

УДК 338.22.021.4

DOI 10.25688/2312-6647.2019.19.1.07

К.С. Раупов

Экономико-математическая модель обобщенных показателей инноваций

Статья посвящена построению математической модели, которая позволит оценить воздействие инноваций на повышение эффективности и конкурентоспособности организации с использованием показателей, характеризующих технический уровень производства, качество продукции и эффективность труда.

Ключевые слова: модель; инновация; состояние; эффективность; инновационное развитие.

Процесс промышленного производства базируется на контакте трех ключевых компонентов — производственных фондов, оборотных средств и рабочей силы. Использование факторов производства сотрудниками материального производства гарантирует выработку промышленной продукции. Соотнесение конечного результата деятельности промышленной организации (эффект) с расходами живого и овеществленного труда на его результат отражает результативность производства. Коэффициент полезного действия (эффект / конечный результат) деятельности обусловлен объемом выпуска продукции и ее реализации на рынках, прибылью, издержками по каждому направлению, суммарной экономией от уменьшения себестоимости товаров, иными стоимостными и натуральными показателями. Эффект достигается за счет использования различных инноваций, прогрессивного оборудования, новых технологий, высококвалифицированной рабочей силы, разработки новой продукции на основе инновационных решений, обновления ассортимента выпускаемой продукции и повышения ее конкурентоспособности. Каждый из этих факторов может быть описан системой технических показателей. Для достижения определенного уровня этих показателей все издержки, связанные с производством, делятся на текущие и единовременные.

Текущие издержки состоят из таких затрат (сумма переменных затрат), которые формируют полную калькуляцию себестоимости выпускаемой продукции.

Единовременные издержки — это издержки, авансируемые для приумноженного воспроизводства первоначального капитала, то есть на приобретение оборудования, систем и механизмов.

Степень эффективности производства складывается посредством системы частных и суммарных показателей. К частным относятся показатели уровня

техники и технологии в организации, производительности труда, капиталоемкости, фондоемкости, материалоемкости изделий и т. д. Соответственно, прибыль и рентабельность относятся к суммарному показателю. Прибыль — окончательные финансовые последствия функционирования предприятия. В критериях рыночных отношений это превращенная конфигурация добавочной цены [3].

По специфической экономической натуре прибыль выступает как часть цены добавочного продукта. Источником возникновения добавочной стоимости является дополнительный труд. Все стороны хозяйственности индустриальной организации учитываются как основа прибыли: степень использования основных средств, оборудования, технологий, организация производства и труда. Абсолютный размер прибыли показывает результаты понижения себестоимости и увеличения объема реализованной продукции.

Для оценки эффективности работы индустриальной организации недостаточно использовать только показатель прибыли. К примеру, две организации получают равную прибыль, но имеют разную стоимость производственных фондов, иными словами, сумму основного и оборотного капитала. Эффективнее функционирует та организация, у которой стоимость производственных фондов ниже. Следовательно, для оценки эффективности функционирования организации нужно сопоставить прибыль и производственные фонды, при помощи которых она сформирована, оценить рентабельность.

Рентабельность — это относительный показатель доходности и прибыльности организации. Показатель рентабельности связан с показателями производительности, себестоимостью товара, фондоемкостью и темпом оборачиваемости капитала [4].

Прибыль и рентабельность являются ключевыми показателями оценки эффективности производства и связаны со значимым кругом показателей производственной деятельности, с техническими и технологическими характеристиками производства и выпускаемой продукции, показателями инноваций.

Из этих производственных показателей и показателей прибыли и рентабельности можно построить математические модели, решение которых позволит оптимизировать деятельность организации с целью достижения наиболее высоких показателей эффективности производства.

В рыночных условиях организация осуществляет продажу продукции по цене рынка, добивается максимизации прибыли (Πp_i):

$$\sum_{i=1}^I (C_i(t) - (C_1(t)n_i(t) = \Pi p(t)) \rightarrow \max), \quad (1)$$

где $C_i(t)$ — цена i -го изделия, определяемая потребительскими свойствами и временем (цена с течением времени t должна снижаться);

$C_1(t)$ — издержки на производство i -го изделия;

$n_i(t)$ — количество i -х изделий, выпускаемых в год.

