обратной функцией (такие предположения являются классическими для рыночной экономики) [2]:

$$S(P_i) = e^{P_i} \quad D(P_i) = \frac{1}{P_i}$$

В паутинообразной модели спроса и предложения предполагается, что значение предложения розничного звена на один день отстаёт от значения спроса. Магазин надеется, что спрос будет стабильным в последующие дни, поэтому применяет именно такую стратегию:

$$S(P_i) = D(P_{i+1})$$

Учитывая равенство спроса и предложения в разные временные периоды, можно рассчитать функцию изменения цены:

$$\frac{1}{P_{i+1}} = e^{P_i} \quad P_{i+1} = \frac{1}{e^{P_i}}$$

Таким образом, найдена функция, задающая значение цены в детерминированной постановке задачи.

Для нахождения цены в стохастической постановке задачи добавим экзогенно заданную переменную, отражающую изменение значения спроса на определённую величину  $\xi$ :

$$\begin{aligned} S(P_i) &= D(P_{i+1})\xi & \frac{1}{\xi P_{i+1}} &= e^{P_i} \\ S(P_i) &= e^{P_i} & P_{i+1} &= \frac{1}{\xi e^{P_i}} \\ D(P_{i+1})\xi &= \frac{1}{P_{i+1}} \end{aligned}$$

Стохастический спрос будет рассмотрен по трём сценариям: низкое, среднее и высокое значение. Такая постановка задачи позволяет использовать «игры с природой», так как имеются альтернативные варианты поведения системы, которая не заинтересована в результате (а скорее не заинтересована в «борьбе» с розничным звеном). Поэтому поведение спроса можно считать «природой», внешним незаинтересованным фактором [3]. Однако, как известно, ни один случайный процесс не является полностью хаотичным. Предположим, что текущий уровень спроса зависит от того, какой спрос был на предыдущем этапе. Одним из универсальных методов, позволяющих задать переходы уровня спроса с определённой вероятностью, являются цепи Маркова [4].

Для отображения вероятностей перехода каждого уровня в самого себя и в другие уровни представим граф (рис. 1). Для более компактного отображения обозначим низкий уровень спроса буквой «Н», средний – «С», высокий – «В». Вероятности графа могут быть представлены и в другом виде, то есть это условно принятые величины. Подобный выбор основан на тяготении спроса к среднему уровню, так как вероятность перейти из любого состояния к среднему значению для каждого исходного показателя наибольшая.

Изменение уровня спроса с помощью марковских цепей выполняется в несколько этапов:

- I. Определяется уровень спроса на предыдущем этапе. Каждый уровень кодируется цифрой (низкий – 1, средний – 2, высокий – 3). Предполагается, что начальный уровень спроса – средний.
- II. Генерируем случайную величину от 0 до 1 по равномерному закону распределения. Делим на три отрезка (так как три сценария) значения от 0 до 1: 1) меньше или равно значению вероятности перехода в низкий уровень спроса; 2) больше или равно значению единица минус вероятность перехода в высокий уровень; 3) оставшиеся значения. Каждому отрезку присваивается определённая величина.
- III. Расчёт поправочных коэффициентов с учетом уровня спроса на предыдущем этапе. Всего вводится три поправочных коэффициента (по одному для каждо-

