

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

УДК 330.42

Дата: поступления статьи / Submitted: 23.03.2019
после рецензирования / Revised: 19.04.2019
принятия статьи / Accepted: 27.08.2019



Научная статья / Scientific article

Е.А. Ильина

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: elenaalex.ilyina@yandex.ru

Л.А. Сараев

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: saraev_leo@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

Н.М. Тюкавкин

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: tnm-samara@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6049-897X>

К расчету экономических показателей производственного предприятия, внедряющего инновационные технологии

Аннотация: В публикуемой статье предложена математическая модель расчета выпуска продукции, издержек и прибыли производственного предприятия, поэтапно внедряющего прогрессивные инновационные технологии. Уровень инновационности предприятия описывается с помощью безразмерных коэффициентов инновации, размер которых влияет на увеличение выпуска продукции и снижение издержек. Численный анализ полученной экономико-математической модели показывает, что максимальное значение прибыли предприятия изменяется во времени и соответствует уровню внедряемых инноваций.

Ключевые слова: предприятие, ресурсы, факторы производства, производственная функция, прибыль, производственные издержки, инновации.

Цитирование. Ильина Е.А., Сараев Л.А., Тюкавкин Н.М. К расчету экономических показателей производственного предприятия, внедряющего инновационные технологии // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2019. Т. 10. № 3. С. 64–70.

Е.А. Илина

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: elenaalex.ilyina@yandex.ru

L.A. Saraev

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: saraev_leo@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

N.M. Tyukavkin

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

E-mail: tnm-samara@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6049-897X>

On the calculation of economic indicators of a manufacturing enterprise that implements innovative technologies

Abstract: This article offers a mathematical model for calculating the output, costs and profit of a manufacturing enterprise that gradually introduces progressive innovative technologies. The level of innovation of an enterprise is described using dimensionless coefficients of innovation, the size of which affects the increase in output and cost reduction. Numerical analysis of the obtained economic and mathematical model shows that the maximum value of the enterprise's profit changes over time and corresponds to the level of implemented innovations.

Key words: enterprise, resources, factors of production, production function, profit, production costs, innovation.

Citation. Ilyina E.A., Saraev L.A., Tyukavkin N.M. On the calculation of economic indicators of a manufacturing enterprise that implements innovative technologies. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2019, vol. 10, no. 3, pp. 64–70. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Елена Алексеевна Ильина – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Леонид Александрович Сараев – доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора института экономики и управления, заведующий кафедрой математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Николай Михайлович Тюкавкин – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Ilyina E. Alexeevna – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Mathematics and Business-Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Leonid A. Saraev – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, Deputy Director of the Institute of Economics and Management, head of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Nikolay M. Tyukavkin – Doctor of Economics, professor, head of the Department of Innovation Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Рассмотрим производственное предприятие, которое выпускает готовую продукцию, затрачивая при этом только один ресурс. Этот ресурс Q интегрирует в себе объемы факторов производства, складывающихся из основного капитала, производственных фондов, привлекаемых в производство трудовых ресурсов, используемых в производстве материалов, применяемых технологий, различного рода инноваций и т. д. [5].

Объем производимой предприятием продукции V обеспечивается производственной функцией Кобба – Дугласа

$$V = P \cdot Q^a. \quad (1)$$

Здесь показатель степени производственной функции a , ($0 \leq a \leq 1$) представляет собой эластичность выпуска, величина P – стоимость продукции, произведенной на единичный объем ресурса.

Функция общих пропорциональных издержек имеет вид

$$TC = A \cdot Q + TFC. \quad (2)$$

Здесь A – стоимость издержек, отнесенная к единичному объему ресурса Q ; TFC – постоянные издержки.

Выражение для прибыли предприятия $PR = TR - TC$ записывается в виде [2]

$$PR = P \cdot Q^a - A \cdot Q - TFC . \quad (3)$$

Если в производство рассматриваемого предприятия постоянно внедряются инновационные технологии, то показатели производственной функции и издержек не являются постоянными величинами, а изменяются во времени t .

Процесс внедрения инноваций в производство предприятия предполагается прогрессивным, поэтому с течением времени выпуск продукции должен нарастать, а издержки должны неуклонно снижаться [3].

Эти процессы могут быть описаны безразмерными коэффициентами инновации вида

$$I = 1 - \exp(-\lambda \cdot t) . \quad (4)$$

Здесь λ – скорость внедрения инновационных технологий в производство. $I = 0$ означает отсутствие инновационных технологий в производстве, значения коэффициента $I \rightarrow 1$ показывает практически полное инновационное производство.

