

УДК 004.94:330.45

ДИНАМИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЛИГОПОЛИСТИЧЕСКОЙ КОНКУРЕНЦИИ

Салахутдинов Э.Р., Хту Кхант Аунг, Ижуткин В.С.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет МЭИ», Москва,
e-mail: izhutkin@yandex.ru

В работе рассматривается динамическая программная реализация математических моделей олигополистической конкуренции. В модели Курно каждая фирма выбирает оптимальный объем производства на основании информации об объеме выпуска конкурента и рыночной ситуации. В модели Штакельберга можно выделить фирму лидера (придерживается стратегии монополиста) и последователя или ведомого (действует согласно модели Курно). Другим вариантом является сговор фирм, которые совместно устанавливают некоторые соглашения по распределению рынка. Компьютерная модель, основанная на дифференциальных уравнениях, позволяет динамически задавать параметры рынка (функцию спроса) и характеристики предприятий (функцию издержек и/или объем выпуска), на основании данной информации пользователь может получать следующую информацию: определение равновесного объема выпуска фирм, определение цены продукции на рынке и прибыли фирм, определение целесообразности текущего объема выпуска в сравнении с равновесным выпуском представленных моделей, сравнительный анализ показателей (выпуск, цена и прибыль). Модель может использоваться для упрощения процесса анализа олигополистического рынка при принятии управленческих решений, а также для изучения различных механизмов взаимодействия в олигополистической конкуренции. Для успешного освоения компьютерной модели представлены примеры, которые демонстрируют функциональность системы. Наряду с примерами предлагаются упражнения.

Ключевые слова: компьютерная модель, олигополистическая конкуренция, картель, Курно, Штакельберг

DYNAMIC COMPUTER MODEL QUANTITATIVE OLIGOPOLISTIC COMPETITION

Salakhutdinov E.R., Htoo Khant Aung, Izhutkin V.S.

National Research University Moscow Power Engineering Institute, Moscow, e-mail: izhutkin@yandex.ru

The paper considers the dynamic software implementation of mathematical models of oligopolistic competition. In the Cournot model, each firm chooses the optimal production volume based on information about the competitor's output volume and the market situation. In the Stackelberg model, one can distinguish the firm of the leader (adheres to the strategy of the monopolist) and the follower or slave (acts according to the Cournot model). Another option is the collusion of firms that jointly establish some agreements on the distribution of the market. A computer model based on differential equations allows you to dynamically set the parameters of the market (the demand function) and the characteristics of enterprises (the cost function and / or output volume), based on this information, the user can get the following information. determining the equilibrium volume of output of firms, determining the price of products on the market and the profit of firms, determining the feasibility of the current volume of output in comparison with the equilibrium output of the presented models, comparative analysis of indicators (output, price and profit). The model can be used to simplify the process of analyzing the oligopolistic market when making management decisions, as well as to study various mechanisms of interaction in oligopolistic competition. To successfully master the computer model, examples are presented that demonstrate the functionality of the system. Along with examples, exercises are offered. The paper considers the dynamic software implementation of mathematical models of oligopolistic competition. In the Cournot model, each firm chooses the optimal production volume based on information about the competitor's output volume and the market situation. In the Stackelberg model, one can distinguish the firm of the leader (adheres to the strategy of the monopolist) and the follower or slave (acts according to the Cournot model). Another option is the collusion of firms that jointly establish some agreements on the distribution of the market. A computer model based on differential equations allows you to dynamically set the parameters of the market (the demand function) and the characteristics of enterprises (the cost function and / or output volume), based on this information, the user can get the following information. determining the equilibrium volume of output of firms, determining the price of products on the market and the profit of firms, determining the feasibility of the current volume of output in comparison with the equilibrium output of the presented models, comparative analysis of indicators (output, price and profit). The model can be used to simplify the process of analyzing the oligopolistic market when making management decisions, as well as to study various mechanisms of interaction in oligopolistic competition. To successfully master the computer model, examples are presented that demonstrate the functionality of the system. Along with examples, exercises are offered.

