

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИННОВАЦИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ*

© 2013 О.Е. Германова, Д.Э. Полтавский**

Ключевые слова: инновации; предельная производительность труда, капитала, инноваций; предельная норма замещения капитала инновациями, труда инновациями; параметры и тип технического прогресса; экономический рост.

Коды классификатора IEL: O31 - Innovation and Invention: Processes and Incentives; O32 - Management of Technological Innovation and R&D; O41 - One, Two, and Multisector Growth Models.

Выделяется общее и особенное в технологических инновациях и техническом прогрессе. Для промышленности России периода 2000-2009 гг. обоснована производственная функция, в которой технологические инновации рассматриваются как фактор производства наряду с трудом и капиталом. Измерена динамика параметров инноваций и технического прогресса: эффективность, капиталоемкость и инновационность технологии; средняя и предельная производительность труда, капитала, инноваций; предельная норма замещения труда капиталом, капитала инновациями, труда инновациями, и на их основе сделан вывод о типе технического прогресса и о влиянии используемых факторов производства на экономический рост.

В текущем столетии в научных исследованиях возрастающее внимание уделяется процессам формирования инновационного сектора, становления инновационного типа экономики, направлениям инновационного развития. Исходной категорией становятся инновации, имеющие неоднородную структуру, в которой выделяются новейшие технологии или совокупность технологий - составляющих научно-технического прогресса. Новые технологии появляются после достижения предельной величины количественно измеримого значимого параметра традиционно используемых технологий. Для их внедрения создается принципиально новая техника, способная обеспечить применение информационных, нанотехнологий, других новейших технологий и реализацию их свойств, что обуславливает смену технологического уклада производства.

Экономическое содержание инноваций определяется экономистами в узком и широком смысле слова: Й Шумпетером как "количественные изменения продукта с учетом изменений во всей совокупности действующих на него факторов"¹; Д. Месси, П. Квинтасом и Д. Уилдом как новый продукт, процесс или

систему, а также исследование, проектирование, разработку и организацию производства нового продукта, процесса или системы²; Б. Санто как создание лучших по своим свойствам изделий, технологий³; П. Завлиным и А. Васильевым как новый продукт или услуга, способ их производства, новшество в организационной, финансовой, научно-исследовательской и других сферах, любое усовершенствование, обеспечивающее экономию затрат или создающее условия для такой экономии⁴; и др. По мнению Б. Санто, инновация охватывает весь спектр видов деятельности - от исследований и разработок до маркетинга. Таким образом, существует множество трактовок содержания категории инновации.

Однако в исследовании реальных инновационных процессов используется определение инноваций, содержащееся в принятых документах "Руководство Фраскати" и "Руководство Осло"⁵, а также в "Концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998-2000 годы" и в Федеральном законе "О науке и государственной научно-технической политике"⁶, в которых выделяется содержательное ядро категории. Под

* Статья подготовлена в рамках Гранта Южного федерального университета "Периферийные регионы с многоукладной экономикой в сетях глобализации в условиях асимметричных практик регулирования: стратегии и риски модернизации".

** Германова Ольга Егоровна, доктор экономических наук, профессор Южного федерального университета, г. Ростов. E-mail: germanova@mail.ru; Полтавский Дмитрий Эдуардович, кандидат экономических наук, Федеральное казначейство по Ростовской области. E-mail: dimaksay@yandex.ru.

инновациями понимают конечный результат, получивший воплощение в виде нового либо усовершенствованного продукта или услуги (продуктовые инновации); нового либо усовершенствованного процесса или способа производства (передачи) услуг; новых методов ведения бизнеса, внедренных на рынке; реализации новых или значительно улучшенных маркетинговых методов, используемых в практической деятельности.

Новый или усовершенствованный продукт или услуга являются конечным результатом деятельности предприятия, представляют продуктовые инновации. Предполагаемая область использования продуктовых инноваций, их функциональные характеристики, свойства, применяемые в их производстве конструктивные материалы и компоненты существенно отличаются от соответствующих параметров ранее выпускавшейся продукции и затрачиваемых ресурсов.

