



**НАУЧНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 332.142.6

Дата поступления: 15.02.2023

рецензирования: 20.03.2023

принятия: 25.08.2023

**Имитационная модель принятия решений по выбору оптимального уровня качества в условиях неценовой конкуренции между производителями авиационной техники**

**С.А. Колычев**

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,  
г. Самара, Российская Федерация

E-mail: kolychev\_sa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0096-5879>

**Аннотация:** В данной статье рассматривается конкурентное взаимодействие производителей неоднородной продукции в условиях дуополии Курно, где, в отличие от классической модели объемной и ценовой конкуренции, главным параметром конкурентного взаимодействия является показатель уровня качества. Данный интегральный показатель уровня качества представлен количественной оценкой, которая учитывает свойства продукции как с точки зрения потребителя, так техническую и технологическую составляющую. На основе аналитической модели принятия решений по выбору оптимального уровня качества легкого самолета по средствам программно-вычислительного комплекса Simulink сформирована имитационная модель конкурентного взаимодействия между производителями, выпускающими различные модификации легких самолетов. С помощью данной имитационной модели проведено исследование влияния на равновесные значения отдельных параметров, таких как уровень затрат на производство единицы изделия, то есть себестоимость и уровень инвестиций, направленных непосредственно на повышение качества. Проведен анализ различных сценариев начальной динамики приспособления участников рынка с учетом выбираемых значений исходных параметров. Разработанная модель может быть использована при формировании конкурентной стратегии предприятиями, выпускающими легкомоторную авиационную технику, а также другую неоднородную машиностроительную продукцию.

**Ключевые слова:** конкуренция по уровню качества; имитационная модель конкуренции; дуополия Курно; оптимальные решения; равновесие конкурентного взаимодействия; рыночное равновесие.

**Цитирование.** Колычев С.А. Имитационная модель принятия решений по выбору оптимального уровня качества в условиях неценовой конкуренции между производителями авиационной техники // Вестник Самарского университета. Экономика и управление Vestnik of Samara University. Economics and Management. 2023. Т. 14, № 3. С. 219–227. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-3-219-227>.

**Информация о конфликте интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Колычев С.А., 2023**

*Колычев Сергей Александрович* – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

**SCIENTIFIC ARTICLE**

Submitted: 15.02.2023

Revised: 20.03.2023

Accepted: 25.08.2023

**Simulation model of decision-making on the choice of the optimal level of quality in the conditions of non-price competition between aircraft manufacturers**

**S.A. Kolychev**

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

E-mail: kolychev\_sa@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0096-5879>

**Abstract:** This article discusses the competitive interaction of producers of heterogeneous products in the conditions of the Cournot duopoly, where, unlike the classical model of volume and price competition, the main parameter of competitive interaction is the quality level indicator. This integral indicator of the quality level is represented by a quantitative assessment that takes into account the properties of the product, both from the point of view of the consumer, and the technical and technological component. Based on an analytical decision-making model for choosing the optimal quality level for a light aircraft using the Simulink software complex, a simulation model of competitive interaction between manufacturers producing various modifications of light aircraft has been formed. With the help of this simulation model, a research was made concerning the influence on the equilibrium values of individual parameters, such as the level of costs for the production of a unit of a product, that is, the cost and level of investments aimed directly at improving quality. The analysis of various scenarios of the initial dynamics of adaptation of market participants was carried out, taking into account the selected values of the initial parameters. The developed model can be used in the formation of a competitive strategy for enterprises producing light-engine aviation equipment, as well as other heterogeneous engineering products.

**Key words:** quality level competition; competition simulation model; Cournot duopoly; optimal solutions; competitive interaction equilibrium; market equilibrium.

**Citation.** Kolychev S.A. Simulation model of decision-making on the choice of the optimal level of quality in the conditions of non-price competition between aircraft manufacturers. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2023, vol. 14, no. 3, pp. 219–227. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2023-14-3-219-227>. (In Russ.)