Keywords: computer model, oligopolistic competition, cartel, Cournot, Stackelberg

Рыночная структура олигополии характеризуется наличием небольшого числа фирм-конкурентов, которые выстраивают свою экономическую политику исходя из действий своих конкурентов. Отличительной чертой олигополии является факт обязательной ответной реакции на любые действия конкурентов [1, с. 27].

В данной работе рассматривается динамическая программная реализация следующих моделей олигополистической конкуренции: модель Курно, модель Штакельберга и модель картельного сговора.

В модели Курно каждая фирма выбирает оптимальный объем производства на основании информации об объеме выпуска конку-

рента и рыночной ситуации. Модификацией модели Курно является модель Штакельберга, согласно которой можно выделить фирму лидера (придерживается стратегии монополиста) и последователя, или ведомого (действует согласно модели Курно). Другим вариантом взаимодействия является сговор фирм, которые совместно устанавливают некоторые соглашения по распределению рынка. Такая ситуация соответствует модели картельного сговора [2].

Существующие компьютерные модели Коршунова (Duopoly 1–3) [3, 4], реализующие количественную дуополию, основаны на биматричной игре с чистыми стратегиями. Программная реализация включает в себя программное окно для задания параметров и программное окно для графической интерпретации результата при помощи кривых реакции.

Целью работы является разработка компьютерной модели на основе дифференциальных уравнений, которая реализует три математические модели количественной олигополистической конкуренции: модель Курно, модель Штакельберга и модель картельного сговора.

Материалы и методы исследования

Функция отраслевого спроса задаётся следующим образом.

$$P = a - b \cdot (q_1 + q_2),$$

где P – цена продукции, a , b – коэффициенты функции спроса,

q_1 – объём выпуска фирмы 1, q_2 – объём выпуска фирмы 2.

Задача каждой фирмы – максимизация прибыли. Из этого факта получаем следующее.

$$\Pi_i = TR_i(q_{i-1}, q_i) - TC_i(q_i) =$$

$$(a - b \cdot (q_{i-1} + q_i)) \cdot q_i - c_{i-1} \cdot q_{i-1} \rightarrow \max(q_i),$$

где Π_i – прибыль i -й фирмы, TR_i – выручка i -й фирмы, TC_i – общие издержки, c_i – издержки i -й фирмы.

Модели Курно в непрерывном времени соответствует уравнение [5, с. 5–6].

$$Q_n - Q_{n-1} = \frac{a - 2c_n - c_{n-1}}{2b} - \frac{3}{2}Q_{n-1},$$

$$Q(t) - \text{объём производства.}$$

Этому конечно-разностному соответствует следующее дифференциальное уравнение

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{a - 2c_n - c_{n-1}}{2b} - \frac{3}{2}Q(t).$$

Решение этого дифференциального уравнения:

$$Q(t) = \frac{a - c}{3b} + \left(Q(0) - \frac{a - c}{3b} \right) e^{-\frac{3}{2}t}. \quad (1)$$

Модели Штакельберга в непрерывном времени для фирмы лидера [3] соответствует следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{2}{3} \frac{a - 2c_n - c_{n-1}}{b} - \frac{5}{3}Q(t).$$

Решение данного уравнения:

$$Q(t) = \frac{a - c}{2b} + \left(Q(0) - \frac{a - c}{2b} \right) e^{-\frac{5}{3}t}. \quad (2)$$

Модели Штакельберга в непрерывном времени для фирмы последователя [3] соответствует следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{a - 2c_n - c_{n-1}}{2b} - \frac{3}{2}Q(t).$$

Решение данного уравнения:

$$Q(t) = \frac{a - c}{4b} + \left(Q(0) - \frac{a - c}{4b} \right) e^{-\frac{3}{2}t}. \quad (3)$$

Модели картельного сговора [6] в непрерывном времени соответствует следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{a - 2c_n - c_{n-1}}{2b} - 2Q(t).$$