Новый или усовершенствованный способ производства продукта или услуги характеризует содержание процесса производства, изменившееся при применении новых технологий, является категорией процесса производства и относится к технологическим инновациям. Затраты на новейшие технологии достигают 95% всех затрат на инновации. Новые методы ведения бизнеса представляют собой организационные инновации, новые технологии менеджмента. Новые, а также улучшенные маркетинговые методы представляют маркетинговые инновации, новые технологии маркетинга.

Названные типы инноваций выделяются российской статистикой⁷. Так как инновации имеют неоднородную структуру и включают по меньшей мере четыре компонента, то их исследование ведется по соответствующим четырем направлениям.

Качественные особенности каждой структурной составляющей инноваций определяют специфические методы их измерения и определения влияния на показатели деятельности предприятий и на макроэкономические показатели. Очевидно, объем новой или усовершенствованной продукции в силу ее разнородности измеряется в денежном выражении и является показателем конечного продукта. Особый интерес представляет ее доля и динамика в конечном продукте предприятия, на макроуровне - доля и динамика в ва-

ловом внутреннем продукте. В производственных функциях объем такой продукции найдет отражение в конечном продукте в реальном выражении, исчисленном в неизменных ценах.

Технологические инновации, применяемые в процессе производства, измеряются прежде всего величиной затрат, необходимой для их создания и внедрения. Экономическую эффективность инноваций, как и инвестиций, можно измерить всеми известными в финансовом менеджменте способами: периодом окупаемости, внутренней нормой доходности на вложения в технологические инновации, чистой приведенной стоимостью доходов и расходов на технологические инновации, индексом рентабельности. В производственных функциях затраты на технологические инновации могут быть учтены подобно затратам предприятий на другие факторы производства (труд, капитал). В данном случае речь идет о прямых показателях технологических инноваций, экономическое содержание которых отражается системой показателей, включающей не только прямые(ой), но и косвенные показатели, такие как объем внутренних затрат предприятий на исследования и разработки, доля инновационно-активных предприятий в экономике и т.п.

Инновациям как экономической категории присущи следующие свойства: научно-техническая новизна, измеряемая в экономических координатах, что позволяет определить их влияние на показатели текущей деятельности предприятий и на экономический рост; практическое применение, включая коммерческую компоненту, которая выражается в способности инноваций быть реализованными на рынке, удовлетворять какие-либо потребности потребителей.

Однако при выделении технологических инноваций возникает вопрос о их взаимосвязи с техническим прогрессом, о выявлении их соотношения и раграничении, поскольку новейшие технологии являются составляющей технического прогресса. Технический прогресс даже в самом узком его определении имеет более широкое содержание (и в техническом, и в экономическом смысле), чем технологический компонент инноваций, и измеряется параметрами: эффективностью и капиталоемкостью технологии, эластичностью

замещения факторов производства, технологической отдачей от масштаба производства. Кроме того, технический прогресс изменяет характеристики факторов производства - труда, капитала и др. Так, в исходной модели экономического роста Р. Солоу технологические изменения учитываются в производственной функции $Q = Af(L, K)$ с помощью параметра A , отражающего уровень развития технологии, или в производственной функции $Q = f(EL, K)$, в которой затраты и эффективность труда рассматриваются одновременно: можно представить как затраты труда с возросшей эффективностью или как LE , где затраты труда L представлены с постоянной исходной эффективностью. Можно использовать функцию $Q = f(EL, TK)$, где первоначальные затраты капитала изменяются под влиянием технического прогресса пропорционально его эффективности T , а первоначальные затраты труда - пропорционально его эффективности E .

Инновации как составляющая технического прогресса также воздействуют на качественные и количественные признаки труда, капитала, на характеристики других факторов производства, изменяя их.

Приведенные варианты аналитического учета технических изменений в затратах факторов производства используются в решении конкретных задач и выявлении названных зависимостей при прочих равных условиях. Но при глубоком исследовании теории инноваций, технического прогресса недостаточно одной трактовки любой категории, одного способа измерения и не отдается предпочтение какой-либо их них. Следует заметить, что экономисты сравнительно недавно выделили инновации в качестве самостоятельного предмета исследования. Поэтому в моделях экономического роста классиков экономической теории находим, что одним из источников роста является технический прогресс, технологические изменения, технологический прогресс, которые используются как синонимы.

