

**Н. П. КОХНО**

---

## **МОДЕЛЬ МЕХАНИЗАЦИИ (АВТОМАТИЗАЦИИ) ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА**

---

Предложена дифференциальная запись снижения расходов живого труда за счет увеличения прошлого труда; приведено решение уравнения. Даны рекомендации по использованию результатов работы в науке, образовании и в процессе профессиональной подготовки производственного персонала.

**Ключевые слова:** модель технологии производства; уровень технологии; производственная функция.

**УДК** 330:658.51

---

Для создания разнообразных, необходимых обществу благ используются соответствующие производственные процессы. Целью работы является разработка математического описания производственного процесса и обсуждение влияющих на его результ ativность факторов.

Производственный процесс включает созидающую составляющую — технологию производства и технологические затраты — трудозатраты. Математическое описание следует начинать с процедуры механизации (автоматизации) технологии производства, в ходе которой происходят изменения в сфере затрат, но качество технологии не изменяется. В связи с этим в ходе постановки задачи влияние технологии будет отражено постоянными параметрами, что упростит ее последующее решение.

Механизация (автоматизация) технологии производства является важнейшим направлением развития производства. Данное явление часто обозначают более широким понятием — научно-технический прогресс (НТП). Вместе с тем математическое описание закономерностей механизации (автоматизации) на теоретическом уровне, причем в первичных переменных, — сравнительно новая задача. Кроме того, ряд узловых проблем механизации (автоматизации) также требует уточнения.

Механизация (автоматизация) технологии производства продукции представляет собой процедуру замещения живого труда прошлым трудом [1]. Именно свойства технологии предопределяют саму возможность такой процедуры. Выяснив качественную сторону механизации (автоматизации), перейдем к разработке количественного соотношения между издержками живого и прошлого труда. Количественное сопоставление двух видов труда следует проводить только в одноименных единицах измерения, т. е. на уровне издержек труда. Натуральные единицы измерения труда не позволяют провести корректное количественное сравнение двух видов труда. Обсуждаемое соотношение должно отвечать следующим аксиомам-требованиям:

показывать функциональную (причем обратную) связь между издержками живого и прошлого труда;

показывать пропорциональное снижение издержек живого труда за счет роста прошлого труда (противоположное замещение — снижение издержек живого труда за счет роста прошлого труда недопустимо, поскольку оно противоречит назначению машин и автоматов);

---

*Николай Прокофьевич КОХНО (kt@bseu.by), кандидат технических наук, доцент кафедры физикохимии материалов и производственных технологий Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).*

показывать затухающий характер процедуры замещения (чем ниже достигнутое значение издержек живого труда, тем большие издержки прошлого труда необходимы для следующего шага замещения [2]).

Основная идея дифференциального выражения замещения содержится в работах К. Маркса. Ее необходимо только дополнить связью, указывающей на затухание, т. е. на снижение экономической эффективности механизации (автоматизации).

Обобщая изложенное выше, сформулируем закон механизации (автоматизации) технологических процессов.

Замена действий человека на действия машин и (или) автоматов приводит к увеличению издержек прошлого труда и за счет этого — к повышению производительности живого труда (снижению издержек живого труда). По мере такой замены каждое последующее повышение производительности живого труда требует все больших издержек труда прошлого.

Выразим закон в дифференциальном виде [1, 129]. При этом будут использоваться удельные (на единицу продукции) издержки труда

$$-dT_{jk} = Y \cdot dT_{\pi} \cdot T_{jk}^2, \quad (Y > 0), \quad (1)$$

где  $dT_{jk}$  — элементарное изменение удельных издержек живого труда, знак минус указывает на общее снижение издержек живого труда;  $Y$  — коэффициент пропорциональности;  $dT_{\pi}$  — элементарное приращение удельных издержек прошлого труда;  $T_{jk}$  — достигнутый уровень удельных издержек живого труда (в дальнейшем слово «удельные» для упрощения будет опускаться); 2 — показатель степени.

Сомножитель  $dT_{jk}^2$  показывает убывание элементарного уменьшения живого труда. Чем ниже значение достигнутого уровня издержек живого труда, тем меньше его элементарное уменьшение  $dT_{jk}$ .

Получим частное решение равенства (1) при следующих начальных условиях. Прежде всего, показатель степени равен 2 по причине одинаковой степени влияния издержек живого ( $T_{jk}$ ) и прошлого ( $T_{\pi}$ ) труда на результативность технологии производства [1].