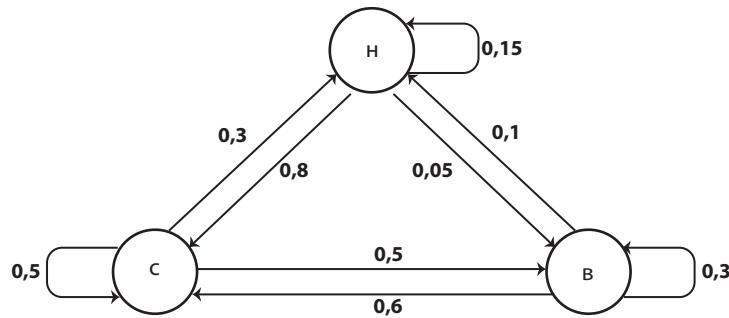


Рис. 1. Представление матрицы переходов в виде графа

го сценария). Если был установлен уровень спроса, соответствующий поправочному коэффициенту, то в соответствии со значением, найденным на этапе генерации случайной величины (этап 2), выбираем значение уровня спроса (для низкого – 0,7, среднего – 1, высокого – 1,5). Для поправочных коэффициентов, чьи уровни не совпали с уровнем предыдущего этапа, результат будет равен 1.

Произведение поправочных коэффициентов даст искомое значение уровня.

7. Сформирован цену для каждого периода времени  $t$  розничного звена, определяем полученный им доход, как произведение цены на количество проданной продукции. Если же спрос был выше, чем сумма запаса с предыдущих этапов и поставки, то магазин получит доход только от продажи количества товаров, сумма которых равна значению запаса на предыдущем периоде плюс поставка от оптовика.
8. При значительных объемах закупки продукции (при превышении экзогенно заданного критического показателя) у магазина есть возможность проводить маркетинговые мероприятия. Цена на проведение маркетинга в данном исследовании будет задана экзогенно. Кроме того, отклик покупателя на проведение маркетинговых мероприятий также задан экзогенно распределённой по нормальному закону случайной величиной от 1 до 5.
9. Прибыль магазина будет рассчитываться как разница дохода и суммы затрат, которые включают затраты на маркетинг и складирование товара. Это будет бухгалтерская прибыль. Чтобы найти экономическую прибыль, из бухгалтерской прибыли необходимо вычесть значение упущенной прибыли.

На основе вышеприведенных предположений была сформирована имитационная модель в детерминированной и стохастической постановке (рис. 2). Отличие между ними состоит в наличии (стохастическая постановка) или отсутствии (детерминированная постановка) случайной величины, влияющей на спрос. В модели переменная, отражающая случайную величину, названа «уровень спроса».

Используя модель, проанализируем динамику спроса и предложения в стохастической (рис. 3) и детерминированной (рис. 4) постановке.

Таким образом, вне зависимости от предположения о наличии или отсутствии случайности, предложение отстает от спроса на один день. Следовательно, построенная имитационная модель действительно отражает паутинообразную концепцию. Кроме того, по графикам видно, что равновесие на рынке возможно только при условии отсутствия случайных факторов. При их наличии равновесие носит временный характер и скоро переходит в новое значение. Для более подробного изучения системы проанализируем динамику равновесной цены, которая устанавливается на рынке. Значение цены также рассматриваем в стохастической (рис. 5) и детерминированной (рис. 6) постановке.

При анализе динамики цены, можно прийти к выводу, что тенденции её развития совпадают с тенденциями изменения спроса и предложения: в детерминированной постановке цена, также как спрос и предложение, приходит к стабильному равновесию, в стохастической же постановке равновесие носит временный характер, что довольно точно отражает реальную ситуацию, которая складывается на рынке.

Для каждого предприятия, вне зависимости от конъюнктуры рынка, важно достижение главной цели его функционирования – получение прибыли. Используя показатели экономической и бухгалтерской прибыли магазина, оцениваем целесообразность установления предложения, отстающего от спроса. Аналогично с изучением цены рассматриваем два показателя прибыли в стохастической (рис. 6) и детерминированной (рис. 8) постановке задачи.

Анализ представленных графиков показывает, что деятельность предприятия, руководящегося паутинообразной моделью установления предложения, целесообразна вне зависимости от наличия или отсутствия случайных факторов. При этом в стохастической постановке экономическая прибыль несколько выше, то есть при эффективном управлении предприятием существует возможность использовать скачки потребительского спроса с прибылью.

