

DOI: 10.12731/2070-7568-2022-11-3-82-95

УДК 338.5.01

ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ ЦЕНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЗАВИСИМЫХ ПЕРЕМЕННЫХ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

В.И. Ветренко, Т.И. Романова

В современном мире в условиях давления покупателей на компании ритейлеров, рушатся основные устои классического маркетинга и бизнесу необходимо осваивать новые инструменты образования цены. Вооружившись новыми технологиями и приёмами можно эффективно влиять на экономические показатели предприятия. Поэтому разработка новых методов ценообразования в условиях цифровой экономики является не только актуальной задачей, но и необходимой в повседневной деятельности хозяйствующих субъектов. В статье описана модель формирования функции цены с использованием основных параметров спроса и предложения с применением обобщённого закона Гука, как наиболее приближённого к отображению процессов её состояния. Приведены формулы для определения цены и составляющих её параметров, учитывающих показатели спроса и предложения, при которых продавцу становится невыгодным увеличивать объём прибыли, а потребителю – увеличивать объёмы потребления. Полученные результаты позволяют торговым и производственным компаниям в период цифровизации экономики совместно с привлечением финансистов и IT-специалистов автоматизировать процесс расчёта и конструирования розничных цен на свою продукцию и отойти от ручного моделирования этих параметров.

Цель – нахождение в первом приближении математического выражения цены, учитывающего показатели спроса и предложения, при которых становится невыгодным продавцу увеличивать

объём прибыли, а потребителю невыгодно увеличивать объёмы потребления.

Метод или методология проведения работы: в статье описана модель формирования функции цены с использованием основных параметров спроса и предложения с применением обобщённого закона Гука.

Результаты: полученные результаты позволяют прогнозировать прибыль с учётом состояния спроса, при этом цена на товар может значительно отличаться от цены, рассчитанной классическим методом при тех же затратах.

Область применения результатов: полученные результаты целесообразно применять для автоматизированного расчёта и конструирования розничных цен на продукцию.

Ключевые слова: модель; функция; цена; метод затратный; маржинальный; регрессивный анализ; обобщённый закон Гука; спрос; предложение; цифровизация; моделирование; автоматизация

PRICE FUNCTION DEVELOPMENT USING INDEPENDENT VARIABLES OF DEMAND AND SUPPLY IN THE CONDITIONS OF ECONOMY DIGITALIZATION

V.I. Vetrenko, T.I. Romanova

In modern world, under the pressure of buyers on retailers, the main foundations of classical marketing collapse and businesses need to master new pricing tools. Armed with new technologies and techniques, you can effectively influence the economic performance of an enterprise. Therefore, the development of new pricing methods in digital economy is not only an urgent task, but also necessary in the daily activities of business entities. The article describes a price function development model using the main parameters of supply and demand and the generalized Hooke's law, as the closest one to display the processes of its state. Formulas are given to determine the price and its constituent parameters, taking into account supply and demand indicators, at which it becomes unprofitable

for a seller to increase the amount of profit, and to increase the volume of consumption for a consumer. The results obtained allow trading and manufacturing companies during the period of economy digitalization, together with the involvement of financiers and IT experts, to automate the process of calculation and construction of retail prices for their products and move away from manual modeling of these parameters.

Purpose is to find, as a first approximation, a mathematical expression of the price, taking into account supply and demand indicators, at which it becomes unprofitable for a seller to increase the amount of profit, and it becomes unprofitable for a consumer to increase the volume of consumption.

Methodology: the article describes a model for a price function development using the main parameters of supply and demand and the generalized Hooke's law.

Results: the results obtained allow us to predict profit taking into account the state of demand, while the price of a product may differ significantly from the price calculated by the classical method at the same costs.

Practical implication: it is advisable to apply the obtained results for automated calculation and modeling of retail prices for products.

Keywords: model; function; price; cost method; marginal; regression analysis; generalized Hooke's law; demand; supply; digitalization; modeling; automation

В современной экономической деятельности хозяйствующих субъектов немаловажной задачей при управлении предприятием является установление цены на предлагаемую продукцию. Как известно, целями формирования цены в условиях рыночной экономики являются:

1. Обеспечение вхождения на рынок в условиях конкуренции. Для привлечения большего количества покупателей используются заниженные цены.
2. Удержание завоёванного сегмента рынка. Это достигается удержанием своих сильных позиций по отношению к конкурентам.

