

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 330

Дата поступления: 25.02.2021
рецензирования: 06.04.2021
принятия: 27.05.2021

Имитационное моделирование динамики конкурентного взаимодействия между производителями легкомоторной авиационной техники в условиях объемной конкуренции

Г.М. Гришанов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1632-3141>

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>

Д.Ю. Иванов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,
г. Самара, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0619-9340>

Аннотация: Предприятия отечественной отрасли легкомоторного авиастроения находятся в условиях жесткой конкуренции как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Для минимизации рисков связанных со стратегическим взаимодействием с участниками этих рынков, предприятия должны формировать производственную программу, опираясь на всесторонний анализ конкурентной среды. Определение оптимальных равновесных значений объемов выпуска для каждого участника не дает информации о динамике взаимодействия конкурентов. В этой связи для описания динамики рыночных отношений возникает необходимость в разработке динамической имитационной модели развития рынка легких летательных аппаратов. В работе рассмотрена динамическая модель задачи выбора производственной программы предприятиями, выпускающими легкомоторную авиационную технику на дуопольном рынке, с использованием дискретной имитационной компьютерной модели. Данная модель представлена несколькими алгоритмами, сформированными в программном пакете Simulink (Matlab) с помощью библиотеки стандартных операторов данного пакета. Данная модель позволяет определить траектории изменений равновесных значений объемов, цен и валового дохода. Также с помощью данной модели можно оценить влияние затрат, производимых предприятиями на реализацию производственной программы, на результаты рыночного взаимодействия, определить наиболее значимые параметры и на этой основе сформировать решение по выбору конкурентной стратегии.

Ключевые слова: конкуренция; легкомоторная авиация; рынок легких самолетов; конкурентное взаимодействие; математическое программирование; динамические модели; рыночные механизмы; дискретные имитационные модели.

Цитирование. Гришанов Г.М., Колычев С.А., Иванов Д.Ю. Имитационное моделирование динамики конкурентного взаимодействия между производителями легкомоторной авиационной техники в условиях объемной конкуренции // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. Т. 12, № 2. С. 180–191. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-2-180-191>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Гришанов Г.М., Колычев С.А., Иванов Д.Ю., 2021

Геннадий Михайлович Гришанов – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

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

Дмитрий Юрьевич Иванов – доктор экономических наук, директор института экономики и управления, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

SCIENTIFIC ARTICLE

Submitted: 25.02.2021

Revised: 06.04.2021

Accepted: 27.05.2021

Simulation modeling of the dynamics of competitive interaction between manufacturers of light-engine aircraft equipment in the conditions of volumetric competition

G.M. Grishanov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1632-3141>

S.A. Kolychev

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

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

D.Yu. Ivanov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0619-9340>

Abstract: Enterprises of the domestic light-engine aircraft industry are in tough competition both in the domestic and foreign markets. To minimize the risks associated with strategic interaction with participants in these markets, enterprises should form their production programs based on a comprehensive analysis of the competitive environment. Determination of the optimal equilibrium values of the output volumes for each participant does not provide information on the dynamics of the interaction of competitors. In this regard, in order to describe the dynamics of market relations, it becomes necessary to develop a dynamic simulation model for the development of the light aircraft market. The paper considers a dynamic model of the problem of choosing a production program by enterprises producing light aircraft equipment in the duopole market, using a discrete simulation computer model. This model is represented by several algorithms generated in the Simulink software package (Matlab), using the library of standard operators of this package. This model allows to determine the trajectories of changes in the equilibrium values of quantities, prices and gross income. Also, using this model, it is possible to assess the influence of the costs incurred by enterprises on the implementation of the production program, on the results of market interaction, to determine the most significant parameters and, on this basis, to form a decision on the choice of a competitive strategy.

Key words: competition; light aircraft; light aircraft market; competitive interaction; mathematical programming; dynamic models; market mechanisms; discrete simulation models.

Citation. Grishanov G.M., Kolychev S.A., Ivanov D.Yu. Simulation modeling of the dynamics of competitive interaction between manufacturers of light-engine aircraft equipment in the conditions of volumetric competition. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2021, vol. 12, no. 2. pp. 180–191. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-2-180-191>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

© **Grishanov G.M., Kolychev S.A., Ivanov D.Yu., 2021**

Gennadii M. Grishanov – Doctor of Technical Sciences, professor, leading researcher, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

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

Dmitrii Yu. Ivanov – head of the Institute of Economics and Management, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Вопросы конкурентного взаимодействия предприятий отечественной отрасли легкомоторного авиастроения с каждым годом становятся все более актуальными. Ввиду сложной экономической обстановки в России, медленного темпа роста среднего дохода населения, слабого развития мелкого и среднего предпринимательства на данный момент в России реальный спрос на легкие самолеты низкий. Несмотря на это, потенциальный и отложенный спрос на легкие самолеты на отечественном рынке достаточно высокий. Отечественным производителям все чаще приходится сталкиваться с жесткой конкуренцией как на отечественном, так и на международном рынке легких самолетов.

Российский рынок легких самолетов среди стран постсоветского пространства обладает самым крупным потенциалом развития. По различным оценкам, емкость российского рынка легких самолетов составляет 15 000 легких воздушных судов, хотя на данный момент, по разным данным, зарегистрировано всего 2500 ЛС. Географические особенности и геополитические интересы самой большой страны мира, тем более носящей титул мировой авиационной державы, позволяют с уверенностью полагать, что развитие авиации общего назначения, а вместе с ней и рынка легких самолетов, является одной из приоритетных задач.