Таким образом, в данной работе была построена детерминированная и стохастическая модели паутинообразного предложения. При изучении имитационной модели в стохастической постановке было установлено, что система приходит к стабильному равновесию вне зависимости от

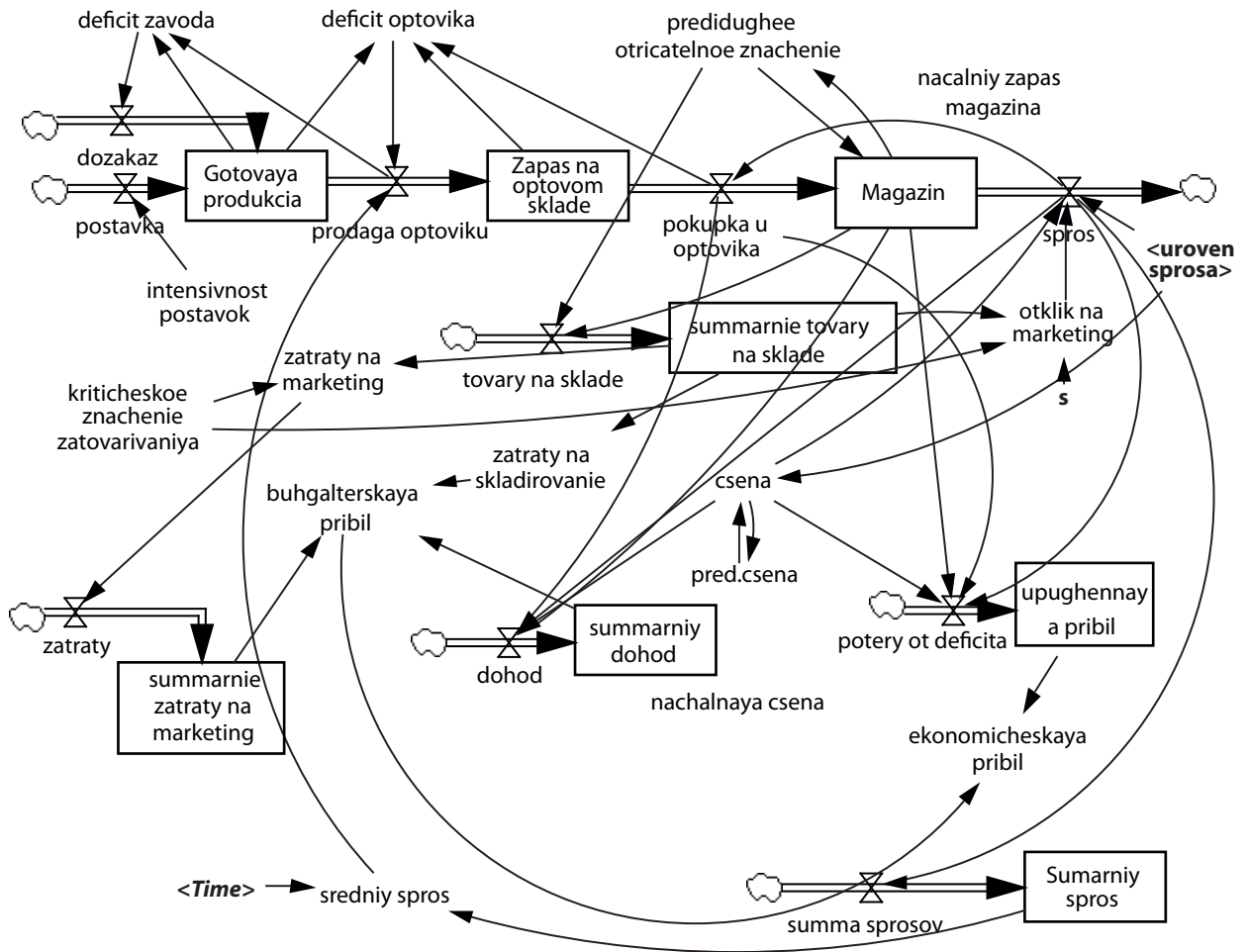