Значение постоянной интегрирования получено из следующих соображений. При  $T_{\pi} = 0$  (отсутствие машин, механизмов) возможно производство продукции за счет труда живого, ручного труда. В этом случае исполнитель вооружен только инструментом, а иногда только своими руками, при практическом отсутствии прошлого труда.

После интегрирования [1, 130–134] получим окончательное частное решение зависимости (1)

$$T_{jk} = \frac{1}{Y \cdot T_{\pi}}. \quad (2)$$

Из формулы (2) хорошо видно, что снижение издержек живого труда можно обеспечить за счет двух факторов: путем наращивания издержек прошлого труда (рассматриваемый случай) и путем увеличения параметра  $Y$  (эволюционное и революционное развитие технологии [1]). Уровень технологии  $Y$  является показателем качества технологии и отражает ее влияние на снижение издержек живого труда. При увеличении  $Y$  снижение  $T_{jk}$  осуществляется без дополнительных издержек  $T_{\pi}$  за счет более эффективного использования прошлого труда имеющейся технологией производства.

С учетом того что уровень технологии рассчитывается как произведение производительностей прошлого и живого труда

$$Y = \frac{Q}{T_{\text{ж}}^{\text{o}}} \frac{Q}{T_{\text{п}}^{\text{o}}}, \quad (3)$$

обнаруживается прямое влияние технологии на результативность производства, где  $T_{\text{ж}}^{\text{o}}$ ,  $T_{\text{п}}^{\text{o}}$  — объемные, на весь выпуск  $Q$ , затраты живого и прошлого труда соответственно.

Значение параметра  $Y$ , присущее каждому технологическому процессу, объясняет его потенциальные возможности в повышении производительности труда и одновременно предполагает и очерчивает предел этих возможностей.

Практически аналогичная математическая модель, только в других переменных, получена в работе М. Д. Дворцина [3]. Однако формула (2), на наш взгляд, дает более глубокое понимание обсуждаемой проблемы, поскольку механизация (автоматизация) сводится именно к замещению живого труда прошлым [1].

Преобразуем соотношение (2) в следующую зависимость: результат в виде создаваемой продукции равен параметрам, влияющим на его формирование. Это позволит выявить и рассмотреть причины, предопределяющие тот или иной результат и далее — повысить эффективность производства путем управляемого влияния на факторы влияния:

$$Q = Y^{\frac{1}{2}} (T_{\text{ж}}^{\text{o}} T_{\text{п}}^{\text{o}})^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

Ранее в зависимости (2) использовались удельные, на единицу выпуска, затраты труда, которые рассчитывались делением объемных затрат на весь выпуск  $Q$  соответственно. Переход к объемным затратам труда обусловлен стремлением отображения некоторого реально имеющегося выпуска производственного процесса в явном виде.

Зависимость (4) показывает, что движущей силой процесса создания благ является труд (геометрически средние издержки труда). Степень использования труда задается технологией (показатель уровня технологии). Результативность производственного процесса равна: геометрически средние издержки труда, умноженные на геометрически среднюю производительность труда.

Даже здравый смысл явно указывает на верность заявленного суждения. Что же еще может влиять на результат как не движущая сила процесса, умноженная на степень ее использования или умноженная на коэффициент ее использования?! Подобным образом протекают все естественные процессы. Так, результативность тепловых, электрических, механических процессов равна соответствующим движущим силам, умноженным на соответствующие коэффициенты использования (коэффициенты проводимости).

Кроме того, убежденность в правильности зависимости (4) одновременно подтверждает справедливость исходных аксиом, запечатленных в дифференциальной записи (1), и проведенной процедуры интегрирования.

Далее продолжим сравнение полученной производственной функции с уже известными научными результатами. Рассмотрим связь между технологическими закономерностями производства и производственной функцией Кобба — Дугласа.

Отправной точкой неоклассической микроэкономической теории производства является идея о том, что технологически эффективная производственная деятельность предприятия, в ходе которой для выпуска, например, одного вида продукции затрачиваются два вида ресурсов (факторов производства), может быть описана с помощью производственной функции [4]:

$$Q = F(X_1, X_2), \quad (5)$$

где  $Q$  — выпуск;  $X_1$  и  $X_2$  — первый и второй виды ресурсов соответственно.

Для количественного описания производственной функции (5) предложен ряд формальных математических зависимостей, которые подтверждаются производственной практикой.