Одним из основных параметров конкуренции на рынке легких самолетов для производителей данной техники является объем производства. Высокие удельные затраты требуют повышенной ответственности при формировании и выборе управленческих решений. В условиях развивающегося рынка и растущей конкуренции для предприятий является крайне важным определение взаимозависимости между основными параметрами, формирующими спрос на легкие самолеты.

Ход исследования

Представим в начале статическую модель задачи выбора оптимального объема производства легких самолетов для двух производителей в соответствии с работами [1; 3] в следующем виде:

$$\begin{aligned} \text{Pr}_i(q) &= P(Q(q))q_i - C_i(q_i) \rightarrow \max, i = 1, 2, \\ Q(q) &= q_1 + q_2, \\ P(Q) &= p_0 - b(q_1 + q_2), \\ c_i(q_i) &= c_{0i} + c_i q_i, 0 \leq q_i^* \leq \bar{q}_i, i = 1, 2 \end{aligned} \quad (1)$$

где $\text{Pr}_i(q)$ – прибыль i -го производителя по выпуску одной модификации ЛС, $P(Q)$ – цена изделия, характеризующая обратную функцию спроса на модификацию легкого самолета; p_0 – цена при нулевом объеме продаж ЛС; $b > 0$ – коэффициент чувствительности цены изделия к изменению суммарного объема выпуска ЛС; $Q = q_1 + q_2$; $c_i(q_i)$ – издержки i -го производителя на производство ЛС в объеме q_i ; c_i – удельные затраты на выпуск.

Выбор оптимального объема производства при условии равных удельных затрат ($c_1=c_2=c_0$) определяются в соответствии со следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} q_1^* = \frac{p_0 - c_0}{2b} - \frac{1}{2}q_2^*, \\ q_2^* = \frac{p_0 - c_0}{2b} - \frac{1}{2}q_1^*. \end{cases} \quad (2)$$

Как следует из полученной системы уравнений, объем производства, выбираемый каждым участником рынка, зависит от параметров функции спроса, количества производителей на рынке ЛС, начальной цены [2]. Иными словами, объем производства, который выбирают производители, зависит от параметров модели механизма рыночного взаимодействия (2). Для исследования динамических параметров конкурентного взаимодействия производителей на рынке легких самолетов составим систему уравнений (2) в дискретном виде [4]:

$$\begin{cases} q_1(t+1) = \frac{p_0 - c_0}{2b} - \frac{1}{2}q_2(t), \\ q_2(t+1) = \frac{p_0 - c_0}{2b} - \frac{1}{2}q_1(t). \end{cases} \quad (3)$$

На рисунке 1 представлен компьютерный алгоритм имитационной динамической модели, с помощью которой осуществляется решение системы уравнений (3). Данная имитационная модель сформирована с использованием программного пакета Simulink (MatLab) при следующих исходных дан-

ных: начальная цена $p_0 = 7 \cdot 10^6$ руб./шт., издержки $c_0 = 6 \cdot 10^6$ руб./шт., чувствительность цены $b_0 = 5 \cdot 10^3$ руб./шт., начальные условия объемов выпуска Предприятия 1 и 2 соответственно $q_1 = 100$ шт., $q_2 = 50$ шт.

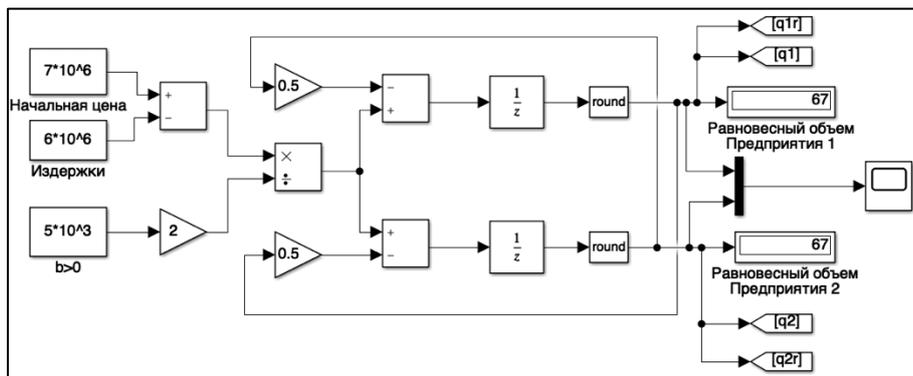


Рисунок 1 – Алгоритм формирования компьютерной динамической имитационной модели механизма конкурентного взаимодействия на рынке легких самолетов
 Figure 1 – Algorithm for the formation of a computer dynamic simulation model of the mechanism of competitive interaction in the light aircraft market

В таблице представлен список стандартных блоков из электронной библиотеки SimuLink, использованных в алгоритме решения компьютерной динамической имитационной модели [5–13].

Таблица – Список операторов SimuLink
 Table – List of SimuLink Operators

№	Наименование блока	
1	Constant	Постоянное значение
2	Gain	Усиление
3	Divide	Деления
4	Add	Сумматор
5	UnitDelay	Интегрирования дискретного
6	Scope	Осцилограф
7	Display	Цифровой дисплей
8	Round	Округление

На рисунке 2 отражены траектории изменения объемов производства ЛС, выбираемых участниками рынка в процессе конкурентного взаимодействия. Сплошная линия показывает траекторию производства первого производителя, пунктирная линия – второго производителя.