**Information on the conflict of interest:** author declares no conflict of interest.

© Kolychev S.A., 2023

*Sergey A. Kolychev* – Candidate of Economics, associate professor of the Department of Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

## Введение

Классическое представление конкурентного взаимодействия, как правило, рассматривает параметры конкуренции, определяемые в первую очередь объемами выпуска и ценой. В экономике, где продукты являются неоднородными и динамично развивающаяся конкуренция не ограничивается данными по цене и объему, экономисты уже давно признали, что помимо классического представления существует также как отдельный вид конкуренции конкуренция по уровню качества. Качество продукта для покупателя всегда имело большое значение, и предпочтения потребителей в отношении различных уровней качества становятся все более разнообразными. Таким образом, для того, чтобы удовлетворить неоднородный спрос, все больше фирм производят дифференцированную продукцию с различным уровнем качества. Рынок легких самолетов не является исключением, поскольку представлен большим многообразием различных модификаций, которые в свою очередь персонализируются с учетом предпочтений конкретного потребителя. Качественный параметр в данной статье представлен в виде количественной оценки и является изменяемым параметром. С учетом специфики выпускаемых изделий, применяемых технологий и материалов производитель может изменять уровень качества в соответствии с оптимальными равновесными значениями, полученными в результате моделирования конкурентного взаимодействия. Оптимальный выбор уровня качества будет способствовать получению большего финансового результата. Целью данной статьи является исследование влияния уровня качества продукции на конкурентное взаимодействие для производителей легкомоторной авиационной техники. В данной работе на основе аналитической модели принятия решений по выбору оптимального уровня качества легкого самолета сформирована имитационная экономико-математическая модель конкурентного взаимодействия между производителями, выпускающими различные модификации легких самолетов в условиях дуополии. Разработанная модель может быть использована при формировании конкурентной стратегии предприятиями, выпускающими легкомоторную авиационную технику и другую машиностроительную продукцию.

Усиливающаяся конкуренция на международных рынках – это непреложный факт развития глобальной экономики. Помимо классического представления конкуренции по цене и объемам выпуска, все большее значение с точки зрения покупателей приобретает качество. В борьбе за потребителя предприятия вынуждены вести работу, направленную на повышение привлекательности продукции для различных категорий заказчиков, изменяя определенные параметры той или иной модификации. Сложно переоценить растущую важность качества продукции для потребителя, поскольку потребительский выбор осуществляется на основе предпочтений, и, когда доступны различные уровни продуктов, покупатели могут перейти от простого принятия решения «покупать/не покупать» к более

сложным соображениям о дополнительной ценности, которая обеспечивается дополнительной дифференциацией продукции [1].

Говоря о конкуренции по качеству, необходимо учитывать, что ценовой фактор и качественные параметры тесно связаны между собой, и там, где есть качественная конкуренция, она часто смешивается с ценовой [2,3]. Поэтому в моделях неценовой конкуренции необходимо определить отдельное влияние качества на динамику конкурентного взаимодействия.

Стратегия дифференциации продукции связана с инновациями, а большинство производственных изменений, направленных на повышение качества продукции, сопряжены с дополнительными объемными затратами. Поскольку качество зависит от технических и технологических параметров производственной системы, таких как тип производства, квалификация работников, применяемых материалов, технологии, используемого сырья, оборудования и прочее, то производственная компания, изменяя эти параметры, может влиять на уровень качества готового изделия [4]. В этой связи особое значение в условиях рыночного взаимодействия для производителя приобретает принятие решения по выбору оптимального уровня качества выпускаемых изделий и, как следствие, оптимального объема инвестиций.

При анализе работ, посвященных исследованию влияния качества на рыночное взаимодействие, был выявлен ряд противоречий. В то время как усиливающаяся конкуренция во многом увеличивает стимулы для обеспечения высокого качества, более высокая конкуренция также уменьшает соотношение цены и затрат, что, в свою очередь, снижает стимулы к инвестированию в качество [5]. С другой стороны, тенденция к снижению стоимости производства продукции с целью минимизации издержек имеет тенденцию к падению привлекательности продукции [6]. В зависимости от целевых значений уровня качества объемы инвестиций могут значительно варьироваться. Несмотря на то что стратегия конкуренции по качеству в конечном итоге может оказаться более прибыльной [7], по данным других исследований, оказывается не всегда более прибыльным количественное значение качества большего, чем у конкурента, в некоторых случаях большую прибыль получает фирма, уровень качества продукции которой ниже, чем у конкурента [8]. Преобразование производственной структуры, подразумевающее закупку нового оборудования, применение новых материалов или модернизацию технологических процессов, для компании означает решение, к которому она должна подходить более ответственно, от которого будет зависеть объем полученной прибыли.

Целью данного исследования являются формирование модели принятия решений по выбору оптимального уровня качества легкого самолета и анализ влияния данного интегрального показателя качества на поведение фирм в условиях неценовой конкуренции. Моделирование производится в среде Matlab Simulink. Данное программное обеспечение подходит для моделирования различных экономических явлений, позволяет сформировать алгоритмы конкурентного взаимодействия и сформировать модели принятия решений по выбору оптимального уровня качества изделий [9]. Сформированная модель позволяет определить линии реакции участников рынка как траектории приспособления к условиям рынка, а также оперативно проводить различные численные эксперименты, чтобы определить влияние отдельных параметров на рыночное равновесие.