Для этого используются дифференцированные цены. Цены, предлагаемые по акциям.

3. Получение максимальной прибыли – основная цель любого предприятия. Достигается это уменьшением издержек, увеличением скорости оборачиваемости капитала и удержанием цен на достигнутом уровне.

Общеизвестные методы определения цены на товар подробно описаны в публикациях известных российских ученых [3], [4], [6]. Рассмотрим основные достоинства и недостатки применения данных методов.

Наиболее распространённым является затратный метод, в котором цена определяется как сумма издержек и прибыли, или равна произведению переменных затрат и наценки. Однако, затратный метод установления цены, соответствующий на рынке предложению, не всегда способствует достижению максимального объёма продаж, так как не принимается во внимание спрос на товар. В [11] наоборот утверждается, что представление о ценности любого товара основывается не на фактических его свойствах и стоимости, а на спросе, который создан на этот предмет. Так в работе Россинского В.П. предлагается ценность окончного товара определять оценками наёмного работника, как основным получателем потребительских ценностей, заключённых в товарах непосредственного потребления, в пределах своего дохода Он, по ему одному известным основаниям, даёт денежную оценку, приходящихся на его доход потребительным ценностям. Суммирование такой оценки в пределах всего производства общества даёт денежную оценку потребительных стоимостей каждого вида из производимых окончных товаров [9].

Другой метод маркетингового определения цены, базирующийся на сравнительном анализе и соответствующий спросу на рынке, имеет описательный характер и не всегда точно определяет её количественное значение потому, что произведённые затраты рассматриваются как порог, ниже которого реализация товара экономически невыгодна. Но иногда стоит, поступившись выгодой, назначать цену ниже произведённых затрат. В этом случае за счёт увеличения ско-

рости оборачиваемости товара снижаются остатки материальных запасов, издержки на их хранение в виде уменьшения площадей, коммунальных платежей, потери времени на перемещение товара.

В статье [6] Никоноровым Ф. М. представлен обзор теории формирования цены представителями затратного и маржинального направления, по итогам которого прогнозируется вероятное направление дальнейшего развития цены – информационный сектор. В цену товара предлагается включать информационный ресурс.

В статье [4] представленные количественные выражения цены и объёма выпуска продукции с целью максимизации прибыли предприятия показывают, что даже незначительное уменьшение цены на несколько процентов может привести к уменьшению прибыли от реализации товара практически до нуля.

В работе [3] приведены примеры применения определённого интеграла в экономических расчётах и в области финансов.

В экономических расчетах активно используется и метод регрессивного анализа [10], который заключается в исследовании влияния одной или нескольких переменных $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$ на зависимую переменную Y . В [7] показано, как задачи регрессивного анализа путём несложных преобразований приводятся к виду оптимизационных задач. В качестве примера приведено решение задачи управления запасами, и получена формула для определения наиболее экономического размера заказа. Но до сих пор в имеющихся публикациях не представлена математическая модель, описывающая зависимость цены товара от многих параметров, влияющих на её формирование. Часто в повседневных бизнес-процессах приходится оперативно снижать цены на одну группу товаров практически до себестоимости, а на другую группу устанавливать максимальную прибыль. Задача сводится к тому, чтобы средняя прибыль предприятия позволяла работать ему на уровне выше точки безубыточности.

Цель работы – нахождение в первом приближении математического выражения цены, учитывающего показатели спроса и предложения, при которых становится невыгодным продавцу увеличивать объём прибыли, а потребителю невыгодно увеличивать объёмы

потребления. В современных условиях цена должна варьироваться в зависимости от изменения рыночной ситуации. Следовательно, компании должны иметь в своём распоряжении программные продукты, способные просчитывать большие базы данных по параметрам спроса и предложения.

В [1] автор показал, как с помощью автоматизированных систем можно варьировать торговой наценкой. Разработка новых методов ценообразования в условиях цифровой экономики является не только актуальной задачей, но и необходимой в повседневной деятельности предприятия. Поэтому необходимо найти такие методики расчёта дохода, которые позволят автоматизировать процесс вычисления совокупной максимальной прибыли и дифференцированных цен на товар путём варьирования параметров спроса и предложения, и избавят компанию от их ручного и скорее всего субъективного назначения.