Исходя из результатов моделирования, начальный объем производства, который выбрал Предприятие 1, – $q_1 = 50$ шт., начальный объем Предприятия 2 – $q_2 = 100$ шт., в ходе итерационного взаимодействия объем каждого участника устанавливается в равновесном значении $q^* = 67$ шт., что свидетельствует об устойчивости механизма конкурентного взаимодействия. Данное значение возможно ввиду того, что производители находятся в равных условиях, имея одинаковые издержки. Подставляя значения производственных объемов $q_1(t), q_2(t)$ выпуска в функцию спроса $P(t) = p_0 - b(q_1(t) + q_2(t))$, определим траекторию изменения рыночной цены. Для этого сформируем алгоритм решения компьютерной имитационной модели, позволяющий определить траекторию изменения рыночной цены в процессе конкурентного взаимодействия между двумя производителями (рисунок 3).

Рисунок 4 иллюстрирует траекторию изменения рыночной цены в процессе конкурентного взаимодействия двух производителей ЛС. Анализ представленного рисунка 3 свидетельствует о том, что цена достигла равновесного значения $p^* = 6\,330\,000$ руб./шт.

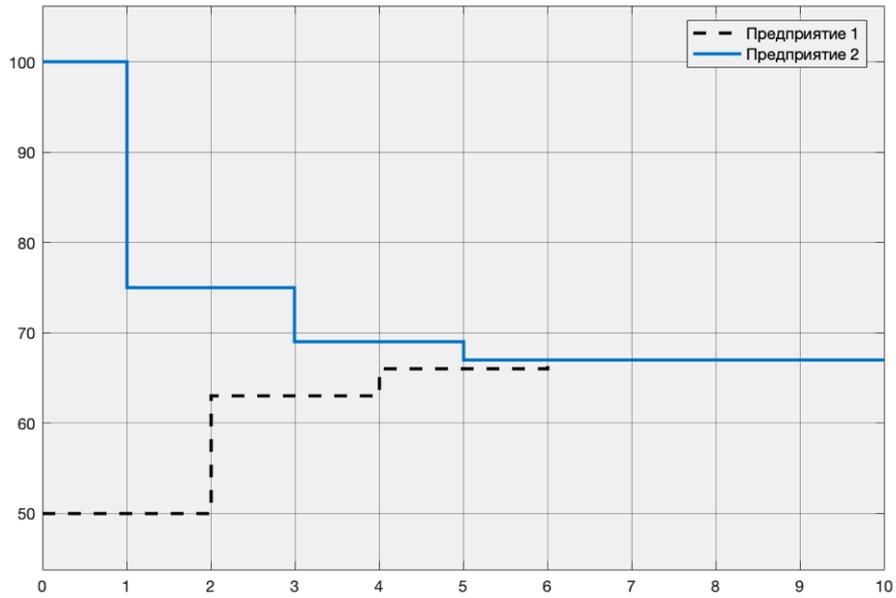


Рисунок 2 – Траектория выбора объемов производства
 Figure 2 – Trajectory of selection of production volumes

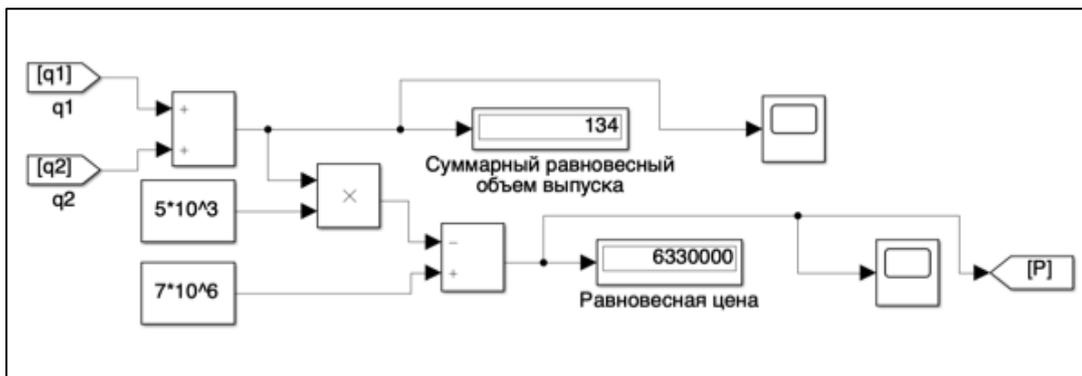


Рисунок 3 – Алгоритм решения компьютерной динамической имитационной модели формирования рыночной цены
 Figure 3 – Algorithm for solving a computer dynamic simulation model of the formation of a market price

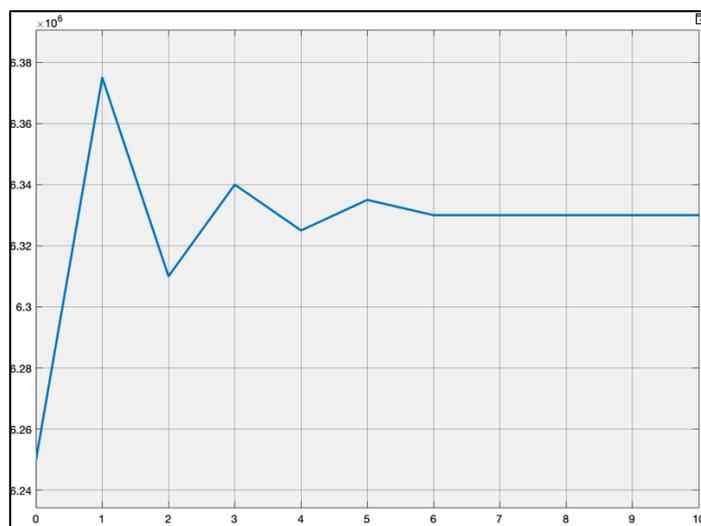


Рисунок 4 – Траектория изменения рыночной цены в процессе взаимодействия агентов
 Figure 4 – Trajectory of changes in the market price in the process of interaction of agents

Определим суммарный объем выпуска ЛС двумя производителями и его траекторию с использованием результатов решения имитационной динамической модели по определению объемов производства каждым участником (см. рисунок 2). На рисунке 5 показано, что общий объем выпуска изделий на рынке ЛС достигает равновесного значения $Q(t) = 134$ шт.