В данной работе в моделях конкурентного взаимодействия используется интегральный показатель качества, сформированный с использованием методики, учитывающей главные, с точки зрения потребителя, свойства легкого самолета, соотношенные с показателями среди аналогичных конкурентных изделий, что позволяет в полной мере рассматривать данный показатель как параметр конкуренции в разработанных математических моделях между производителями на рынке легкомоторной авиационной техники. Методика оценки качества легкого самолета и формирования интегрального количественного показателя подробно описана в статье [10]. Данная методика может использоваться при оценке уровня качества машиностроительной продукции с целью определения, в первом приближении, уровня конкурентоспособности изделий и использования в дальнейшем этого параметра в моделях конкурентного взаимодействия.

Для определения влияния интегрального показателя качества на поведение фирм и формирование ими конкурентной стратегии рассматривается рыночное взаимодействие производителей в условиях дуополии. Структура дуополии как важный аспект экономической динамики, была глубоко изучена и исследована. Дуополия – это рынок, состоящий из двух конкурирующих фирм, в которых фирма выбирает свою стратегию, основываясь на своих собственных действиях и действиях конкурента. Условия взаимодействия могут быть различны, что позволяет определить влияние факторов на конкретные параметры. Исследование такого взаимодействия с учетом параметров, которые характеризуют продукцию с позиции не ценовых, а качественных свойств, позволяет определить динамику конку-

рентной среды через эволюцию равновесия данного взаимодействия при интегральном показателе качества, как основном параметре конкуренции.

В предложенной авторами модели дуополии предполагается, что фирмы ищут такой оптимальный уровень качества, который максимизирует их прибыль. Подобные исследования, связанные с определением влияния неценовых параметров на поведение фирм, приведены в работе [11], где исследуется дуополия в условиях конкуренции за счет асимметричной дифференциации, связанной с неценовым фактором. В данной работе оценивается влияние дорогостоящей рекламы на функцию спроса компании и функцию спроса конкурента. Аналогично с алгоритмом исследования в данной статье авторы на первом этапе формируют и решают аналитическую модель конкурентного взаимодействия, затем, с помощью аппарата численного моделирования формируется имитационная модель, основанная на аналитической модели, исследуется ряд различных параметров. В работе [12] исследуется динамика взаимодействия компаний в условиях неценовой конкуренции, основанной на таких параметрах, как: технический уровень продукции, кадровые ресурсы, корпоративная культура, то есть это основные элементы производственной структуры, от которых зависит качество готовой продукции.

В данной работе сформирована на основании аналитической модели имитационная модель конкурентного взаимодействия в условиях дуополии, где основным параметром конкуренции является интегральный показатель качества легкого самолета. Изучены динамика значений рыночного равновесия и траектория приспособления участников рынка к взаимодействию как конкурентная стратегия по выбору оптимальных параметров на каждом этапе взаимодействия. Сформированная модель позволяет оперативно проводить численные эксперименты и определять оптимальные значения уровня качества, учитывающие рыночную конъюнктуру.

Предложена модель конкурентного взаимодействия на рынке легких самолетов в условиях неценовой конкуренции. Данная модель учитывает изменение функции спроса в зависимости от уровня летного качества изделий и позволяет рассчитывать равновесные объемы производства и цены на готовую продукцию. Разработанный подход может быть использован в качестве инструментария поддержки принятия решений по планированию развития и формирования производственной стратегии на предприятиях, выпускающих легкомоторную авиационную технику.