Существует множество трактовок научно-технического прогресса в узком и широком смысле слова. Наиболее распространенными являются определения научно-технического прогресса:

♦ как взаимосвязанного развития науки и техники, проявляющегося в постоянном воздействии научных открытий и изобретений на уровень техники и технологии производства;

♦ как исторически обусловленного процесса совершенствования средств и предметов труда, технологических методов и форм организации труда и производства на основе широкого использования достижений науки;

♦ как процесса накопления знаний, развития производительных сил, характеризуемого комплексным охватом всех звеньев производства и активной ролью науки;

♦ как результата обновления производства - продукции, производственных фондов, технологических процессов, предметов труда, форм его организации, выражающегося в росте производительности труда, повышении технико-экономического уровня производства, качества продукции, экономии сырья и материалов и т.п.;

♦ как комплекса мероприятий по созданию, внедрению и распространению новшеств, рассматриваемого с точки зрения ресурсов, которые выделяются для его реализации. При этом темпы технического прогресса определяются соотношением показателей, характеризующих использование ресурсов в производстве на основе технического прогресса и производстве на неизменной технологической базе.

Экономисты подчеркивают значимость в настоящее время информационного аспекта производства - обработки, передачи и использования информации как основы технического прогресса, а информатизацию и роботизацию производства, внедрение в производство энергосберегающих, безотходных, гибких технологий рассматривают в качестве основных его направлений. Другие направления технического прогресса здесь не называются.

Исследование соотношения инноваций и технического прогресса можно продолжить. Однако из сказанного следует, что инновации и технический прогресс тесно взаимосвязаны. Инновации осуществляются в форме создания и использования в производственном процессе новых технологий, являясь составляющей технического прогресса,

включающего помимо “технологической части” нововведения, не связанные с производственными технологиями, например, создание и внедрение новых методов ведения бизнеса, маркетинга.

Затраты на технологические инновации в российской промышленности за период 2000-2009 гг. составили 97,4% всех финансовых вложений предприятий добывающих, обрабатывающих производств, предприятий по производству и распределению электроэнергии, газа и воды; и 92,6% - финансовых вложений организаций связи, осуществляющих деятельность с использованием вычислительной техники и информационных технологий. Они оказали влияние на динамику валового продукта промышленности подобно затратам на другие факторы производства.

Если инновации представлены в производственной функции в качестве фактора производства, то появляется возможность измерить и оценить многообразные связи и зависимости величины их затрат с объемом конечного продукта и, следовательно:

- ♦ определить предельный продукт инноваций и его динамику;

- ♦ измерить предельную норму замещения капитала инновациями, труда инновациями, предельную норму замещения любого фактора производства инновациями, т.е. пропорцию, в которой инновации замещают используемый капитал, труд и другие факторы производства;

- ♦ определить частную эластичность выпуска по инновациям;

- ♦ измерить эластичность замещения капитала, труда инновациями и выявить степень однородности, например, капитала и инноваций, труда и инноваций; а также измерить влияние названных параметров на динамику конечного продукта и экономического роста. Если перечисленные характеристики присущи технологическим инновациям, то это служит доказательством обоснованности их выделения в качестве фактора производства.

Оценим влияние затрат капитала, труда и затрат на осуществление технологических инноваций на валовой внутренний продукт, созданный в промышленности России. Затраты земли как фактора производства отнесены к прочим равным условиям производства. С целью устранения ограничений, на-

лагаемых производственной функцией Кобба - Дугласа

на сумму частных эластичностей факторов производства $\alpha + \beta = 1$, для целей настоящего исследования используем модификацию функции Кобба - Дугласа с суммой эластичностей, отличной от единицы, что даст возможность оценить уровень отдачи на единицу масштаба производства. В производственную функцию включаем фактор затрат на технологические инновации, являющиеся основным типом инноваций, реализуемым как российскими, так и зарубежными организациями. Таким образом, в общем виде функцию можно представить как: $Q = f(L; K; I)$, где I - затраты на технологические инновации промышленных предприятий.