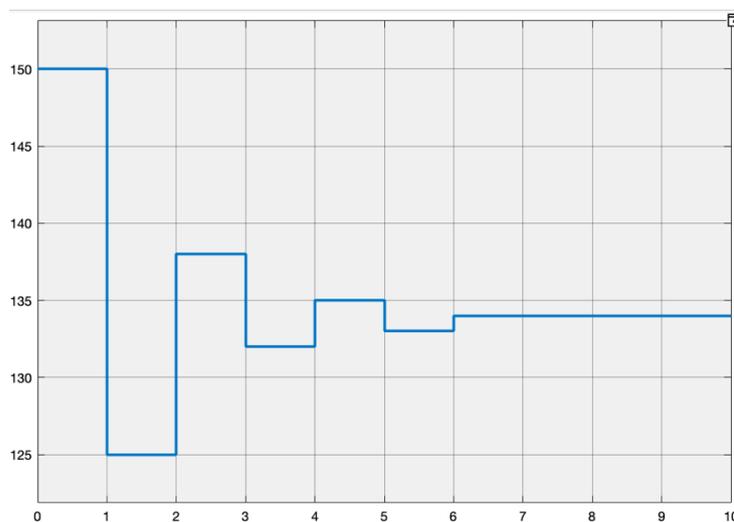


Рисунок 5 – Траектория изменения суммарного объема выпуска ЛС
 Figure 5 – Trajectory of changes in the total volume of light aircraft production

На рисунке 6 показан компьютерный алгоритм решения, позволяющий определить доход, получаемый каждым из двух производителей в процессе конкурентного взаимодействия. Объемы производства предприятий, а также рыночная цена являются входными данными рассматриваемой имитационной модели.

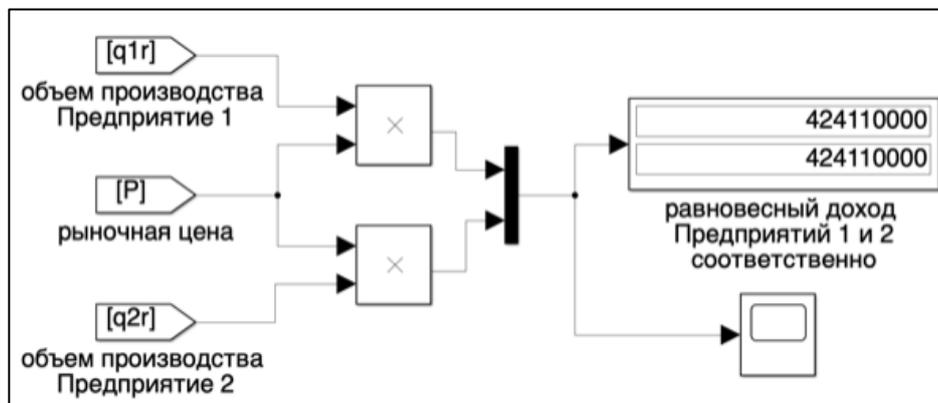


Рисунок 6 – Модель определения валового дохода
 Figure 6 – Model for determining gross income

На рисунке 7 изображен график изменения во времени, получаемого каждым производителем валового дохода от продажи легких самолетов. Сплошная линия показывает динамику дохода первого производителя, пунктирная линия – динамику дохода второго производителя.

Анализ графика выявляет, что доход первого производителя увеличивается, а доход второго производителя уменьшается, а в результате конкурентного взаимодействия доход достигает равновесного значения $TR_1(t) = TR_2(t) = 424\,110\,000$ руб. Как можно заметить, в состоянии равновесия доходы предприятий равны между собой, это объясняется одинаковыми объемами производства и ценой в условиях рыночного равновесия.

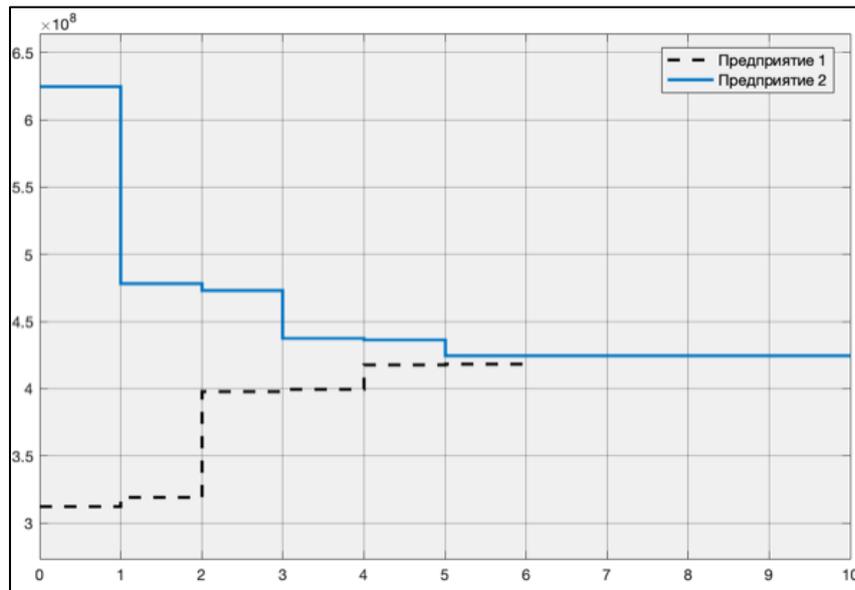


Рисунок 7 – Траектория изменения валового дохода, получаемого каждым производителем от продажи ЛС