Таким образом, величина стоимости продукции, произведенной на единичный объем ресурса P , имеет вид

$$P(t) = P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot \exp(-\lambda_p \cdot t) , \quad (5)$$

а стоимость издержек, отнесенная к единичному объему ресурса A , запишется как

$$A(t) = A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot \exp(-\lambda_A \cdot t) . \quad (6)$$

Здесь P_0, P_∞ – начальное и конечное значения величины P ; A_0, A_∞ – начальное и конечное значения величины A .

На рис. 1. представлен график функции (5).

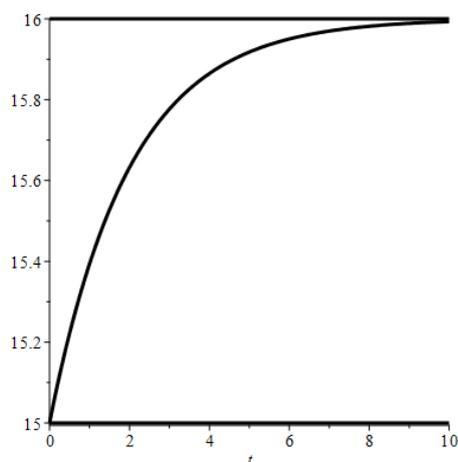
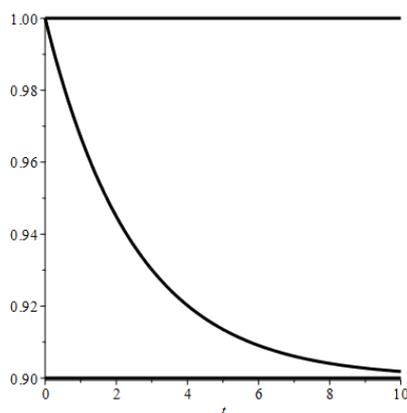


Рис. 1 – График функции (5). Расчетные значения: $P_0 = 15$; $P_\infty = 16$; $\lambda_p = 0,5$

Fig. 1 – Graph of function (5). Estimated values: $P_0 = 15$; $P_\infty = 16$; $\lambda_p = 0,5$

На рис. 2 построен график функции (6).

Рис. 2 – График функции (6). Расчетные значения: $A_0 = 1$; $A_\infty = 0,9$; $\lambda_A = 0,4$ Fig. 2 – Graph of function (6). Estimated values: $A_0 = 1$; $A_\infty = 0,9$; $\lambda_A = 0,4$

Подставляя выражения (5) и (6) в формулы (1)–(3), находим выражения:
для выпуска продукции

$$V(t, Q) = (P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot \exp(-\lambda_P \cdot t)) \cdot Q^a, \quad (7)$$

для издержек

$$TC(t, Q) = (A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot \exp(-\lambda_A \cdot t)) \cdot Q + TFC, \quad (8)$$

для прибыли

$$PR(t, Q) = (P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot \exp(-\lambda_P \cdot t)) \cdot Q^a - \\ - (A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot \exp(-\lambda_A \cdot t)) \cdot Q - TFC. \quad (9)$$

Формула для прибыли (3) показывает, что ее максимальное значение PR_{\max} и соответствующее ему значение производственного фактора Q_{\max} будут зависеть от времени t [4]. Эти временные функции находятся из условия

$$\frac{\partial PR}{\partial Q} = (P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot \exp(-\lambda_P \cdot t)) \cdot a \cdot Q^{a-1} - \\ - A_0 - (A_\infty - A_0) \cdot \exp(-\lambda_A \cdot t) = 0. \quad (10)$$

Решая это уравнение относительно Q , находим значение Q_{\max} :

$$Q_{\max}(t) = \frac{1}{a} \cdot \frac{A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot \exp(-\lambda_A \cdot t)}{P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot \exp(-\lambda_P \cdot t)}. \quad (11)$$

Подставляя выражение (11) в формулу для прибыли (9), получаем

$$PR_{\max}(t) = P \cdot Q_{\max}^a - (A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot \exp(-\lambda_A \cdot t)) \cdot Q_{\max} - TFC. \quad (12)$$

Величины (11) и (12) ограничены снизу и сверху своими предельными значениями

$$Q_{\max}^0 \leq Q_{\max}(t) < Q_{\max}^\infty, \quad (13) \\ PR_{\max}^0 \leq PR_{\max}(t) < PR_{\max}^\infty.$$