Решение дифференциального уравнения:

$$Q(t) = \frac{a - c}{4b} + \left(Q(0) - \frac{a - c}{4b} \right) e^{-2t}. \quad (4)$$

Модели картельного сговора, если одна из фирм решает нарушить картельный сговор [6] в непрерывном времени соответствует следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \frac{a - 2c_n - c_{n-1}}{4b} - 2Q(t).$$

Решение данного уравнения:

$$Q(t) = \frac{3(a - c)}{8b} + \left(Q(0) - \frac{3(a - c)}{8b} \right) e^{-2t}. \quad (5)$$

Решения (1)–(5) дифференциальных уравнений для моделей Штакельберга и картельного сговора получены в [5] аналогично модели Курно.

Предлагаемая компьютерная модель, основанная на визуализации решений дифференциальных уравнений (1)–(5), позволяет динамически задавать параметры рынка (функцию спроса) и характеристики предприятий (функцию издержек и/или объём выпуска), на основании данной информации пользователь может получать следующую информацию.

1. Определение равновесного объёма выпуска фирм при различных моделях (модель Курно, модель Штакельберга и модель картельного сговора) олигополистической конкуренции.

2. Определение цены продукции на рынке и прибыли фирм при равновесном или определённо заданном объёме производства.

3. Определение целесообразности текущего объёма выпуска в сравнении с равновесным выпуском представленных моделей и получение рекомендации по его изменению.

4. Результаты сравнительного анализа показателей (выпуск, цена и прибыль) у различных моделей.

Результаты исследования и их обсуждение

Для достижения поставленной цели была разработана компьютерная модель [7] с использованием языка программирования C#, в которой реализовано пять про-

граммных окон. На рис. 1 представлено главное программное окно.

Главное программное окно (рис. 1) можно разделить на 4 части:

1) *Параметры модели.* В данной части задаются основные параметры компьютерной модели: функция спроса, функции издержек, объём выпуска, а также выбирается стратегия поведения. Всего можно выделить 9 различных стратегий.

– модель Курно – общий случай (выбрана по умолчанию);

– модель Курно – частный случай с заданным объёмом производства;

– модель Штакельберга – Фирма 1 – лидер, Фирма 2 – последователь;

– модель Штакельберга – Фирма 1 – последователь, Фирма 2 – лидер;

– модель Штакельберга – Фирма 1 – лидер, Фирма 2 – лидер;

– модель Штакельберга – Фирма 1 – последователь, Фирма 2 – последователь;

– модель Картельного сговора – общий случай;

– модель Картельного сговора – Фирма 1 нарушила сговор;

– модель Картельного сговора – Фирма 2 нарушила сговор.

2) *График.* В данной области производится графическая визуализация результатов. На графике строятся кривые реакции и изопрофиты для двух фирм, а также отмечается точка равновесия.