Для максимизации прибыли выпускаемой продукции необходимы передовые основные средства и технологии, чтобы гарантировать выпуск конкурентоспособной и востребованной рынком продукции при минимальных затратах:

$$\sum_{i=1}^I C_i(t) = \sum_{i=1}^I \{M_i(t) + Z_i(t) + A_i(t) + \mathcal{E}_i\} + Z_{ocв} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $M_i(t)$ — издержки на материалы и комплектующие i -го изделия;

$Z_i(t)$ — зарплата на i -ю продукцию;

\mathcal{E}_i — издержки на эксплуатацию и ремонт (улучшение) фондов для i -го изделия;

$Z_{ocв}$ — издержки на освоение новых изделий.

Издержки на сырье, материалы и составляющие с учетом времени и снижения объема расхода определяются по статистическим пропорциям, полученным по подобной продукции:

$$\sum_{i=1}^I \{M_i(t) = mT(t)\}, \quad (3)$$

где m — удельный вес материалов и составляющих в планируемой величине товарной продукции $T(t)$.

Издержки производства выпускаемой и осваиваемой продукции составляют для i -го изделия:

$$\begin{aligned} C_i(t) - M_i(t) &= Z_i(t) + A_i(t) + \mathcal{E}_i + Z_{ocв} = \\ \Phi_{зи}(t) + \Phi n_{ам} + \Phi \xi + \Phi \alpha \Delta &= Z_i(1 + \phi n_{ам} + \phi \xi + \phi \alpha \delta), \end{aligned} \quad (4)$$

где Φ — стоимость ключевых производственных фондов;

$n_{ам}$ — норма амортизации;

α — удельный вес активной части ключевых производственных фондов;

Δ — объем прироста новой продукции;

$\phi = \Phi / Z$ — фондовооруженность.

Принимая во внимание, что

$$Z = Tp t_{cm}, \quad (5)$$

где Tp — трудоемкость продукции;

t_{cm} — усредненная тарифная ставка.

Трудоемкость продукции — величина, противоположная производительности труда, которая связана с фондовооруженностью:

$$Tp = A / \Pi = A / (\phi \psi) = A / (V \phi^v) = B \phi^v, \quad (6)$$

где A, V, v, B — статистические коэффициенты;

Π — производительность труда;

ϕ — фондоотдача.

Статистические коэффициенты определяются соответствующими методами. Получаем формулу для измерения издержек производства на изготавливаемую и разрабатываемую часть продукции:

$$C = B \phi^{-v} r_{cm} \left[\frac{1}{\phi(n_{cm} + \varepsilon + \infty)} \right], \quad (7)$$

которые должны стремиться к минимуму, чтобы получить максимум прибыли.

В условиях экстремума $\frac{\partial C_1}{\partial f_B} = 0$ достигается наилучшее значение фондовооруженности ϕ и оценочные показатели технического уровня производства.

$$B t_{cm} (-V) \phi^{-V-1} + (1 - V) B t_{cm} \phi^{-V} (n_{am} + \xi + a\Delta) = 0. \quad (8)$$

$$\phi [-V \phi + (1 - V) (n_{am} + \xi + a\Delta)] = 0. \quad (9)$$

$$\phi = \frac{V}{(1 - V)(n_{am} + \xi + a\Delta)}. \quad (10)$$

Предельное значение прибыли определяется фондовооруженностью ϕ , производительностью труда, фондовооруженностью v , нормами амортизационных отчислений n_{am} и издержками на эксплуатацию и ремонт оборудования ξ , удельным весом ключевой части α и обновления Δ .