Известно, что цена товара формируется под воздействием многих факторов, образующих два основных – предложение и спрос, которые описываются произвольными функциями. При этом оптимальная цена находится, как точка пересечения этих функций, если функция линейная. Но если функции имеют квадратичную зависимость, то будет две точки пересечения, если кубическую, то три и так далее. Иными словами, цена будет иметь два, три значения. Процесс формирования цены происходит в ограниченном промежутке времени, поэтому нельзя определить, какой кривой будут описываться спрос и предложение в будущем.

Для создания математической модели функции цены, воспользуемся обобщённым законом Гука, изложенным в [5], который применяется для определения конфигурации упругих изогнутых и скрученных стержней под воздействием внешних факторов. Этот закон наиболее приближённо отображает процесс состояния цены под действием параметров спроса и предложения. Для определения функции цены выберем шесть основных её составляющих, в основном влияющих на её формирование. Предположим, что тело цены состоит из стоимости материалов, затрат и прибыли, которые со-

ставляют предложение, а налоги, инфляция и дискриминация-спрос. Дискриминация – это фактор, учитывающий внешние непредвиденные события, сезонность продаж, региональное расположение товара, его значимость, конкурентоспособность, эмоциональность покупок, полезность и необходимость покупки. При построении математической модели функции цены воспользуемся предположением, что составляющие цены влияют на неё только своими значениями, но не скоростью их изменения. Будем считать, что параметры предложения могут принимать любые значения, а параметры спроса изменяются в небольшом диапазоне и не подвержены колебаниям с большой амплитудой.

Для нахождения выражения цены R воспользуемся математическим аппаратом, изложенным в работе [4].

Построим правую систему координат $OXYZ$, связанную с ценой товара (рис. 1). Введём обозначения осей: X – стоимость материалов, Y – затраты, Z – прибыль, а углы поворота относительно этих осей α , β , γ – соответственно дискриминация, налоги, и инфляция.

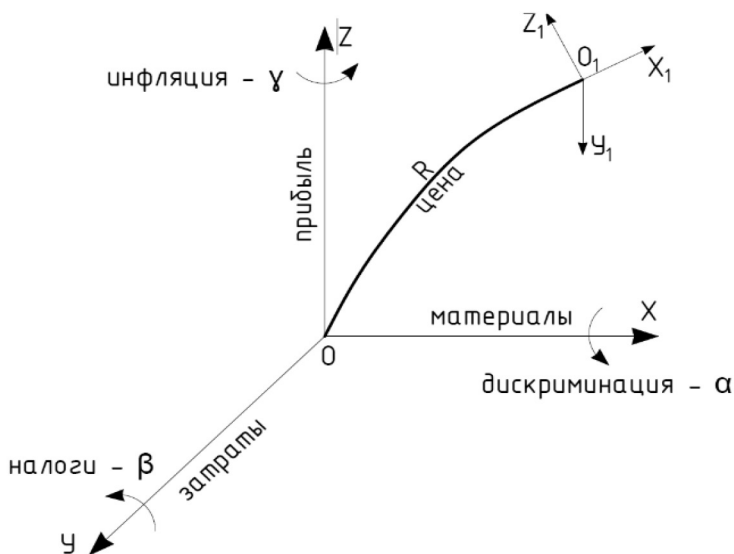


Рис. 1. Система координат, связанная с ценой товара: X – стоимость материалов, Y – затраты, Z – прибыль, α , β , γ – соответственно дискриминация, налоги, и инфляция

Предположим, что в первоначальный момент времени цена на создаваемый товар равна нулю. Затем, в процессе производства или путём других манипуляций с товаром была проделана работа, изменившая его стоимость, по некоторому произвольному закону во времени. Тогда новое значение цены установится в точке O_1 , связанной с правой системой координат $O_1X_1Y_1Z_1$.