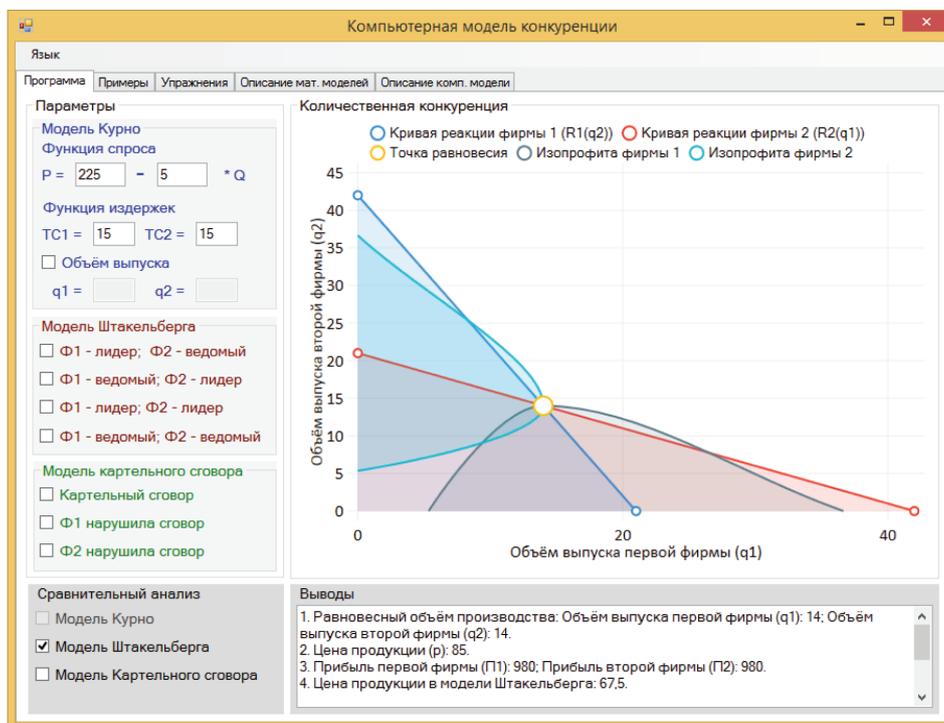


Рис. 1. Главное окно программы – модель Курно, общий случай

3) *Выбор модели для сравнительного анализа.* В данной области производится выбор между моделями Курно, Штакельберга и Картельного сговора для сравнительного анализа со стратегией, выбранной в первой области (области задания параметров компьютерной модели).

4) *Область с результатами работы программы.* В данной области представлены выводы из расчёта по выбранным параметрам, включая сравнительный анализ.

Для демонстрации особенностей работы программы представлены следующие примеры на рис. 2–4.