### Ход исследования

#### Формирование и решение аналитической модели конкурентного взаимодействия

**Обоснование функции спроса.** В модели конкуренции по уровню качества выбор оптимального решения, так же как и в классической игре по Курно, определяется, исходя из функций полезности участников взаимодействия, но если на рынке существует конкуренция по уровню качества изделия, который характеризует изделие так:  $q_i(\omega)$ ,  $i = 1, n$ , где  $\omega$  – вектор показателя уровня качества готовой продукции. Для существования устойчивых равновесных стратегий по выбору оптимального уровня качества функция спроса должна удовлетворять следующим требованиям: с увеличением уровня качества легких самолетов  $i$ -го производителя спрос  $q_i(\omega)$  возрастает и, наоборот, сокращается в случае уменьшения уровня качества  $i$ -го производителя, при этом с ростом уровня качества продукции у  $j$ -го конкурента функция спроса будет убывать, то есть для любых значений  $\omega_i$  и  $\omega_j$  функция спроса  $q_i(\omega)$ ,  $i = 1, n$  возрастает по  $\omega_i$ ,  $i = 1, n$  и убывает по  $\omega_j$ ,  $j = 1, n$ ,  $i \neq j$ ,  $\forall \omega_j$ ,  $i \neq j$ ,  $\frac{\partial q_i}{\partial \omega_i} > 0$ ,  $\frac{\partial q_i}{\partial \omega_j} < 0$ ,  $i, j = 1, n$ ,  $i \neq j$ . Предположительные вариации по уровню качества изделия  $-\frac{\partial \omega_{ij}}{\partial \omega_{ik}} \leq 0$ ,  $j, k = 1, m$ ,  $j \neq k$ .

Для создания алгоритма имитационной модели рыночного взаимодействия производителей, необходимо составить аналитическую модель задачи выбора конкурентной стратегии. Вопрос формирования модели принятия решения по выбору оптимального уровня качества на рынке подробно рассмотрен в работах [1–5]. Частный случай олигополии, модель конкуренции, где взаимодействуют два участника, которые максимизируют собственные функции полезности, будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \text{Pr}_i(\omega) &= p_i(\omega_i)q_i(\omega) - c_i(q_i, \omega_i) \rightarrow \max, i = 1, 2, \\ q_i(\omega) &= q_0 + a_i^\omega \omega_i - b_i^\omega \omega_j, i = 1, 2, \\ p_i(\omega_i) &= p_{i0} + \gamma_i \omega_i, i = 1, 2, \\ c_i(q_i, \omega_i) &= c_i^q q_i(\omega) + c_i^\omega \omega_i, i = 1, 2, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\text{Pr}_i(\omega)$  – прибыль  $i$ -го производителя;  
 $q_i(\omega)$  – функция спроса;

$c_i(q_i, \omega_i)$  – затраты на производство одной модификации легкого самолета;  
 $c_i^q$  – себестоимость производства одного изделия;  
 $c_i^\omega$  – затраты на инновации;  
 $a_i^\omega, b_i^\omega$  – коэффициенты, характеризующие скорость возрастания и убывания функции спроса относительно изменения уровня летного качества легкого самолета  $i$ -го производителя и летного качества у изделий конкурентов;  
 $\gamma_i$  – коэффициент влияния уровня качества на цену изделия;  
 $p_{i0}$  – отпускная цена изделия;  
 $\omega_i$  – интегральный показатель уровня качества;

Необходимое условие существования максимума определяется в соответствии со следующим неравенством:

$$\frac{\partial \text{Пр}_i(\omega)}{\partial \omega_i} = 0. \quad (2)$$

Исходя из условий максимума, вычислим частную производную прибыли:

$$\frac{\partial \text{Пр}_i(\omega)}{\partial \omega_i} = 2\gamma_i a_i^\omega \omega_i - \gamma_i b_i^\omega \omega_j - c_i^q a_i^\omega + p_{i0} a_i^\omega + \gamma_i q_0 - c_i^\omega = 0. \quad (3)$$

Определение равновесных стратегий по выбору уровня качества сводится к формированию системы уравнений относительно неизвестных показателей уровня летного качества и принимает вид

$$\omega_i^0 = \frac{1}{2a_i^\omega \gamma_i} [a_i^\omega c_i^q - a_i^\omega p_{i0} - \gamma_i q_0 + c_i^\omega + b_i^\omega \omega_j]. \quad (4)$$

Для исследования динамических параметров конкурентного взаимодействия производителей на рынке легких самолетов в условиях неценовой конкуренции представим систему уравнений (5) в дискретном виде:

$$\begin{cases} \omega_1(t+1) = \frac{a_1^\omega c_1^q - a_1^\omega p_{10} - \gamma_1 q_0 + c_1^\omega}{2a_1^\omega \gamma_1} + \frac{b_1^\omega}{2a_1^\omega} \omega_2(t), \\ \omega_2(t+1) = \frac{a_2^\omega c_2^q - a_2^\omega p_{20} - \gamma_2 q_0 + c_2^\omega}{2a_2^\omega \gamma_2} + \frac{b_2^\omega}{2a_2^\omega} \omega_1(t). \end{cases} \quad (5)$$

### Имитационное моделирование. Формирование дискретной имитационной модели принятия решений

Для реализации имитационной динамической модели выбора оптимальной конкурентной стратегии по уровню качества используется модуль вычислительного комплекса MatLab (Simulink). На рисунке 1 приведен алгоритм имитационной динамической модели, с помощью которой осуществляется решение системы уравнений (3). Данная имитационная модель сформирована с использованием программного пакета Simulink (MatLab). Для формирования данной модели были использованы стандартные операторы из библиотеки (таблица 1).