Найдём проекции цены R материалов, затрат и прибыли x_1, y_1, z_1 соответственно на оси системы координат $O_1X_1Y_1Z_1$ с использованием матрицы направляющих косинусов M , которая имеет вид

$$M = \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & \cos \alpha \sin \beta \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \alpha \sin \beta \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma \\ \sin \alpha \cos \beta & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + \cos \alpha \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ -\sin \beta & \cos \beta \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Предположим, что значения дискриминации α , налогов β , инфляции γ меняются незначительно, и они являются малыми величинами и не подвержены значительным изменениям, произведения которых отбрасываются. Тогда матрица направляющих косинусов вследствие малости значений примет вид

$$M = \begin{pmatrix} 1 & -\alpha & \beta \\ \alpha & 1 & -\gamma \\ -\beta & \gamma & 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Члены матрицы могут принимать как положительные, так и отрицательные значения. Инфляция может переходить в дефляцию, налоги принимают отрицательные значения при отрицательной прибыли, или подлежат возврату, а дискриминация вследствие потери полезности также принимает отрицательное значение.

Найдём проекции цены R в системе координат $OX_1Y_1Z_1$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} x_1 &= x\alpha_{11} + y\alpha_{12} + z\alpha_{13} \\ y_1 &= x\alpha_{21} + y\alpha_{22} + z\alpha_{23} \\ z_1 &= x\alpha_{31} + y\alpha_{32} + z\alpha_{33}. \end{aligned} \quad (4)$$

Подставим значения матрицы (2) в (4), получим проекции цены в системе координат $O_1X_1Y_1Z_1$

$$\begin{aligned}x_1 &= x - y\alpha + z\beta \\y_1 &= y - z\gamma + x\alpha\end{aligned}\quad (5)$$

$$z_1 = z + y\gamma - x\beta.$$

Уравнение цены товара примет вид

$$R^2 = x_1^2 + y_1^2 + z_1^2. \quad (6)$$

Подставляя уравнения (5) в (6), получим новое значение цены

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2 + \alpha^2(x^2 + y^2) + \beta^2(x^2 + z^2) + \gamma^2(y^2 + z^2) - 2(yz\alpha\beta + xz\alpha\gamma + xy\beta\gamma)}. \quad (7)$$

Таким образом, учитывая значения вышеуказанных параметров, по формуле (7) возможно оценить цену на товар с учётом спроса и предложения.

Проведём исследование функции R на выпуклость. Функция R выпуклая, если её матрица Гессе положительно определена или положительно полу определена для всех значений $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ [8]. Чтобы показать, что функция выпуклая, проверим, является ли симметричная матрица M положительно определённой или положительно полу определённой. Заметим, что все диагональные элементы M положительные и ведущие главные определители матрицы M положительные и равны

$$1 > 0, \quad \begin{vmatrix} 1 & -\gamma \\ \gamma & 1 \end{vmatrix} = 1 + \gamma > 0, \quad M = 1 + \gamma^2 + \alpha^2 + \beta^2 > 0.$$

Таким образом, M – положительно определённая матрица, откуда следует, что функция R называется строго выпуклой функцией и обладает единственной точкой минимума.

Для нахождения переменных функции цены должны быть вычислены частные производные. Условие равенства нулю частных производных приводит к выражениям для определения переменных функции цены.

$$\frac{\partial R}{\partial x} = 0 \Rightarrow x(1 + \alpha^2 + \beta^2) - \gamma(z\alpha + y\beta) = 0, \quad (8)$$

$$x = \frac{\gamma(z\alpha + y\beta)}{1 + \alpha^2 + \beta^2}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial R}{\partial y} = 0 \Rightarrow y(1 + \alpha^2 + \gamma^2) - \beta(z\alpha + x\gamma) = 0, \quad (10)$$

$$y = \frac{\beta(z\alpha + x\gamma)}{1 + \alpha^2 + \gamma^2}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial R}{\partial z} = 0 \Rightarrow z(1 + \beta^2 + \gamma^2) - (y\beta + x\gamma) = 0, \quad (12)$$

$$z = \frac{\alpha(y\beta + x\gamma)}{1 + \beta^2 + \gamma^2}, \quad (13)$$

$$\frac{\partial R}{\partial \alpha} = 0 \Rightarrow \alpha(x^2 + y^2) - z(y\beta + x\gamma) = 0, \quad (14)$$