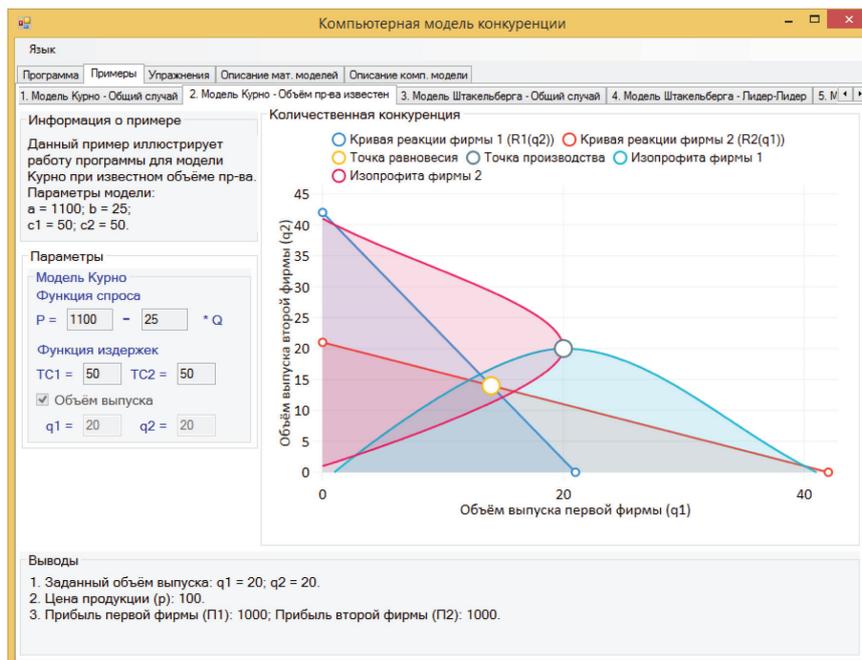


Рис. 2. Модель Курно – Объём производства известен

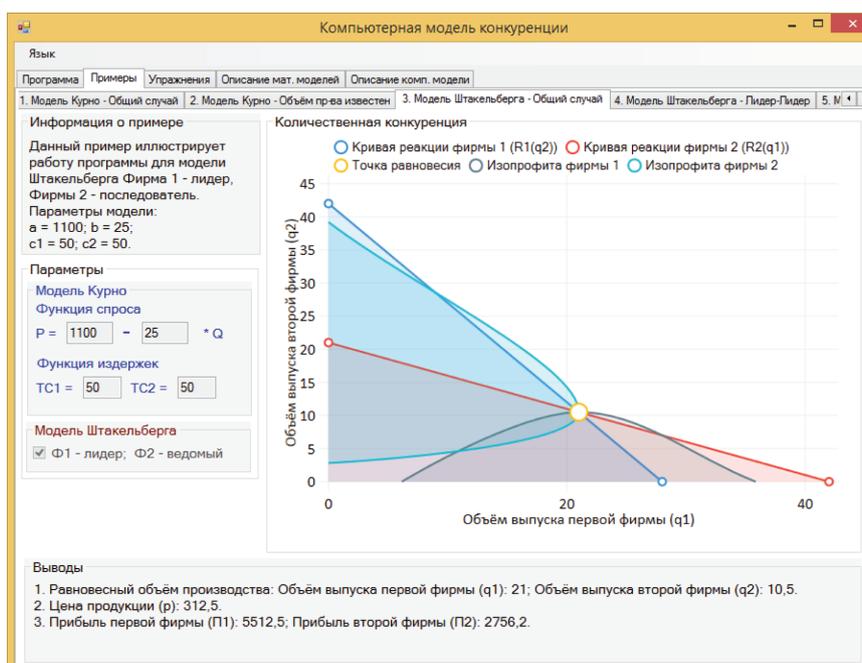


Рис. 3. Модель Штакельберга – Общий случай ($\Phi 1$ – лидер; $\Phi 2$ – ведомый)