Оптимальная фондовооруженность связана с оптимальной фондоотдачей ($\Pi^* = \phi \psi^*$), которая может выражаться как:

$$\psi = \frac{m \Pi_{об} K_{cm} K_{\alpha} a}{C_1}, \quad (11)$$

где $\Pi_{об}$ — производительность оборудования;

K_{cm} — число машиномен работы оборудования в сутки;

C_1 — стоимость единицы оборудования;

K_{α} — коэффициент внутрисменного фонда времени работы оборудования (загрузка);

$K_{cm} K_{\alpha} = K_{исп}$ — коэффициент использования оборудования — характеризует организационный уровень производства, дополняя показатели технического уровня v , n_{am} , α , Δ .

Производительность оборудования зависит от степени его амортизации $K_{амт}$ и энерговооруженности \mathcal{E}_{α} .

Рассматриваемая экономико-математическая модель показывает связь показателей эффективности производства Y_p , рентабельности и производительности живого и овеществленного труда с показателями организационно-технического уровня производства X_j : обновления Δ , материалоемкости продукции m , фондовооруженности f_{α} , механовооруженности a_m , уровнем автоматизации оборудования $K_{амт}$ и его энерговооруженностью \mathcal{E}_{α} , показателем использования оборудования $K_{исп}$.

Степень использования ресурсов производства определяется отклонением от оптимальных значений указанных показателей. Достижение максимума производительности на базе имеющихся ресурсов при существующих ограничениях является целевой функцией планирования технического перевооружения и реконструкции производства.

Обоснование направляемых инвестиционных вложений, увеличивающих прибыль и способствующих внедрению прогрессивных научно-технических достижений, должно базироваться на экономических показателях деятельности организации и показателях его технического уровня $f_3, \alpha, K_{авт}, K_{исн}$.

Количественное определение приоритетов по капитальным вложениям для организации определяется выражением:

$$F = \begin{pmatrix} \Delta K \\ \Delta Ч \end{pmatrix} \Delta Ч H_1 y_1 + \begin{pmatrix} \Delta K \\ \Delta \delta \end{pmatrix} \delta H_2 y_2, \quad (12)$$

где $\begin{pmatrix} \Delta K \\ \Delta Ч \end{pmatrix}$ — удельные капиталовложения на одного высвобожденного работника за счет роста производительности труда;

$\Delta Ч$ — прогнозируемое высвобождение численности за счет роста производительности труда;

H_1 — прогнозируемая напряженность роста производительности труда;

y_1, y_2 — коэффициенты значимости показателя роста производительности труда и обновления ($y_1 + y_2 = 1$), соответственно, которые могут определяться на основании анализа показателя рентабельности производства и/или экспертно;

$\begin{pmatrix} \Delta K \\ \Delta \delta \end{pmatrix}$ — удельные капиталовложения на единицу обновления продукции;

δ — планируемый прирост обновления продукции;

H_2 — напряженность прогнозируемых заданий по обновлению продукции.

Напряженность прогнозируемых заданий по показателям эффективности:

$$H_i = \frac{y_{i(\text{план})}}{y_{i(\text{max})}}, \quad (13)$$

где H_i — напряженность i -го показателя эффективности, полученная делением его прогнозируемого значения на максимальное $Y_{i(\text{max})} = Y_{i0} + \Delta Y_{ij}$;

Y_{i0} — базовое значение i -го показателя эффективности по статистической отчетности;

$\Delta Y_{ij} = \frac{a_{ij} (x_j - x_{j(\text{план})})}{Y_i}$ — прирост i -го показателя эффективности за счет

j -го показателя организационно-технического уровня;

$a_{ij} = Y_i / X_j$ — базовые показатели использования факторов организационно-технического уровня производства;

$$a_{1j} = \frac{\text{Производительность труда}}{f_\beta, \alpha, K_{авт}, K_{исн}}, \quad (14)$$

$$a_{2j} = \frac{\text{Обновление}}{f_\beta, \alpha, K_{авт}, K_{исн}}, \quad (15)$$

$$a_{3j} = \frac{\text{Прибыль (PF)}}{f_{\beta}, \alpha, K_{авт}, K_{исп}}, \quad (16)$$

где X_j — оптимальное значение j -го показателя организационно-технического уровня;

$X_{j(пл)}$ — прогнозируемое значение j -го показателя.