$$\alpha = \frac{z(y\beta + x\gamma)}{x^2 + y^2}, \quad (15)$$

$$\frac{\partial R}{\partial \beta} = 0 \Rightarrow \beta(x^2 + z^2) - y(z\alpha + x\gamma) = 0, \quad (16)$$

$$\beta = \frac{y(z\alpha + x\gamma)}{x^2 + z^2}, \quad (17)$$

$$\frac{\partial R}{\partial \gamma} = 0 \Rightarrow \gamma(y^2 + z^2) - x(z\alpha + y\beta) = 0, \quad (18)$$

$$\gamma = \frac{x(z\alpha + y\beta)}{y^2 + z^2}. \quad (19)$$

Вычислим минимальное значение прибыли при следующих заданных параметрах спроса и предложения. Предположим, что спрос и предложение для некоторого вида товара принимают следующие прогнозируемые значения в рублях

$$x = 30, y = 30, \alpha = 2, \beta = 5, \gamma = 3. \quad (20)$$

Подставляя значения (20) в (13), получим прогнозируемое значение прибыли

$$z = 13,71 \text{ руб.} \quad (21)$$

Учитывая результаты (20) и (21), цена на товар, рассчитанная по формуле (7), примет значение $R = 77,64$ руб., тогда как простым сложением (20) и (21) цена на товар составила бы $R = 83,71$ руб.

Полученный результат означает, что при прогнозировании прибыли в 13,71 руб. с учётом состояния спроса, цена на товар может значительно отличаться от цены, рассчитанной классическим методом при тех же затратах.

Выводы

1. Подводя итоги, важно отметить, что в период цифровой экономики для получения максимальных доходов компании необходимо совместное привлечение IT-специалистов и финансистов.

2. Современные методики формирования цены должны использовать цифровые технологии для эффективного расчёта дохода компании путём оперативного варьирования значением прибыли, ценой и другими параметрами спроса.

3. Представленный в статье метод формирования цены на товар с использованием информационной составляющей позволяет рассчитать ее оптимальное значение, нежели при определении цены классическими методами.

4. Данный метод пригоден для автоматизированного расчёта и конструирования розничных цен на продукцию и позволяет отойти от ручного моделирования ценовых параметров, что немаловажно в быстроменяющейся и зависимой от различных экономических и политических факторов конкурентной среде.

Список литературы

1. Ветренко В.И., Романова Т.И. Влияние инновационной деятельности на экономические показатели в торговом предприятии // РИСК, 2013. № 1. С. 85-88.
2. Ветренко В.И. Применение трёхленточной упругой опоры с квазиулевым противодействующим моментом в испытательных стендах // Известия вузов. Приборостроение. 2015. Т. 60, №8. С. 742-752.
3. Гавриш Т.И., Станишевская Л.В. Применение определённого интеграла в экономических расчётах: учебно-методическое пособие. Минск, БГЭУ, 2018. 59 с.

4. Заложнев А., Чистов Д., Шуремов Е. Оптимизация прибыли IT-предприятия на основе анализа эластичности спроса на продукцию // РИСК, 2014. № 1. С. 110-114.
5. Лурье А.И. Аналитическая механика. М.: Физматгиз, 1961. 824 с.
6. Никоноров В.М. Формирование теории цены // Российское предпринимательство, 2015. №1(271). С. 163-174. URL: <http://www.creativeconomy.ru/journals/index.php/gr/article/view/61> (дата обращения: 19.09.2022)
7. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. Книга 1. М.: Мир, 1986. С. 31-47. 349 с.
8. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. Книга 2. М.: Мир, 1986. 320 с.
9. Россинский В.П. Оценка величины потребительской ценности // Теоретическая экономика, 2022, Т. 91, №7, 31 С. 39-40. URL: https://doi.org/10.52957/22213260_2022_7_31/ (дата обращения: 26.10.2022)
10. Соколов Г.А., Сагитов Р.В. Введение в регрессионный анализ и планирование регрессионных экспериментов в экономике. М.: ИНФРА-М, 2022. 202 с.
11. Harvey Mackay. Swim with the Sharks without Being Eaten Alive. Outsell, outmanage, outmotivate and outnegotiate your competition. Foreword by Kenneth Blanchard. William Morrow and Company. Inc. New York, 1993. P. 146-147.