Figure 7 – Trajectory of changes in the gross income received by each manufacturer from the sale of light aircraft

Рассмотрим дискретную динамическую модель задачи выбора предприятиями, выпускающими легкие самолеты, конкурентных стратегий при условии различной себестоимости изделий:

$$\begin{cases} q_1(t + 1) = \frac{p_0 - c_1}{2b} - \frac{1}{2}q_2(t), \\ q_2(t + 1) = \frac{p_0 - c_2}{2b} - \frac{1}{2}q_1(t). \end{cases} \quad (4)$$

где c_i – затраты на производство каждого участника.

На рисунке 8 представлен алгоритм решения компьютерной динамической имитационной модели, сформированный для решения системы уравнений (4), которая учитывает различные величины затрат у производителей, связанных с выпуском изделий.

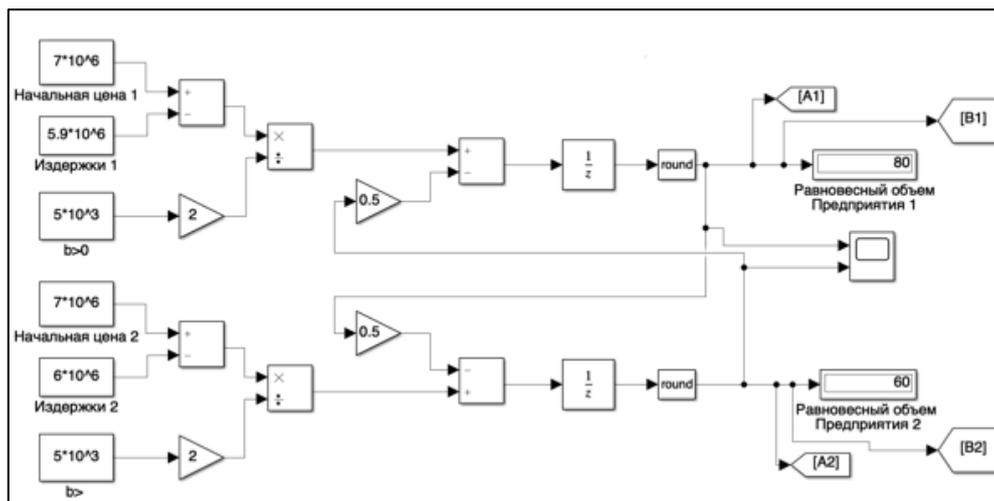


Рисунок 8 – Алгоритм решения компьютерной динамической имитационной модели конкурентного взаимодействия между производителями ЛС

Figure 8 – Algorithm for solving a computer dynamic simulation model of competitive interaction between light aircraft manufacturers

На рисунке 9 отражены траектории изменения объемов производства $q_1(t)$ и $q_2(t)$ каждым предприятием. Из анализа данного графика можно сделать вывод, что в результате конкурентного взаи-

модействия объемы производства первого и второго предприятия принимают различные значения. Пунктирной линией показана траектория изменения объема выпуска ЛС первого предприятия, сплошной линией – второго предприятия. Можно заметить, что Предприятие 2 выпускает меньше изделий, чем Предприятие 1. Это становится возможным благодаря меньшим затратам у первого производителя на производство относительно второго производителя, данное конкурентное преимущество влияет на возможность увеличения объемов производства Предприятием 1 на рынке ЛС.

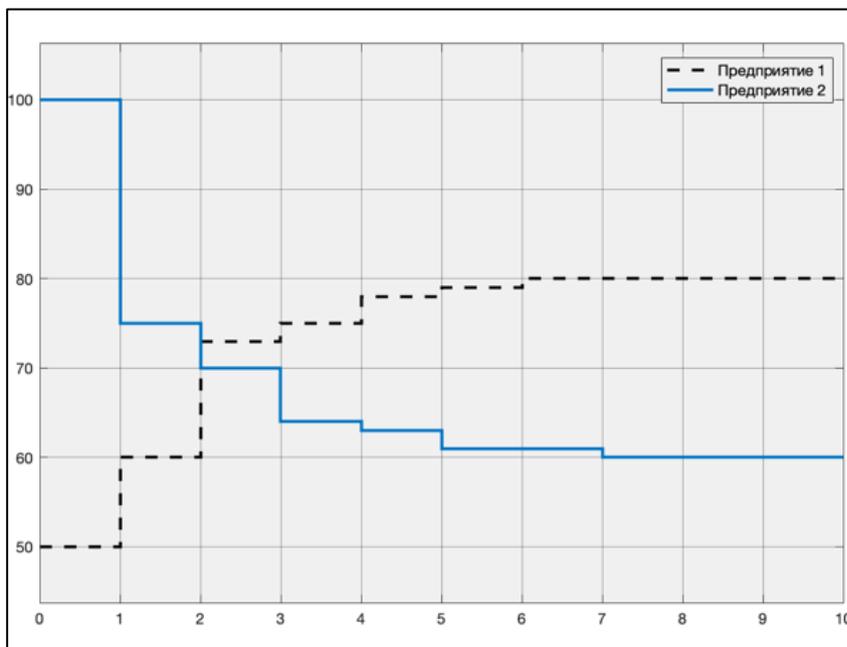


Рисунок 9 – Траектория изменения объемов производства каждым предприятием
 Figure 9 – Trajectory of changes in the production volumes by each enterprise