Базовые значения показателей организационно-технического уровня f_{β} ; α ; $K_{авт}$; $K_{исп}$ и показателей эффективности производства определяются на основании статистической отчетности.

Использование вышепредставленной модели на практике позволяет осуществить дифференцирование потребности организации в капиталовложениях в зависимости от созданного производственного потенциала, степени его использования и тем самым определить приоритеты необходимости привлечения и условий инвестирования при имеющихся у организации средствах на капитальные вложения.

Управление инновационным развитием организации на основе обобщенных показателей может происходить следующим образом. Техничко-организационное развитие представляется показателями роста производительности труда $\Delta\Pi$, роста фондоотдачи Δf_0 , снижения материалоемкости и энергоемкости продукции, соответственно, ΔM , ΔJ , увеличивающих ее рентабельность K_p , и достигается за счет повышения технико-организационного уровня производства, представленного показателями фондовооруженности, механовооруженности, энерговооруженности, степени автоматизации и показателем использования оборудования и обновления выпускаемой продукции.

Весь рост объема производства должен происходить за счет повышения производительности труда, т. е. темп роста производительности труда должен быть выше или равен темпу роста объема производства ($\Delta T \leq \Delta\Pi$).

Исходя из намеченного прироста производительности труда и требований по росту фондоотдачи или ее стабилизации ($\Delta\Pi = \Delta f_{\beta}$) определяется прирост фондовооруженности.

Снижение показателей энергоемкости и материалоемкости является основной роста объема производства. Если объем производства увеличивается на 10 %, а объем материалов и энергии — на 8 %, то эффективность внедрения материало- и энергосберегающих технологий увеличивается на 20 %. Повышение технического уровня достигается увеличением фондовооруженности труда, которая при росте производительности и внедрении нового оборудования имеет оптимальное значение.

В общем случае взаимосвязь стоимости и производительности технологического оборудования может быть представлена следующей функцией:

$$K = V a^x, \quad (17)$$

где K — стоимость единицы оборудования;

a — производительность единицы оборудования;

V, x — статистические коэффициенты.

Например, следующая гипотеза: в процессе проектирования, изготовления и внедрения технологического оборудования его технико-экономические характеристики формируются так, что обеспечивается максимальная прибыль производства при определенном задании по выпуску продукции. Представленная гипотеза позволяет внести определенность в статистический коэффициент x .

Рассмотрим величину прибыли:

$$\Pi = T - C, \tag{18}$$

где T — товарный выпуск продукции;

C — себестоимость продукции.

В силу принятой гипотезы при определенном выпуске продукции вычисляем величину T :

$$T = \zeta A, \tag{19}$$

где ζ — цена единицы изделия;

A — заданный выпуск изделий.

Себестоимость продукции составляет:

$$C = Q \left[K \left(\frac{1}{N} + \xi \right) + 3 \right] + A_m, \tag{20}$$

где Q — необходимое число единиц технологического оборудования, которое может обеспечить заданный выпуск изделий A ;

N — срок амортизации оборудования ;

ξ — эксплуатационные расходы в долях стоимости оборудования;

m — материалоемкость изделия;

3 — заработная плата персонала.

Рассчитаем необходимое число единиц оборудования:

$$Q = A / a. \tag{21}$$

Тогда прибыль определяется как:

$$\Pi = \zeta A - \left\{ \frac{A}{a} \left[K \left(\frac{1}{N} + \xi \right) + 3 \right] + A_m \right\}. \tag{22}$$

Введя принятую взаимосвязь между производительностью и стоимостью технологического оборудования, получаем следующую целевую функцию:

$$\Pi = A (\zeta - m) - A V \left(\frac{1}{N} + \xi \right) a^{x-1} - A 3 3^{-1}. \tag{23}$$

Из полученной зависимости вытекает, что имеется оптимальная производительность технологического оборудования A , при которой достигается максимум прибыли производства. Существование оптимума объясняется влиянием следующих факторов.