**Таблица 1 – Операторы Simulink используемые для имитационной модели**  
**Table 1 – Simulink operators used for the simulation model**

№	Наименование блока	Наименование
1	Constant	Постоянное значение
2	Gain	Усиление
3	Divide	Деления
4	Add	Сумматор
5	UnitDelay	Интегрирования дискретного

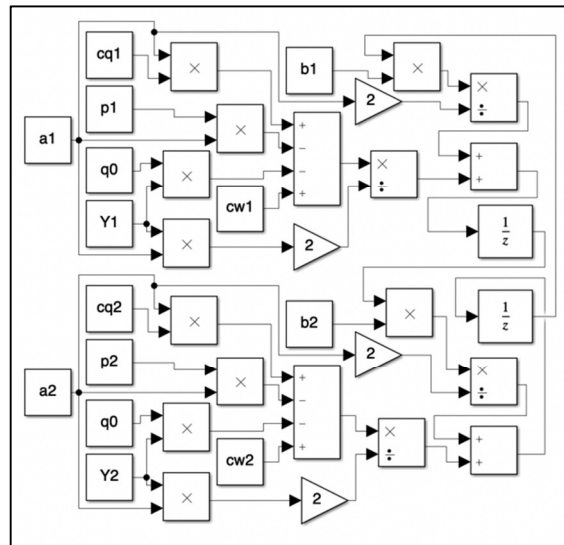


Рисунок 1 – Алгоритм решения задачи выбора оптимального уровня качества  
 Figure 1 – Algorithm for solving the problem of choosing the optimal quality level

На рисунке 1 представлен алгоритм имитационной динамической модели, с помощью которой осуществляется решение системы уравнений (5). В результате конкурентного взаимодействия по Курно фирмы-производители выбирают оптимальные уровни качества в ответ на выбранный конкурентом уровень качества в соответствии с собственными кривыми реакций. Полученные в результате реализации данного алгоритма значения уровня оптимального качества, соответствующие равновесным значениям по Нэшу, необходимы для определения объемов спроса на изделия каждого участника дуополии. Для определения количества единиц продукции сформируем алгоритм на основе заданной функции спроса (рис. 2).

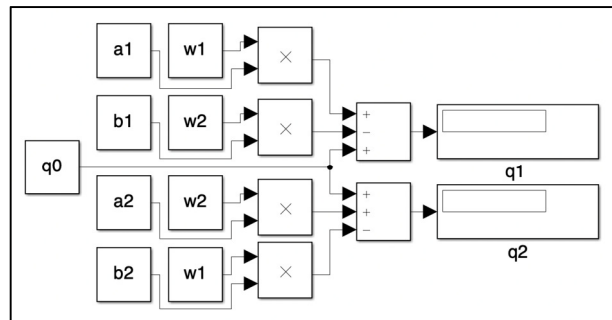


Рисунок 2 – Алгоритм определения объемов спроса в условиях конкуренции по уровню качества  
 Figure 2 – Algorithm for determining the volume of demand in a competitive environment in terms of quality

Для определения цен и прибыли участников рынка на основе решения аналитической задачи сформируем алгоритмы решения, позволяющие определять данные параметры, включая также и траекторию изменений данных параметров.

На рисунке 3 представлены алгоритм определения цен на изделия с учетом полученных равновесных значений уровней качества и алгоритм определения прибыли.

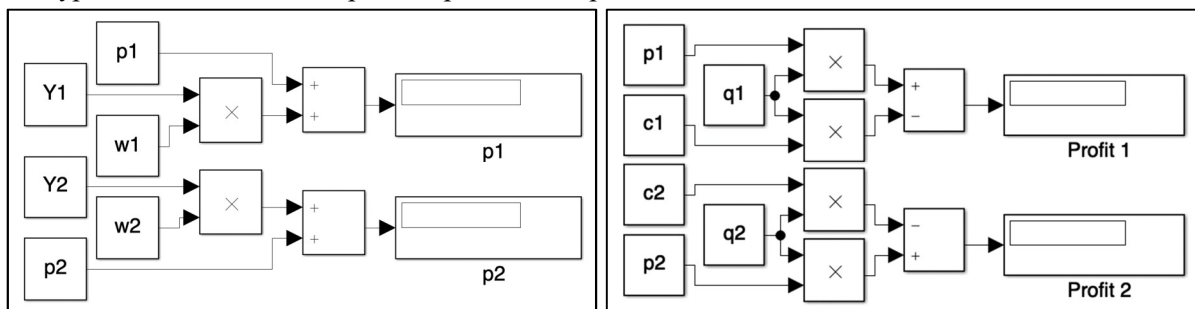


Рисунок 3 – Алгоритмы определения цен и прибыли  
 Figure 3 – Algorithms for determining prices and profits