Здесь

$$Q_{\max}^0 = \left(\frac{a \cdot P_0}{A_0} \right)^{\frac{1}{1-a}}, Q_{\max}^\infty = \left(\frac{a \cdot P_\infty}{A_\infty} \right)^{\frac{1}{1-a}}, \quad (14) \\ PR_{\max}^0 = \left(\frac{a \cdot P_0}{A_0} \right)^{\frac{1}{1-a}}, PR_{\max}^\infty = \left(\frac{a \cdot P_\infty}{A_\infty} \right)^{\frac{1}{1-a}}.$$

На рис. 3 представлен график функции (11).

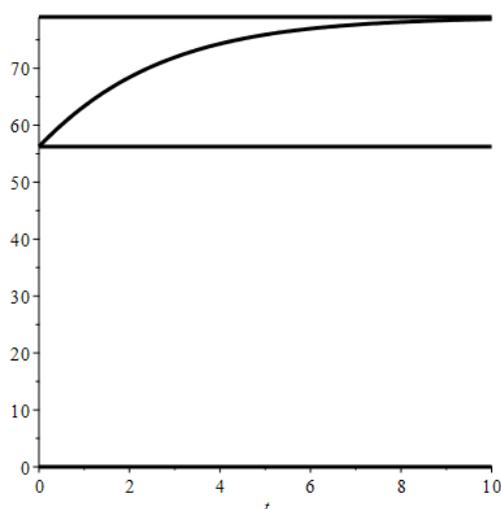


Рис. 3 – График функции (11). Расчетные значения: $P_0 = 15$; $P_\infty = 16$; $a = 0,5$; $\lambda_p = 0,5$; $A_0 = 1$;

$$A_\infty = 0,9; \lambda_A = 0,4; Q_{\max}^0 = 56,25; Q_{\max}^\infty = 79,01$$

Fig. 3 – Graph of function (11). Estimated values: $P_0 = 15$; $P_\infty = 16$; $a = 0,5$; $\lambda_p = 0,5$; $A_0 = 1$;

$$A_\infty = 0,9; \lambda_A = 0,4; Q_{\max}^0 = 56,25; Q_{\max}^\infty = 79,01$$

На рис. 4. представлен график функции (12).

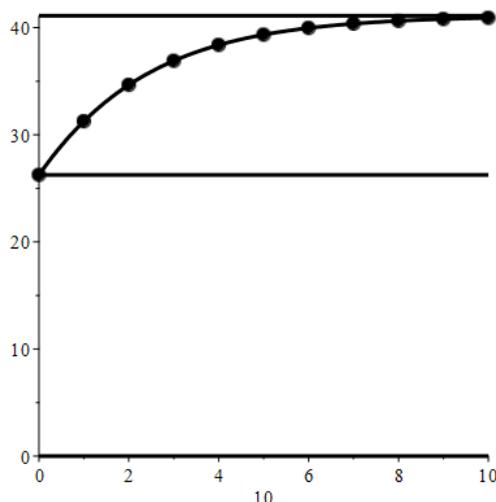


Рис. 4 – График функции (12). Расчетные значения: $P_0 = 15$; $P_\infty = 16$; $a = 0,5$; $\lambda_p = 0,5$; $A_0 = 1$;

$$A_\infty = 0,9; \lambda_A = 0,4; PR_{\max}^0 = 26,25; PR_{\max}^\infty = 41,11. \text{ Точками отмечены значения максимальной прибыли от начального момента времени с единичным шагом [5]}$$

Fig. – 4 Graph of function (12). Estimated values: $P_0 = 15$; $P_\infty = 16$; $a = 0,5$; $\lambda_p = 0,5$; $A_0 = 1$; $A_\infty = 0,9$;

$$\lambda_A = 0,4; PR_{\max}^0 = 26,25; PR_{\max}^\infty = 41,11. \text{ Dots indicate the maximum profit from the initial moment in time with a single step [5]}$$

На рис. 5 показаны график поверхности функции выпуска продукции (7), график поверхности функции издержек (8) и график поверхности функции прибыли (9).