Рис. 2. Имитационная паутинообразная модель ценообразования

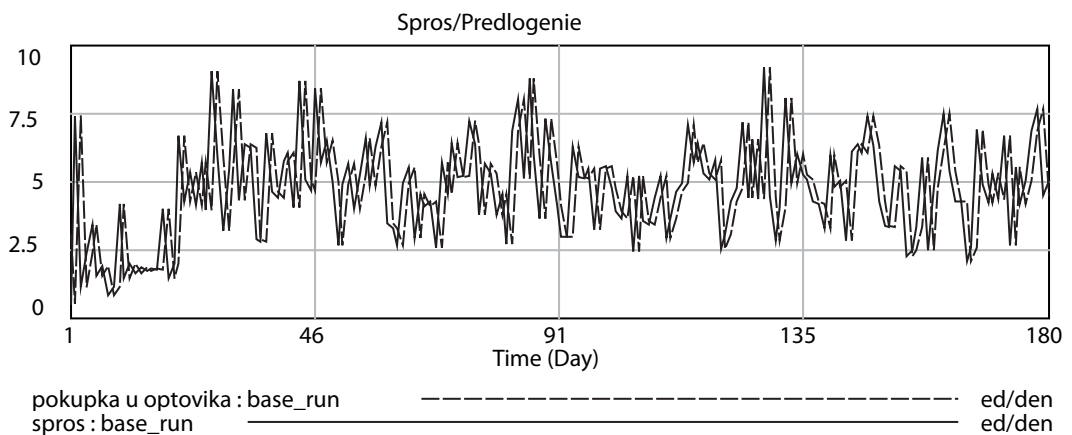


Рис. 3. Динамика спроса и предложения в стохастической постановке

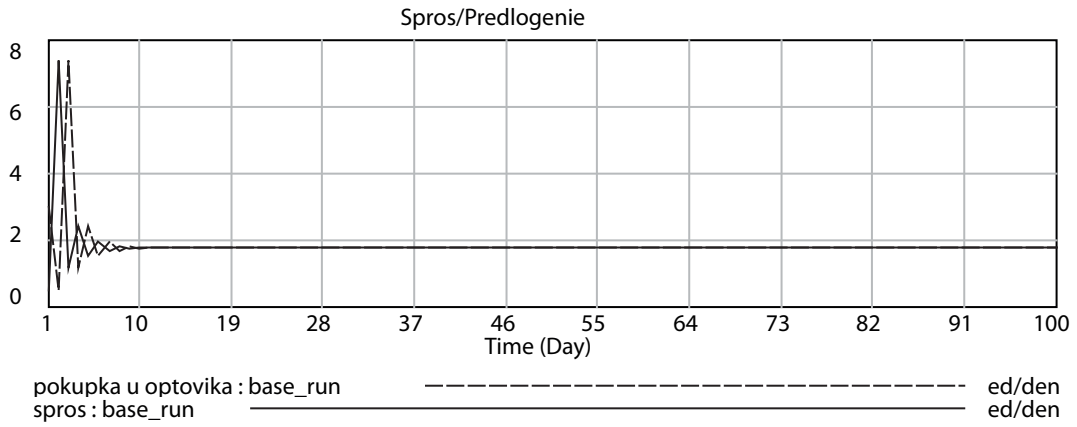


Рис. 4. Динамика спроса и предложения в детерминированной постановке