**Результаты исследования. Решение задачи определения равновесных значений на рынке легких самолетов**

С помощью разработанной имитационной динамической модели проведем численный расчет определения оптимальных значений уровня качества между производителями легкомоторной авиационной техники в условиях дуополии. В качестве исходных примем следующие данные, представленные в таблице 2. В данном расчетном случае рассматривается влияние инвестиций, направленных на изменения уровня качества. Первый производитель инвестирует  $8,3 \cdot 10^6$  руб. второй производитель –  $8 \cdot 10^6$ .

**Таблица 2 – Исходные данные для имитационной модели выбора оптимального уровня качества**  
**Table 2 – Initial data for the simulation model for choosing the optimal quality level**

№	Символ	Значение	Примечание
1	$p_{ю}$	$12 \cdot 10^6$	Начальная цена
2	$\omega_1$	100	Исходный уровень качества продукции первого участника рынка
3	$\omega_2$	60	Исходный уровень качества продукции второго участника рынка
4	$c_i^q$	$7 \cdot 10^6$	Удельные затраты на производство единицы изделия
5	$c_1^{i0}$	$8,3 \cdot 10^6$	Инвестиции в качество у первого производителя
6	$c_2^{i0}$	$8,1 \cdot 10^6$	Инвестиции в качество у второго производителя
7	$a_i^{i0}$	0.3	Чувствительность спроса по уровню качества первого производителя
8	$b_i^{i0}$	0.1	Чувствительность спроса по уровню качества конкурента
9	$\gamma_i$	$5 \cdot 10^4$	Коэффициент изменения цены от уровня качества

В процессе конкурентного взаимодействия по Курно производители выбирают оптимальный уровень качества для своего изделия основываясь на выборе уровня качества конкурента, игра продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие по Нэшу. В результате расчета с помощью имитационной динамической модели были получены равновесные значения уровня качества и траектории изменения выбираемых параметров производителями в процессе конкурентного взаимодействия. На рисунке 4 представлены траектории выбора уровней качества дуополистами на каждом этапе игры. В соответствии с исходными данными начальный уровень качества у первого производителя равен 100 у второго производителя – 60. В результате взаимодействия равновесные значения качества у первого и второго производителей равны 90,85 и 85,14 соответственно. Такая разница в равновесных оптимальных значениях объясняется тем, что участники рынка направляют разные по объему инвестиции в изменение производственной системы с целью изменения уровня качества.

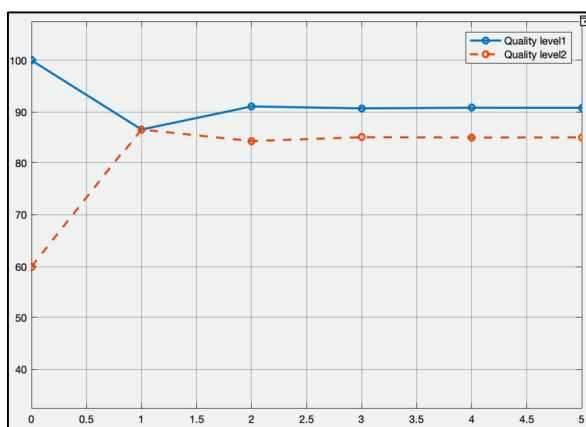


Рисунок 4 – Линии реакции участников неценовой дуополии  
 Figure 4 – Reaction lines of non-price duopoly participants

С помощью разработанных алгоритмов определим равновесные значения объемов. На рисунке 5 представлена динамика изменения выбираемых на основе заданных параметров функции спроса объемов выпуска производителями.

Ввиду более высокого уровня качества у первого производителя спрос на его продукцию будет выше, поэтому оптимальный объем выпуска составит 185, а у второго – 171.

Сведем полученные результаты по остальным параметрам в таблицу 3.