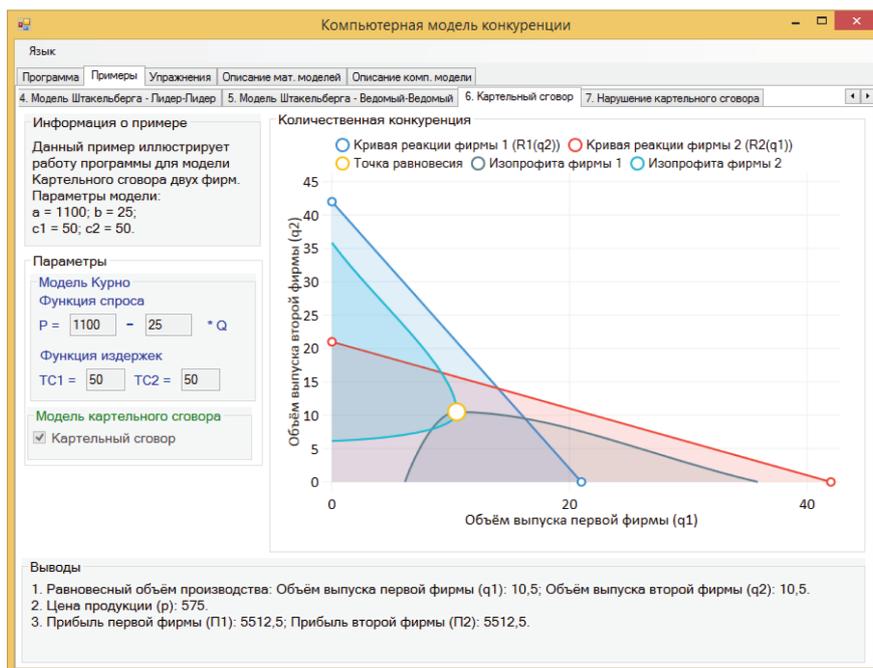


Рис. 4. Модель картельного сговора – Общий случай

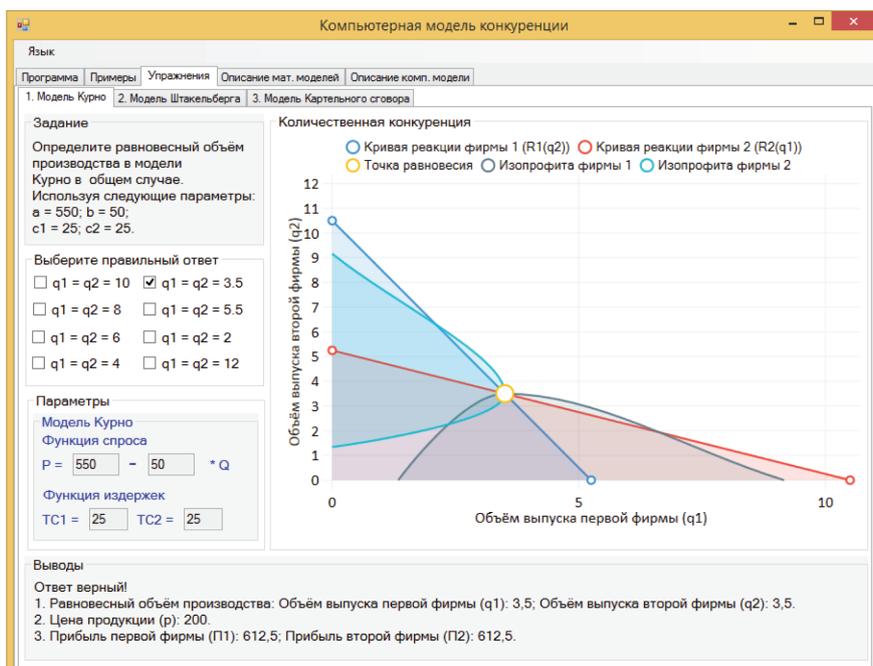


Рис. 5. Программное окно упражнения – Модель Курно

В модели кроме примеров реализованы упражнения на модель Курно (рис. 5), Штакельберга и картельного сговора. В качестве задания в этих упражнениях необходимо найти равновесный объём производства двух фирм и выбрать верный вариант

из предложенных вариантов. Если выбран правильный вариант, то на графике отобразится точка равновесия, в выводах будет отражено, что пример выполнен верно. В противном случае система сообщит, что выбран неправильный ответ.

Заключение

Разработанная компьютерная модель реализует основные математические модели количественной олигополистической конкуренции и может использоваться для процесса анализа олигополистического рынка при принятии управленческих решений, а также для изучения различных механизмов взаимодействия в олигополистической конкуренции. Для успешного освоения компьютерной модели представлены примеры, которые демонстрируют функциональность системы. Наряду с примерами предлагаются упражнения.

Список литературы

1. Мокроносов А.Г., Маврина И.Н., Мокроносов А.Г. Конкуренция и конкурентоспособность: учебное пособие. Екатеринбург: ФГАОУ ВО «Уральский федеральный уни-

верситет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина». 2014. 196 с.

2. Филатов А.Ю. Модели олигополии: современное состояние // Теория и методы согласования решений. Новосибирск: Наука, 2009. С. 29–60.

3. Коршунов В.А. Новые авторские компьютерные модели для исследования однородной и дифференцированной дуополии // Вестник МФЮА. 2017. № 2. С. 230–241.

4. Коршунов В.А. Исследование циклических траекторий в дуополии Курно – Штакельберга при равных ставках квадратичных затрат фирм // Вестник МФЮА. 2017. № 3. С. 154–167.

5. Автономные цены в условиях несовершенной конкуренции [Электронный ресурс]. URL: https://www.econ.msu.ru/ext/lib/Category/x56/x5d/22109/file/параграф%206_1.pdf (дата обращения: 05.05.2021).

6. Мицель А.А., Козлов С.В. Модели олигополии // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. 2007. Т. 311. № 6: Экономика. С. 4–8.

7. Салахутдинов Э.Р., Хту Кхант Аунг, Ижуткин В.С. Программная реализация математической модели количественной олигополистической конкуренции // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021615100 выдано Федеральной службой по интеллектуальной собственности 02.04.2021.