Производственная функция сформулирована на эмпирическом уровне. Она получена исходя из того, что мы лишь знаем об очевидной зависимости выпуска от затрат ресурсов, однако нам не известно влияние других (кроме ресурсов), не столь очевидных факторов на результативность производственной деятельности. О наличии указанных факторов свидетельствует присутствие коэффициента пропорциональности и показателей степени в записи производственной функции, например, такой широко распространенной, как функция Кобба – Дугласа. Функция Кобба – Дугласа является «чемпионом» среди других видов производственных функций [4]

$$Q = a \cdot K^\alpha \cdot L^\beta, \quad (6)$$

где  $a$  – коэффициент пропорциональности;  $\alpha$  и  $\beta$  – показатели степени,  $0 < \alpha < 1$ ,  $0 < \beta < 1$ ,  $\alpha + \beta = 1$ ;  $K$  – постоянный капитал;  $L$  – переменный капитал.

Экономист Дуглас в сотрудничестве с математиком Коббом получили связь между показателями степени  $\alpha + \beta = 1$  путем обсчета данных реальной производственной деятельности, т. е. эмпирическим путем. Ясно, что при этом теоретический смысл этих показателей степени и коэффициента пропорциональности  $\alpha$  не мог быть раскрыт.

Природа производственной деятельности с помощью производственной функции вскрывается неполно. Производственная функция фиксирует лишь производственные факторы, на что уже указывалось, но не позволяет проникнуть вглубь существа производственной деятельности. Отмеченное усугубляется тем, что высокоэффективная производственная деятельность не ограничивается решением проблемы удачного распределения общих затрат между постоянным и переменным капиталом, хотя и это важно. Высокоразвитая экономика предполагает постоянное снижение затрат капитала. Из зависимости (6) следует, что при этом условии ( $a$ ,  $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные) выпуск будет снижаться. Но в высокоразвитых производствах выпуск должен не только не уменьшаться, а увеличиваться при снижении затрат на производство. Данный факт может быть объяснен только более значительным ростом значения коэффициента пропорциональности  $a$  по сравнению со снижением затрат.

Проведем сравнение формальных записей (6) и (4) с учетом того, что понятия «постоянный капитал» и «издержки прошлого труда», «переменный капитал» и «издержки живого труда» практически равнозначны. Хорошо прослеживается одинаковое структурное построение правой части выражений. Коэффициенту пропорциональности  $a$  соответствует параметр  $Y^{\frac{1}{2}}$ , параметру  $K^\alpha$  из зависимости (6) – параметр  $T_n^{\frac{\alpha}{2}}$  из зависимости (4), а параметру

$L^\beta$  – параметр  $T_k^{\frac{\beta}{2}}$ . Сумма показателей степени параметров  $T_k^{\frac{\beta}{2}}(L)$  и  $T_n^{\frac{\alpha}{2}}(K)$  равна единице. Следовательно, запись выражения (4) соответствует записи производственной функции Кобба – Дугласа (6). При этом более глубоко вскрывается смысл производственной функции и фиксируются конкретные значения коэффициента пропорциональности  $a$  показателей степени  $\alpha$  и  $\beta$ . Так как выражение (3) получено формальным теоретическим путем, можно и нужно сделать вывод о практической строгом соответствии предложенных зависимостей из теории технологического развития производственной функции Кобба – Дугласа, т. е. теоретические выкладки подтверждаются результатами производственной практики, что крайне важно. Это свидетельствует не только о теоретическом смысле, но и об эмпирическом практическом значении

теории технологического развития. Смысл показателей правой части выражения (4) обсуждался выше.

Предложенные теоретические выкладки вскрывают технологическую сущность производства, которая должна быть дополнена специфическими особенностями производства конкретного вида продукции. Отмеченная конкретика отражена в работе [5].

Таким образом, теоретически выведенная математическая модель механизации (автоматизации) технологии производства позволила получить важный расширенный результат. Сформулированная модель включает количественный показатель качества технологии — уровень технологии. Именно технология предопределяет эффективность использования труда в производственном процессе.

Результаты работы развивают теоретические основы технологии производства продукции, рекомендуются к использованию в процессе профессиональной подготовки и переподготовки производственного персонала, в том числе персонала экономического профиля.