Увеличение производительности единицы оборудования, с одной стороны, увеличивает его стоимость, что приводит к увеличению размеров амортизационных

отчислений, т. е. к увеличению себестоимости выпускаемой продукции, что в итоге способствует уменьшению прибыли. С другой стороны, увеличение производительности оборудования уменьшает его количество, что снижает себестоимость выпуска продукции, следовательно, увеличивает прибыль.

Оптимальная производительность оборудования определяется из условий:

$$\frac{d\Pi}{da} = 0 \text{ или } Va^x \left(\frac{1}{N} + \varepsilon \right) (x - 1) = 3. \quad (24)$$

Условия оптимума могут быть представлены в виде:

$$X = \frac{3}{K \left(\frac{1}{N} + \varepsilon \right)} + 1; \quad (25)$$

величина

$$V = \frac{K \left(\frac{1}{N} + \varepsilon \right)}{3} \quad (26)$$

— коэффициент фондооснащенности производства, показывающий, какое количество овеществленного труда расходуется при производстве продукции (в денежном выражении). Тогда:

$$X = \frac{V+1}{V}, \quad K = Va^{\frac{v+1}{v}}. \quad (27)$$

В существующей системе измерений планирования, статистической и бухгалтерской отчетности по результатам деятельности производственных систем полученная зависимость может быть представлена через фондовооруженность и производительность труда:

$$\frac{\Phi}{\bar{Ч}} = V_0 \left(\frac{T - M}{\bar{Ч}} \right)^{\frac{v+1}{v}}, \quad (28)$$

где Φ — среднегодовая стоимость организационно-правовой формы производства;

$\bar{Ч}$ — численность промышленно-производственного персонала;

T — товарный выпуск продукции;

M — материалоемкость продукции;

V_0 — статистический коэффициент.

Полученное условие отражает максимум прибыли производства, поэтому фондовооруженность $\phi = \Phi / \bar{Ч}$ является оптимальной. Таким образом, оптимальная фондовооруженность будет равна:

$$\phi = V_0 \left(\frac{T - M}{\bar{Ч}} \right)^{\frac{v+1}{v}}, \quad (29)$$

С течением времени доля затрат прошлого труда при производстве единицы продукции непрерывно увеличивается. Поэтому в пределе показатель степени в выражении (ф) стремится к 1:

$$\lim_{v \rightarrow \infty} \frac{v+1}{v} = 1, \quad v_1 < v_2 < v_3 < \dots, \quad v \rightarrow \infty.$$

Если имеется оптимальная фондовооруженность производства, то оптимальная фондоотдача, определенная в соответствии с чистой продукцией, будет:

$$\psi = \frac{T - M}{M}, \tag{30}$$

или:

$$\psi = \frac{\varphi(T - M)}{\phi}. \tag{31}$$

Статистический коэффициент взаимосвязи производительности и фондовооруженности производства (%) определяется в соответствии с отчетной или базовой информацией, меняющейся в организации:

$$V_0 = \frac{\Phi_0}{\varphi_0} \left(\frac{\varphi_0}{T_0 - M_0} \right)^{\frac{v+1}{v}}, \tag{32}$$

где Φ_0 , φ_0 , T_0 , M_0 — соответствующая отчетная информация базового года или периода.