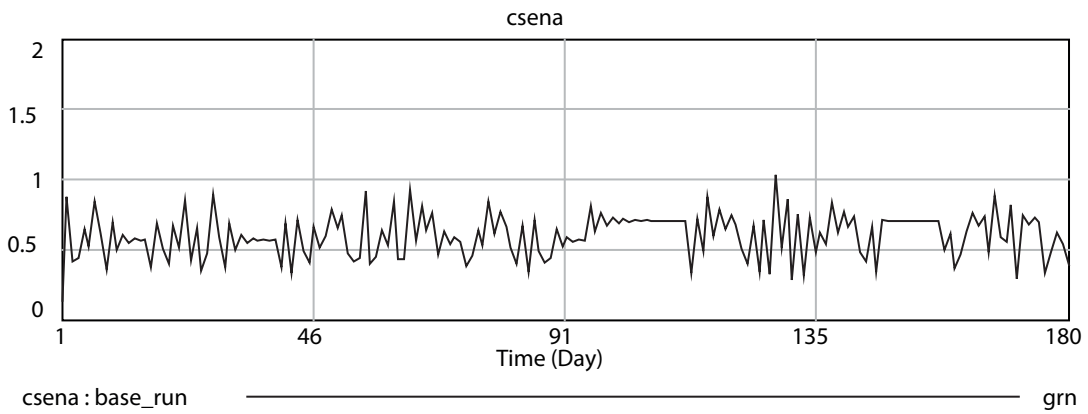


Рис. 5. Динамика цены в стохастической задаче

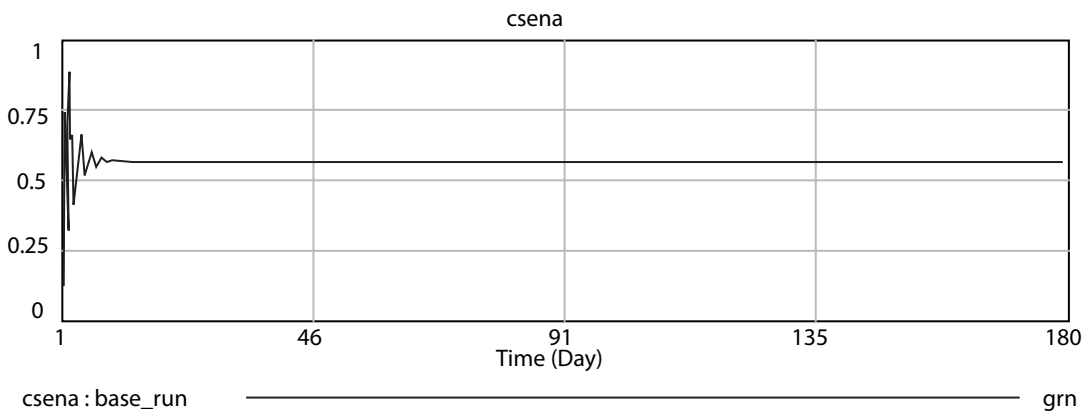


Рис. 6. Динамика цены в детерминированной задаче



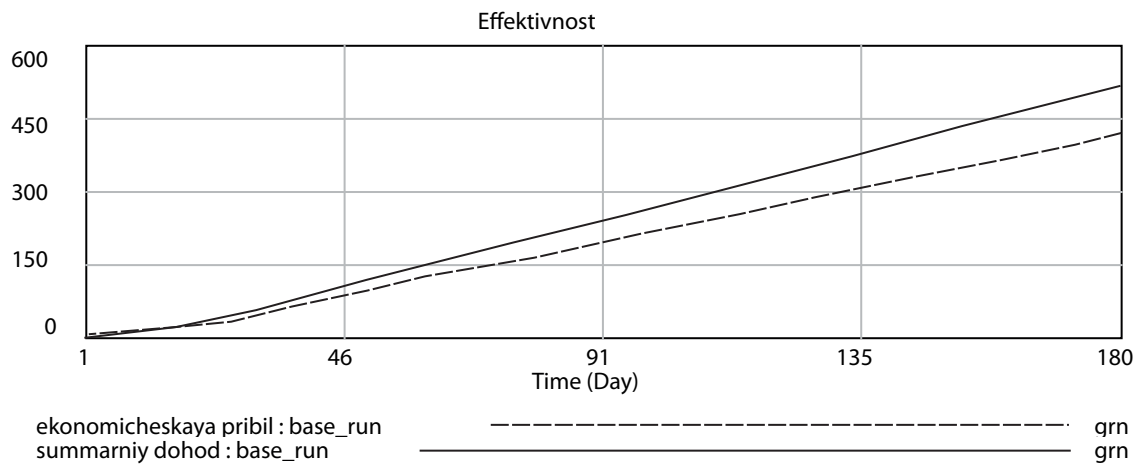


Рис. 7. Эффективность деятельности предприятия в стохастической постановке задачи