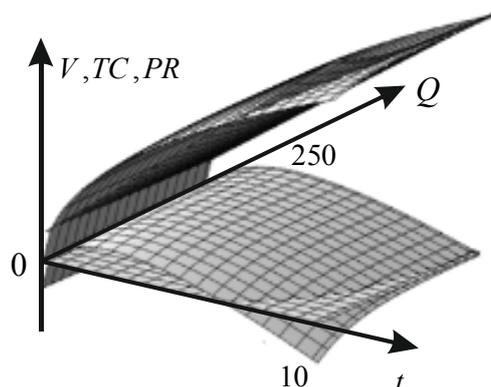


Рис. 5 – Графики поверхностей функций (7)–(9). Расчетные значения:

$$P_0 = 15; P_\infty = 16; a = 0,5; \lambda_p = 0,5; A_0 = 1; A_\infty = 0,9; \lambda_A = 0,4$$

Fig. 5 – Graphs of surfaces of functions (7)–(9). Estimated values:

$$P_0 = 15; P_\infty = 16; a = 0,5; \lambda_p = 0,5; A_0 = 1; A_\infty = 0,9; \lambda_A = 0,4$$

На рис. 6 представлен график поверхности функции прибыли (9).

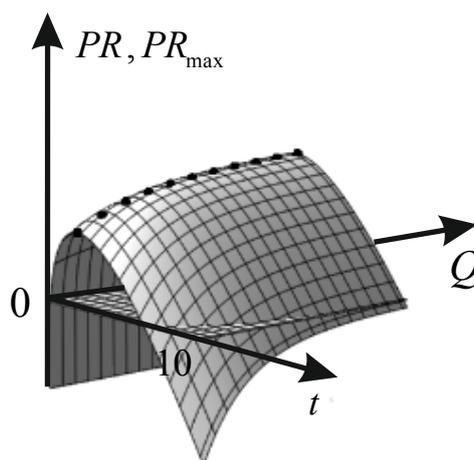


Рис. 6 – График поверхности функции прибыли (9). Расчетные значения: $P_0 = 15; P_\infty = 16; a = 0,5;$

$$\lambda_p = 0,5; A_0 = 1; A_\infty = 0,9; \lambda_A = 0,4. \text{ Точками отмечены значения максимальной прибыли}$$

от начального момента времени с единичным шагом

Fig. 6 – Graph of the surface of the profit function (9). Estimated values: $P_0 = 15; P_\infty = 16; a = 0,5;$

$$\lambda_p = 0,5; A_0 = 1; A_\infty = 0,9; \lambda_A = 0,4. \text{ Dots indicate the maximum profit}$$

from the initial moment in time with a single step

Заключение

Таким образом, уровень инновационности предприятия описывается с помощью безразмерных коэффициентов инновации, размер которых влияет на увеличение выпуска продукции и снижение издержек. Численный анализ полученной экономико-математической модели показывает, что максимальное значение прибыли предприятия изменяется во времени и соответствует уровню внедряемых инноваций.

Библиографический список

1. Ратафьев С.В. Моделирование в инновационной деятельности // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2012. № 3 (96). С. 269–278. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18792583>.
2. Кузык Б.Н., Яковец Ю.В., Некипелов А.Д. Интегральный макропрогноз инновационно-технологической и структурной динамики экономики России на период до 2030 года. Москва: Институт экономических стратегий, 2006. 432 с.
3. Ксенофонтов М.Ю. Теоретические и прикладные аспекты социально-экономического прогнозирования: монография. Москва: Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН, 2002. 347 с.
4. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / под ред. Б.З. Мильнера. Москва: ИНФРА-М, 2010. 624 с.
5. Виханский О.С. Стратегическое управление: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Гардарики, 2000. 296 с.

References

1. Ratafiyev S.V. Modelling in the innovational activity. *Proceedings of NSTU named after R.E. Alekseeva*, 2012, no. 3 (96), pp. 269–278. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18792583>.
2. Kuzyk B.N., Yakovets Yu.V., Nekipelov A.D. Integrated macro-forecast of innovation-technological and structural dynamics of the Russian economy for the period up to 2030. Moscow: Institut ekonomicheskikh strategii, 2006, 432 p. (In Russ.)
3. Ksenofontov M.Yu. Theoretical and applied aspects of socio-economic forecasting: monograph. Moscow: Institut narodnokhozyaistvennogo prognozirovaniya RAN, 2002, 347 p. (In Russ.)
4. Innovative development: economy, intellectual resources, knowledge management. B.Z. Milner (Ed.). Moscow: INFRA-M, 2010, 624 p. (In Russ.)
5. Vikhansky O.S. Strategic management: textbook. 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: Gardariki, 2000, 296 p. (In Russ.)