С использованием данных решения модели, изображенной на рисунке 3, построен график изменения рыночной равновесной цены, представленный на рисунке 10. Исходя из данных рассматриваемого рисунка, можно сделать вывод, что рыночная цена на ЛС приняла значение, равное 6 300 000 руб./шт.

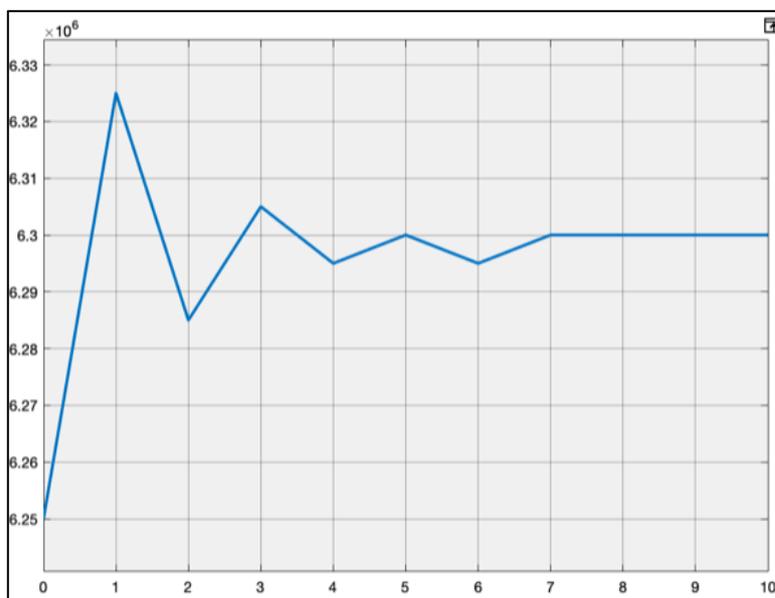


Рисунок 10 – Траектория изменения рыночной цены при различных затратах на производство
 Figure 10 – Trajectory of changes in the market price at different production costs

Исходя из данных динамической имитационной модели, которая представлена на рисунках 3 и 11, с учетом различных удельных затрат каждого производителя определим траекторию изменения суммарного объема производства на рынке легких самолетов.

Рисунок 11 показывает, что величина суммарного объема выпуска изделий на рынке ЛС достигает значения, равного 140 единицам. В случае одинаковых затрат на выпуск продукции равновесное значение суммарного объема выпуска ЛС меньше.

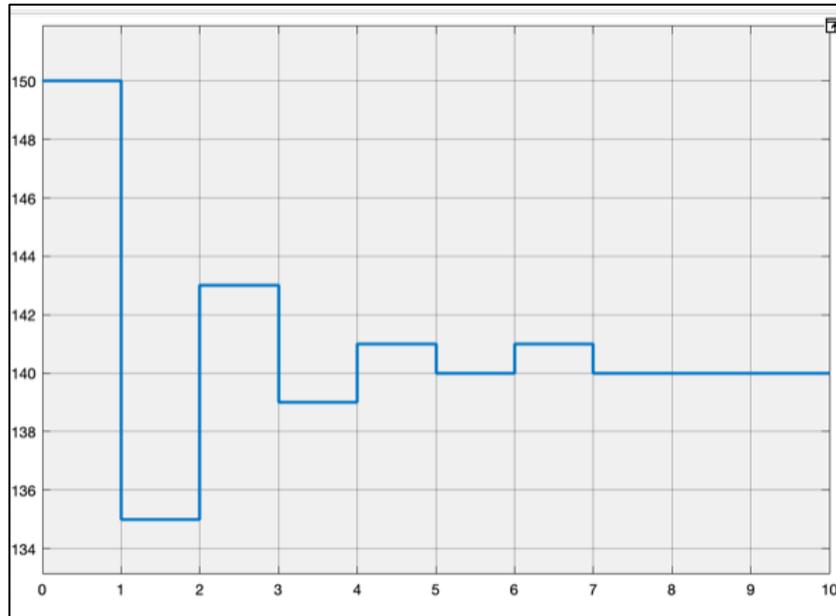


Рисунок 11 – Траектория изменения суммарного объема выпуска

Figure 11 – Trajectory of change in the total volume of output

Исходя из данных рисунка 12, можно заметить, что доход первого производителя увеличился в то время как доход второго рыночного агента уменьшился. Равновесное значение валового дохода Предприятия 1 равно 504 000 000 руб., а валовый доход Предприятия 2 равен 378 000 000 руб.

Траектория изменения общего дохода двух производителей, получаемого в процессе выпуска ЛС, отражена на рисунке 13. Валовой доход в данном случае вычисляется с учетом затрат, рассчитанных с помощью алгоритма решения динамической имитационной модели, представленной на рисунке 6. Сплошной линией показана динамика изменения дохода второго предприятия, пунктирной линией – первого предприятия.