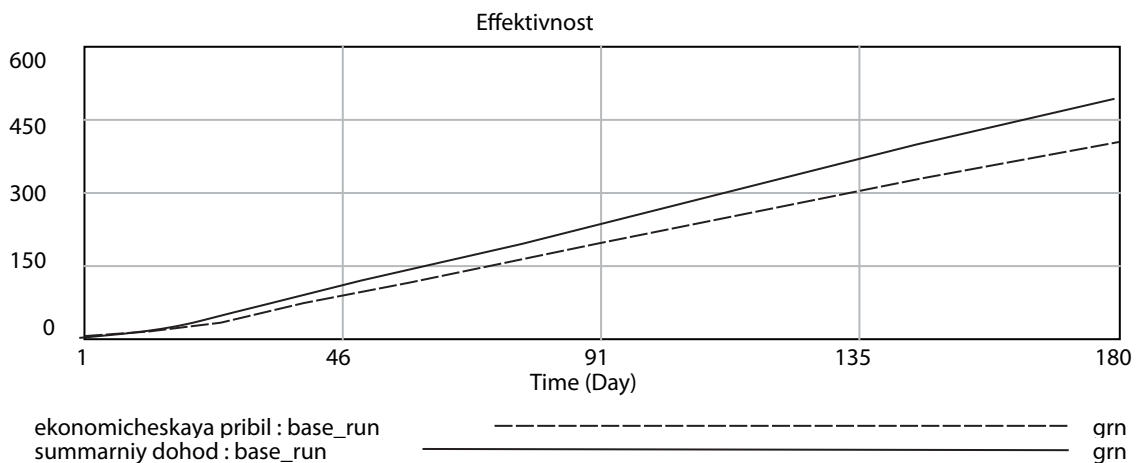


Рис. 8. Эффективность деятельности предприятия в детерминированной постановке задачи

начально установленной цены, так как её динамику задаёт вид функций спроса и предложения, а не определенные числовые показатели. Данный вывод основан на анализе чувствительности модели к значению начальной цены при задании лучшего и худшего сценария.

Выбор стратегии паутинообразного установления предложения приведёт к положительным результатам, так как экономическая прибыль магазина будет положительна, и существенно отличается от нуля вне зависимости от наличия или отсутствия случайных факторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Селищев А. С. Микроэкономика. – СПб: Питер, 2002. – 448 с.
2. Тарасевич Л. С. Микроэкономика. – Москва: Юрайт, 2006. – 374 с.
3. Смагин Б. И. Игры с природой. Учебно-методическое пособие. – Мичуринск: Наукоград РФ, 2008 – С. 16.
4. Кельберт М. Я., Сухов Ю. М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. – М.: МЦНМО, 2009. – 295 с.

## REFERENCES

- Kelbert, M. Ya., and Sukhov, Yu. M. Veroiatnost y statystyka v prymerakh y zadachakh [Probability and Statistics in the examples and problems]. Moscow: MTsNMO, 2009.
- Smagin, B. I. Iгры s prirodoy [Games with nature]. Michurinsk: Naukograd RF, 2008.
- Selishchev, A. S. Mikroekonomika [Microeconomics]. St. Petersburg: Piter, 2002.
- Tarasevich, L. S. Mikroekonomika [Microeconomics]. Moskva: Yurayt, 2006.