### Литература

1. Кохно, Н. П. Общая экономическая теория технологического развития производства : моногр. / Н. П. Кохно. — Минск : БГЭУ, 2003. — 248 с.
2. Kohno, N. P. Obschaya ekonomiceskaya teoriya tehnologicheskogo razvitiya proizvodstva [The general economic theory of technological development of production] : monogr. / N. P. Kohno. — Minsk : BGÉU, 2003. — 248 p.
3. Кохно, Н. П. Механизация и автоматизация технологии производства продукции // Менеджмент и маркетинг: опыт и проблемы : сб. науч. тр. / Н. П. Кохно, И. П. Ковган, Л. М. Судиловска ; под общ. ред. И. Л. Акулича. — Минск : А. Н. Вараксин, 2016. — С. 210–214.
4. Kohno, N. P. Mehanizatsiya i avtomatizatsiya tehnologii proizvodstva produktsii // Menedzhment i marketing: opyut i problemyi [Mechanization and automation of production technology / Management and marketing: experience and problems] : sb. nauch. tr. / N. P. Kohno, I. P. Kovgan, L. M. Sudilovska ; pod obsch. red. I. L. Akulicha. — Minsk : A. N. Varaksin, 2016. — P. 210–214.
5. Дворцин, М. Д. Технодинамика: Основы теории формирования и развития технологических систем / М. Д. Дворцин, В. Н. Юсим. — М. : Дикси, 1993. — 320 с.
6. Dvortsin, M. D. Tehnodynamiika: Osnovy teorii formirovaniya i razvitiya tehnologicheskikh sistem [Tehnodynamics: Bases of the theory of formation and development of technological systems] / M. D. Dvortsin, V. N. Yusim. — M. : Diksi, 1993. — 320 p.
7. Математическая экономика на персональном компьютере : пер. с англ. / под ред. М. Кубонива. — М : Финансы и статистика, 1991. — 304 с.
8. Matematicheskaya ekonomika na personalnom kompyutere [Mathematical Economics on a Personal Computer] : per. s angl. / pod red. M. Kuboniva. — M : Finansyi i statistika, 1991. — 304 p.
9. Михаловский, И. С. Наноэмulsionii на основе глицеридов мононенасыщенных жирных кислот для дисперсных функциональных материалов / И. С. Михаловский, Г. Б. Мельникова, Е. Н. Волнянко // Полимерные материалы и технологии. — 2017. — Т. 3, № 4. — С. 75–79.
10. Mihalovskiy, I. S. Nanoemulsii na osnove glitseridov mononenasyischennyih zhirnyih kislot dlya dispersnyih funktsionalnyih materialov [Nanoemulsions based on monounsaturated fatty acids glycerides for dispersed functional materials] / I. S. Mihalovskiy, G. B. Melnikova, E. N. Volnyanko // Polimernye materialy i tehnologii. — 2017. — Т. 3, N 4. — P. 75–79.

---

**MIKALAI KOKHNA**

---

**MODEL OF PRODUCTION TECHNOLOGY  
MECHANIZATION (AUTOMATION)**

---

**Author affiliation.** Mikalai KOKHNA (kt@bseu.by), Belarusian State Economic University (Minsk, Belarus).

**Abstract.** A differential record is suggested for reducing the costs of living labor by increasing the costs of past labor. The solution to the equation is provided. Recommendations are given on the use of the findings in scholarly research, education and professional training of production personnel.

**Keywords:** production technology model; technology level; production function.

**UDC** 330:658.51

---

*Статья поступила  
в редакцию 05.04. 2018 г.*

## **И. В. ДЕНИСЕЙКО**

### **РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ТОРГОВЫХ МАРОК НА ОСНОВЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ**

---

В статье исследуются вопросы построения рейтингов для различных торговых марок детского питания, а также проводится анализ зависимости предпочтений потребителей от доходов.

**Ключевые слова:** рейтинговая оценка; торговые марки детского питания; коэффициент ранговой корреляции.

**УДК** 339.133:663/664-053.2(476)

---

На белорусском рынке продуктов детского питания присутствует около 40 различных торговых марок, среди которых 10 белорусских брендов, столько же российских, остальные относятся к другим странам. Анализ объемов продаж продуктов детского питания показал, что ежегодно примерно 70 % составляют детские продукты отечественного производства, остальные 30 % относятся к импорту.

Для определения перспектив импортозамещения различных торговых марок детского питания белорусскими производителями необходимо установить их рейтинг. В предлагаемой автором работе отправным пунктом проведения рейтинговой оценки служит выявление потребительских предпочтений. С этой целью исследование проводилось посредством анкетного опроса через Интернет, социальные сети. Ссылка на анкету, составленную с помощью ин-

---

*Ирина Валерьевна ДЕНИСЕЙКО (Igupna-x@yandex.ru), ассистент кафедры математических методов в экономике Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).*