Коэффициент фондооснащенности в базовом году K_0 может быть определен в соответствии с основными составляющими себестоимости:

$$C_0 = V_0 \left(\frac{1}{N_0} + \xi_0 \right) + M_0 + Z_0. \tag{33}$$

Так как коэффициент фондооснащенности:

$$V_0 = \frac{\Phi_0 \left(\frac{1}{N_0} + \xi_0 \right)}{Z_0}, \tag{34}$$

то в соответствии с V_0 и C_0 получаем:

$$V_0 = \frac{C_0 - M_0}{Z_0 - 1}. \tag{35}$$

В соответствии с V и V_0 статистически определяется коэффициент V_0 , который при плановых расчетах остается постоянным. На стартовом периоде работы в условиях самофинансирования, кроме показателя обновления и удельного веса экспортноспособной продукции, необходимо учитывать сложившийся организационно-технический уровень производства, определяющий

результат деятельности производства — его прибыль. В условиях рыночной экономики эффективность производства отражает результаты деятельности всех работников организации. Наряду с указанными выше показателями для более глубокого анализа деятельности организации необходимо иметь дополнительные показатели, оценивающие технический и организационный уровень всего производства. Если производство не может обеспечить прибыль Π_p и AV , хотя используются все организационно-технические возможности данного производства $\phi, f_{акт}, H_e, \mathcal{E}_e, K_{овт}, K_{исм}$, то показатели технико-организационного уровня производства — фондовооруженность, удельный вес активной части — механовооруженность a_e , энерговооруженность \mathcal{E}_e , уровень автоматизации оборудования $K_{авт}$, коэффициент использования оборудования $K_{исм}$, — служат аргументами, определяющими необходимое финансирование для обеспечения Π_p и AV .

Выбор обобщающего показателя инновационного развития организации, приведенного выше, обусловлен следующими причинами:

- имеется функциональная и статистическая связь с экономическими показателями производства;
- величину этих показателей можно устанавливать на основе максимизации прибыли, а отклонение от установленной величины сигнализирует о возможных потерях прибыли.

Приведенная нами система обобщающих показателей инноваций служит современным инструментарием управления инновациями в организации. Этот инструментарий обеспечивает установление взаимосвязи технического уровня производства с конечным результатом деятельности производства — прибылью, позволяет определить приоритетность привлечения организациями средств капитальных вложений в зависимости от созданного производственного потенциала, его использования и задач, стоящих перед организациями.

Литература

1. Антонюк Л.Л., Поручник А.М., Савчук В.С. Инновации: теория, механизм разработки и коммерциализации. К.: КНЕУ, 2003. 394 с.
2. Минаков В.Ф., Минакова Т.Е., Барабанова М.И. Экономико-математическая модель этапа коммерциализации жизненного цикла инноваций // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия: «Экономические науки». 2012. № 2.
3. Чурсин А.А., Окатьева Н.А. Инновации и инвестиции в деятельность организации: монография. М.: Машиностроение, 2010. 469 с.
4. Шквария Л.В., Русакович В.И., Раунов К.С. Республика Таджикистан в условиях глобализации: новые возможности и вызовы: монография. Худжанд: Меъроҷ, 2016. 396 с.

Literatura

1. Antonyuk L.L., Poruchnik A.M., Savchuk V.S. Innovacii: teoriya, mexanizm razrabotki i komercializacii. K.: KNEU, 2003. 394 s.

2. *Minakov V.F., Minakova T.E., Barabanova M.I.* E'konomiko-matematicheskaya model' e'tapa kommercializacii zhiznennogo cikla innovacij // Nauchno-texnicheskie vedomosti SPbGPU. Seriya: «E'konomicheskie nauki». 2012. № 2.

3. *Chursin A.A., Okat'eva N.A.* Innovacii i investicii v deyatel'nost' organizacii: monografiya. M.: Mashinostroenie, 2010. 469 s.

4. *Shkvariya L.V., Rusakovich V.I., Raupov K.S.* Respublika Tadzhiqistan v usloviyax globalizacii: novy'e vozmozhnosti i vy'zovy': monografiya. Xudzhand: Me'roch, 2016. 396 s.

K.C. Raupov

Economic-Mathematical Model of Generalized Innovation Indicators

The article is devoted to the construction of a mathematical model that will assess the impact of innovation on improving the efficiency and competitiveness of the organization using indicators of the technical level of production, product quality and labor efficiency.

Keywords: model; innovation; state; efficiency; innovative development.