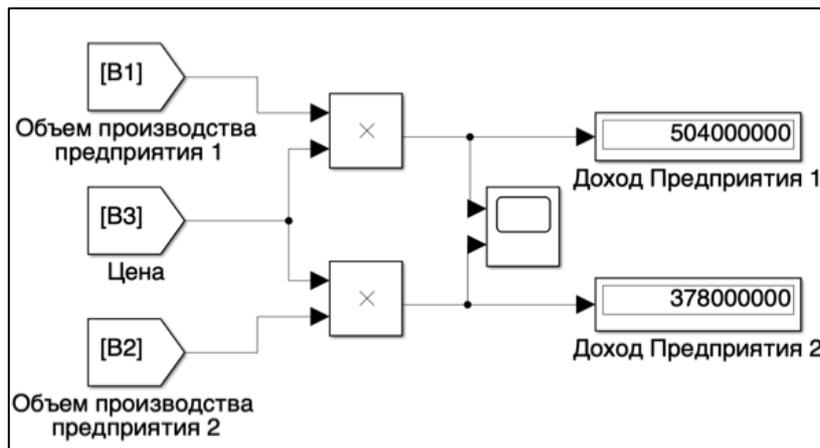


Рисунок 12 – Алгоритм решения компьютерной имитационной модели определения равновесного валового дохода

Figure 12 – Algorithm for solving a computer simulation model for determining the equilibrium gross income

Такую разницу по величине валового дохода у каждого предприятия можно объяснить тем, что различны затраты на производство изделий на рынке ЛС. Производство ЛС у второго предприятия дороже, чем у первого, и поэтому его доходы ниже.

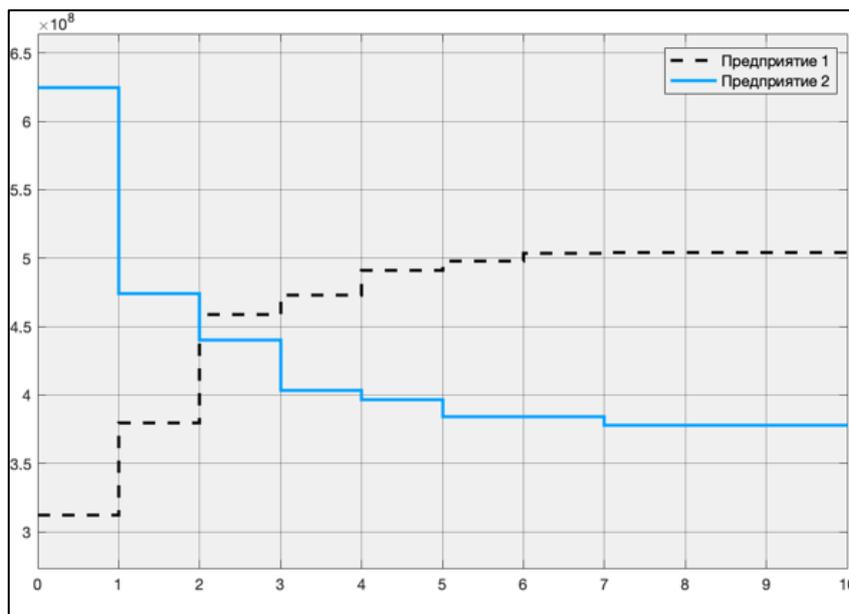


Рисунок 13 – Траектории изменения объема валового дохода, получаемого каждым производителем
Figure 13 – Trajectories of change in the amount of gross income received by each manufacturer

Заключение

Таким образом, расчеты, проведенные по динамической имитационной модели конкурентного взаимодействия двух производителей на рынке ЛС, дают возможность определить динамику изменения параметров механизма рыночного взаимодействия. Кроме этого, данная модель позволяет оценить равновесное состояние по объему выпуска каждым предприятием $q_1(t)$ и $q_2(t)$, равновесной рыночной цене p^* , суммарному объему производства $Q(t)$ и объемам валового дохода, получаемого каждым производителем от продажи ЛС.

Проведенное исследование основывается на применении методов математического и компьютерного динамического имитационного моделирования, что обеспечило обоснование адекватности и достоверности полученных результатов. Использование дискретных моделей механизмов конкурентного взаимодействия совместно с компьютерными алгоритмами как инструментов обоснованного выбора механизмов, обеспечивающих также устойчивость процессов конкурентного взаимодействия между производителями ЛС и эффективность функционирования каждого предприятия.

В работе сформирована и исследована дискретная имитационная модель механизма конкурентного взаимодействия совместно с компьютерными алгоритмами их реализации.

Полученные в результате решения модели механизма конкурентного взаимодействия между производителями ЛС траектории изменения объемов производства, цен, доходов свидетельствуют об устойчивости процессов конкурентного взаимодействия в том смысле, что, несмотря на конкуренцию, каждый из участников остается на рынке ЛС.

Библиографический список

1. Кольчев С.А. Экономико-математическое моделирование конкурентного взаимодействия между производителями легких самолетов: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Кольчев Сергей Александрович. Самара, 2018. 129 с. URL: <http://repo.ssau.ru/handle/Vypusknye-kvalifikacionnye-raboty/Ekonomikomatematiceskoe-modelirovanie-konkurentnogo-vzaimodeistviya-mezhdu-proizvoditelyami-legkih-samoletov-Elektronnyi-resurs-dis-kand-ekon-nauk-080013-81682?mode=full>.