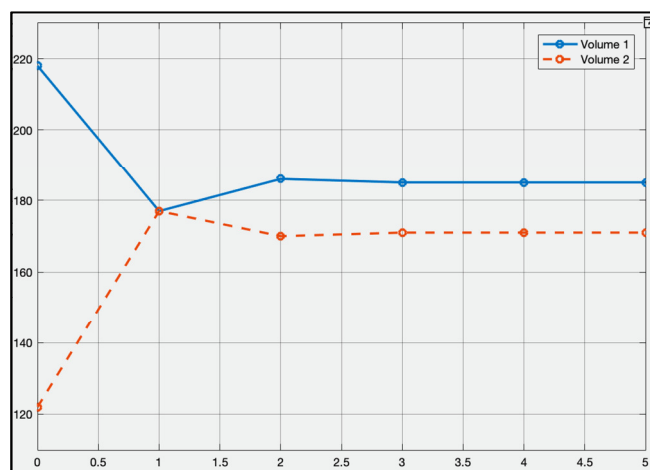


Рисунок 5 – Динамика изменения объемов выпуска  
 Figure 5 – Dynamics of changes in output volumes

Таблица 3 – Результаты конкурентного взаимодействия  
 Table 3 – Results of competitive interaction

№	Символ	Значение	Примечание
1	$p_1$	16542695,47	Цена на продукцию первого производителя
	$p_2$	16257201,65	Цена на продукцию второго производителя
2	$\omega_1$	100	Исходный уровень качества продукции первого участника рынка
3	$\omega_2$	60	Исходный уровень качества продукции второго участника рынка
4	$c_i^q$	$7 \cdot 10^6$	Удельные затраты на производство единицы изделия
5	$c_1^{oq}$	$8,3 \cdot 10^6$	Инвестиции в качество у первого производителя
6	$c_2^{oq}$	$8,1 \cdot 10^6$	Инвестиции в качество у второго производителя
7	$a_i^{oq}$	0.3	Чувствительность спроса по уровню качества первого производителя
8	$b_i^{oq}$	0.1	Чувствительность спроса по уровню качества конкурента
9	$\gamma_i$	$5 \cdot 10^4$	Коэффициент изменения цены от уровня качества

### Заключение

Имитационная динамическая модель конкуренции по уровню качества, разработанная автором, позволяет определить равновесные значения уровня качества, соответствующие оптимальным значениям, которые максимизируют функции полезности каждого производителя; траектории изменения оптимальных значений искомых параметров. Также данная модель автоматизирует расчетную часть исследований влияния отдельных параметров на стратегии участников конкурентного взаимодействия.

### Библиографический список

- Han X., Liu X. Equilibrium decisions for multi-firms considering consumer quality preference // International Journal of Production Economics. 2020. Vol. 227. Article number 107688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107688>.
- Chioveanu I. Price and quality competition // Journal of Economics. 2012. Vol. 107. P. 23–44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00712-011-0259-z>.
- Chie B.-T., Chen S.-h. Non-Price competition in a modular economy. An agent-based computational model // Economia Politica. 2013. Vol. 30, issue 3. P. 273–300. DOI: <http://dx.doi.org/10.1428/75294>.
- Колычев С.А., Гришанов Г.М., Иванов Д.Ю. Анализ состояния и перспективы развития рынка легких самолетов // Теоретико-методологические и практические проблемы интеграции, диверсификации и модернизации региональных промышленных комплексов: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева, под общ. ред. Н.М. Тюкавкина. Самара: АНО «Издательство СНЦ». 2017. С. 75–82. URL: <http://repo.ssau.ru/handle/Teoretikometodologicheskie-i-prakticheskie-problemy-integracii/Analiz-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya-rynka-legkih-samoleto-66135>; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30601589>. EDN: <https://www.elibrary.ru/ztrafx>.
- Brekke K. R., Siciliani L., Straume O.R., Price and quality in spatial competition // Regional Science and Urban Economics. 2010. Vol. 40. P. 471–480. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.REGSCIURBECO.2010.06.003>.