References

1. Vetrenko V.I., Romanova T.I. Vliyanie innovacionnoj dejatel'nosti na jekonomicheskie pokazateli v trgovom predpriyatii [Influence of innovation activity on economic indicators in the trade enterprise]. *RISK*, 2013, no. 1, pp. 85-88.
2. Vetrenko V.I. Pri menenie trjohlentochnoj uprugoj opory s kvazinulevym protivodejstvujushhim momentom v ispytatel'nyh standah. [Use of three-band elastic support with quasi-zero reaction moment in test benches]. *Izvestija vuzov. Priborostroenie*, 2015, vol. 60, no. 8, pp. 742-752.
3. Gavrish T.I., Stanishevskaja L.V. *Primenenie opredeljonogo in-tegrala v jekonomicheskikh raschjotah: uchebno-metodicheskoe posobie* [Using the Definite Integral in Economic Calculations]. Minsk, BGJeU, 2018, 59 p.

4. Zalozhnev A., Chistov D., Shuremov E. Optimizacija pribyli IT predpriyatija na osnove analiza jelasticnosti sprosa na produkciju [Optimization of IT enterprise profits based on the analysis of product demand elasticity]. *RISK*, 2014, no. 1, pp. 110-114.
5. Lur'e A.I. *Analiticheskaya mekhanika* [Analytical Mechanics]. M.: Fizmatgiz, 1961, 824 p.
6. Nikonorov V.M. Formirovanie teorii tseny [Formation of the Price Theory]. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo*, 2015, no. 1(271), pp. 163-174. URL: <http://www.creativeconomy.ru/journals/index.php/rp/article/view/61>
7. Reklejtis G., Rejovindran A., Rjagsdel K. *Optimizacija v tehnikе. Kniga 1* [Optimization in Engineering. Book 1]. Moscow: Mir, 1986, 349 p.
8. Reklejtis G., Reyvindran A., Regsdel K. *Optimizatsiya v tekhnike. Kniga 2* [Optimization in Engineering. Book 2]. Moscow: Mir, 1986, 320 p.
9. Rossinskiy V.P. Otsenka velichiny potrebitel'skoy tsennosti [Evaluation of the value of customer value]. *Teoreticheskaya ekonomika*, 2022, vol. 91, no. 7, 31, pp. 39-40.
10. Sokolov G.A., Sagitov R.V. *Vvedenie v regressivnyj analiz i planirovanie regressionnykh jeksperimentov v jekonomike* [Introduction to Regression Analysis and the Planning of Regression Experiments in Economics]. Moscow: INFRA-M, 2019, 202 p.
11. Harvey Mackay. Swim with the Sharks without Being Eaten Alive. Outsell, outmanage, outmotivate and outnegotiate your competition. Foreword by Kenneth Blanchard. William Morrow fnd Company. Inc. New York 1993, pp 146-147.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Ветренко Владимир Ильич, директор ООО «Звездный», кандидат технических наук
ООО «Звездный»
ул. И. Черных, 123А, г. Томск, Томская область, 634040, Российская Федерация
vladim.vetrenko@yandex.ru

Романова Татьяна Ильинична, старший преподаватель кафедры
«Экономика, организация, управление строительством и жи-
лищно-коммунальным комплексом»

*Томский государственный архитектурно-строительный уни-
верситет*

*пл. Соляная, 2, г. Томск, Томская область, 634003, Российская
Федерация*

e2e469@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Vladimir I. Vetrenko, director of Zvezdny LLC, candidate of techni-
cal sciences

Zvezdny LLC

*123A, I. Chernykh Str., Tomsk, Tomsk region, 634040, Russian
Federation*

vladim.vetrenko@yandex.ru

Tatyana I. Romanova, Senior Lecturer of the Department of Econom-
ics, organization, management of construction and housing and
communal complex

Tomsk state university of architecture and building

2, Solyanaya pl., Tomsk, Tomsk region, 634003, Russian Federation

e2e469@mail.ru

Поступила 01.10.2022

После рецензирования 15.10.2022

Принята 27.10.2022

Received 01.10.2022

Revised 15.10.2022

Accepted 27.10.2022