2. 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://www.elibrary.ru/item.asp?id=32324582>.
3. Колычев С.А., Гришанов Г.М., Клентак Л.С. Модели конкурентного взаимодействия между предприятиями и формирование параметрически устойчивых равновесных состояний // Вестн. СГАУ. 2012. № 6 (37). С. 19–25. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20419601>; <https://journals.ssau.ru/vestnik/article/view/2346>.
4. Сорокина М.Г., Банкова К.В. Формирование финансовых параметров кредитного портфеля коммерческого банка на основе динамических имитационных моделей // Вестник Самарского муниципального института управления. 2018. № 3. С. 67–76. URL: https://www.imi-samara.ru/wp-content/uploads/2019/04/Sorokina_Bankova_67-76.pdf; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36635440>.
5. Черных И. В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем. URL: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1>.
6. Терехин В.В. Основы моделирования в MATLAB. Часть 2. Simulink: учебное пособие. Новокузнецк: РИО НФИ КемГУ, 2004. 304 с. URL: <https://clck.ru/V8Vm3>.
7. Дьяконов В.П. Simulink. Самоучитель. Москва: ДМК-Пресс, 2015. 782 с. URL: <https://fenzin.org/book/395515>.
8. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. Москва: Изд-во «Прогресс», 1975. 605 с. URL: <http://www.library.fa.ru/files/Intriligator.pdf>.
9. Мулен Э. Теория игр с примерами из математической экономики. Москва: Мир, 1985. 200 с. URL: <https://pseudology.org/lokhotron/GamesTheory.pdf>.
10. Baiardi L.C., Naimzada A.K. Experimental oligopolies modeling: A dynamic approach based on heterogeneous behaviors // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2018. № 58. P. 47–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.cnsns.2017.05.010>.
11. Friedman D., Huck S., Oprea R., Weidenholzer S. From imitation to collusion: Long-run learning in a low-information environment // Journal of Economic Theory. 2015. № 155. P. 185–205. URL: <https://www.nottingham.ac.uk/economics/documents/seminar-papers/senior/friedman-huck-ryan-oprea-weidenholzer.pdf>.
12. Schipper B.C. Imitators and optimizers in Cournot oligopoly // Journal of Economic Dynamics & Control. 2009. № 33. P. 1981–1990. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jedc.2009.06.003>.

References

1. Kolychev S.A. Economic and mathematical modeling of competitive interaction between manufacturers of light aircraft: Candidate's of Economics thesis: 08.00.13. Samara, 2018, 129 p. Available at: <http://repo.ssau.ru/handle/Vypuskiye-kvalifikacionnye-raboty/Ekonomikomatematicheskoe-modelirovanie-konkurentnogo-vzaimodeistviya-mezhdu-proizvoditelyami-legkih-samoletov-Elektronnyi-resurs-dis-kand-ekon-nauk-080013-81682?mode=full>. (In Russ.)
2. Kolychev S.A., Ivanov D.Yu. Modeling of competitive interaction between manufacturers of light aircraft in a non-price competitive environment. *Bulletin NGIEI*, 2018, no. 1 (80), pp. 142–154. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32324582>. (In Russ.)
3. Kolychev S.A., Grishanov G.M., Klentak L.S. Models of competitive interaction between enterprises and formation of parametrically stable equilibrium states. *Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*, 2012, no. 6 (37), pp. 19–25. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20419601>; <https://journals.ssau.ru/vestnik/article/view/2346>. (In Russ.)
4. Sorokina M.G., Bankova K.V. Formation of financial parameters of credit portfolio of a commercial bank based on dynamic simulation models. *Vestnik Samarskogo munitsipal'nogo instituta upravleniya*, 2018, no. 3, pp. 67–76. Available at: https://www.imi-samara.ru/wp-content/uploads/2019/04/Sorokina_Bankova_67-76.pdf; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36635440>. (In Russ.)
5. Chernykh I.V. Simulink: A tool for modeling dynamic systems. Available at: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1>. (In Russ.)

6. Terekhin V.V. Fundamentals of modeling in MATLAB. Part 2. Simulink: textbook. Novokuznetsk: RIO NFI KemGU, 2004, 304 p. Available at: <https://clck.ru/V8Bm3>. (In Russ.)
7. Dyakonov V.P. Simulink. Self-study book. Moscow: DMK-Press, 2015, 782 p. Available at: <https://fenzin.org/book/395515>. (In Russ.)
8. Intriligator M. Mathematical optimization and economic theory. Moscow: Izd-vo «Progress», 1975, 605 p. Available at: <http://www.library.fa.ru/files/Intriligator.pdf>. (In Russ.)
9. Moulin H. Game theory with examples from mathematical economics. Moscow: Mir, 1985, 200 p. Available at: <https://pseudology.org/lokhotron/GamesTheory.pdf>. (In Russ.)
10. Baiardi L.C., Naimzada A.K. Experimental oligopolies modeling: A dynamic approach based on heterogeneous behaviors. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2018, no. 58, pp. 47–61. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.cnsns.2017.05.010>.
11. Friedman D., Huck S., Oprea R., Weidenholzer S. From imitation to collusion: Long-run learning in a low-information environment. *Journal of Economic Theory*, 2015, no. 155, pp. 185–205. Available at: <https://www.nottingham.ac.uk/economics/documents/seminar-papers/senior/friedman-huck-ryan-oprea-weidenholzer.pdf>.
12. Schipper B.C. Imitators and optimizers in Cournot oligopoly. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2009, no. 33, pp. 1981–1990. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jedc.2009.06.003>.