6. Battaglion M.R., Drufuca S.M. Quality competition and entry: a media market case // *Journal of Economics*. 2020. Vol. 130. P. 1–36. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00712-019-00681-9>.
7. Morikawa M. Price competition vs. quality competition: Evidence from firm surveys // *Journal of Economics and Business*. 2021. Vol. 116. Article number 106007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeconbus.2021.106007>.
8. Kurokawa S., Matsubayashi N. Price and quality competition with quality positions // *Journal of Economics & Management Strategy*. 2018. Vol. 27, issue 1. P. 71–81. DOI: <https://doi.org/10.1111/jems.12229>.
9. Тимохин А.Н., Румянцев Ю.Д. Моделирование систем управления с применением Matlab. Москва: Инфра-М, 2016. 256 с. URL: <https://nashol.me/20200124117979/modelirovanie-sistem-upravleniya-s-primeneniem-matlab-timohin-a-n-rumyancev-u-d-2016.html>.
10. Колычев С.А., Иванов Д.Ю. Моделирование конкурентного взаимодействия между производителями легких самолетов в условиях неценовой конкуренции // *Вестник НГИЭИ*. 2018. № 1 (80). С. 142–154. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-konkurentnogo-vzaimodeystviya-mezhdu-proizvoditelyami-lyogkih-samolyotov-v-usloviyah-netsenovoy-konkurentsii>.
11. Brady M. Asymmetric Horizontal Differentiation under Advertising in a Cournot Duopoly // *Games*. 2022. Vol. 13, issue 3. 35. DOI: <https://doi.org/10.3390/g13030037>.
12. Zhou W., Zhou J., Chu T., Li H. A Dynamic Duopoly Cournot Model with R&D Efforts and Its Dynamic Behavior Analysis // *Hindawi*. Vol. 2020. Article ID 9634878. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/9634878>.

## References

1. Han X., Liu X. Equilibrium decisions for multi-firms considering consumer quality preference. *International Journal of Production Economics*, 2020, vol. 227, Article number 107688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107688>.
2. Chioveanu I. Price and quality competition. *Journal of Economics*, 2012, vol. 107, pp. 23–44. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00712-011-0259-z>.
3. Chie B.-T., Chen S.-h. Non-Price Competition in a Modular Economy. *An Agent-Based Computational Model. Economia Politica*, 2013, vol. 30, issue 3, pp. 273–300. DOI: <http://dx.doi.org/10.1428/75294>.
4. Kolychev S.A., Grishanov G.M., Ivanov D.Yu. Analysis of state and development prospects of the light aircraft market. In: *Tyukavkin N.M. (Ed.) Theoretical, methodological and practical problems of integration, diversification and modernization of regional industrial complexes: collection of materials of the International research and practical conference*. Samara: ANO «Izdatel'stvo SNTs», 2017, pp. 75–82. Available at: <http://repo.ssau.ru/handle/Teoretikometodologicheskie-i-prakticheskie-problemy-integracii/Analiz-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya-rynka-legkih-samolyotov-66135>; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30601589>. EDN: <https://www.elibrary.ru/ztrafx>. (In Russ.)
5. Brekke K. R., Siciliani L., Straume O.R., Price and quality in spatial competition. *Regional Science and Urban Economics*, 2010, vol. 40, pp. 471–480. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.REGSCIURBECO.2010.06.003>.
6. Battaglion M. R., Drufuca S. M. Quality competition and entry: a media market case. *Journal of Economics*, 2020, vol. 130, pp. 1–36. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00712-019-00681-9>.
7. Morikawa M. Price competition vs. quality competition: Evidence from firm surveys. *Journal of Economics and Business*, 2021, vol. 116, Article number 106007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeconbus.2021.106007>.
8. Kurokawa S., Matsubayashi N. Price and quality competition with quality positions. *Journal of economics & management strategy*, 2018, vol. 27, issue 1, pp. 71–81. DOI: <https://doi.org/10.1111/jems.12229>.
9. Timokhin A.N., Rumyantsev Yu.D. Modeling control systems using Matlab. Moscow: INFRA-M, 2016, 256 p. Available at: <https://nashol.me/20200124117979/modelirovanie-sistem-upravleniya-s-primeneniem-matlab-timohin-a-n-rumyancev-u-d-2016.html>. (In Russ.)
10. Ivanov D.Yu., Kolychev S.A. Modeling of competitive interaction between manufacturers of light aircraft in a non-price competitive environment. *Vestnik NGIEI*, 2018, no. 1, pp. 142–154. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-konkurentnogo-vzaimodeystviya-mezhdu-proizvoditelyami-lyogkih-samolyotov-v-usloviyah-netsenovoy-konkurentsii>. (In Russ.)
11. Brady M. Asymmetric Horizontal Differentiation under Advertising in a Cournot Duopoly. *Games*, 2022, vol. 13, issue 3, p. 37. DOI: <https://doi.org/10.3390/g13030037>.
12. Zhou W., Zhou J., Chu T., Li H. A Dynamic Duopoly Cournot Model with R&D Efforts and Its Dynamic Behavior Analysis. *Hindawi*, vol. 2020, Article ID 9634878. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/9634878>.