Для оценки степени влияния инноваций на рост промышленного производства используем функцию Кобба - Дугласа следующего вида:

$$(\alpha + \beta + \gamma \neq 1),$$

где Q - объем реального ВВП в промышленности; A - эффективность технологии; L и K - затраты соответственно труда и основного капитала; α, β, γ - частная эластичность выпуска соответственно по труду, капиталу и инновациям.

Параметры A, α, β, γ определяем с помощью линейного регрессионного анализа методом наименьших квадратов. Для оценки достоверности регрессивной модели фактическому объему выпуска рассчитывается коэффициент множественной детерминации и квадрат регрессионных остатков. Приведем производственную функцию к линейному виду путем логарифмирования:

$\ln Q = \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln I - \ln Q$. Сумма квадратичных отклонений имеет вид:

$$= \sum (\ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln I - \ln Q)^2 \rightarrow \min.$$

Необходимым условием минимизации S является равенство нулю первых частных производных:

$$\frac{\partial S}{\partial \ln A} = 2 \sum (\ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln I - \ln Q) = 0;$$

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = 2 \sum (\ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln I - \ln Q) \cdot \ln L = 0;$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta} = 2 \sum (\ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln I - \ln Q) \cdot \ln K = 0;$$

$$\frac{\partial S}{\partial \gamma} = 2 \sum (\ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \gamma \ln I - \ln Q) \cdot \ln I = 0.$$

Для определения параметров производственной функции решаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} n \ln A + \alpha \sum \ln L + \beta \sum \ln K + \gamma \sum \ln I = \sum \ln Q; \\ \ln A \sum \ln L + \alpha \sum \ln^2 L + \beta \sum \ln L \ln K + \\ + \gamma \sum \ln L \ln I = \sum \ln L \ln Q; \\ \ln A \sum \ln K + \alpha \sum \ln L \ln K + \beta \sum \ln^2 K + \\ + \gamma \sum \ln K \ln I = \sum \ln K \ln Q; \\ \ln A \sum \ln I + \alpha \sum \ln L \ln I + \beta \sum \ln K \ln I + \\ + \gamma \sum \ln^2 I = \sum \ln I \ln Q. \end{cases}$$

В качестве эмпирического материала используем данные статистических сборников "Промышленность России" за 2002, 2005, 2010 гг. по объему промышленной продукции, основному капиталу, численности занятых в промышленности, затратам на технологические инновации организаций промыш-

ленности, приведенные в постоянных ценах 2000 г., включая следующие отрасли экономики: добыча полезных ископаемых; обрабатывающие производства; производство и распределение электроэнергии, газа и воды. В табл. 1 приведены исходные данные, необходимые для определения A , α , β , γ .

Используя данные таблицы, рассчитаем величины A , α , β , γ по годам и т.д. Система уравнений принимает следующий вид:

$$10 \ln A + 26,5853 \alpha + 84,3170 \beta + 42,8834 \gamma =$$

Решая систему уравнений⁹, получаем:

Производственная функция принимает вид

$$Q = 1,9046 \cdot L^{4,017} \cdot K^{-0,9446} \cdot I^{1,2607}. \quad (1)$$

Достоверность полученной модели подтверждается значением множественного коэффициента детерминации ($R^2 = 0,87$), который позволяет оценить, насколько полу-

Таблица 1

Объем конечного продукта и затрат в организациях промышленного сектора России в 2000-2009 гг.*

Год	Показатели				
	Индексы цен производителей промышленных товаров, декабрь, % к декабрю предыдущего года	Объем промышленной продукции, млрд руб., Q	Затраты основного капитала, млрд руб., K	Затраты труда, измеренные численностью занятых в промышленности, млн чел., L	Затраты на технологические инновации, млрд руб., I
2000	1,00	4763,00	4101,30	14,5	49,95
2001	1,083	5048,07	4048,62	14,7	53,3
2002	1,177	5104,14	5018,70	14,5	65,36
2003	1,125	5549,66	4702,02	14,3	69,77
2004	1,288	6084,87	4242,47	14,3	67,95
2005	1,134	6199,83	4045,03	14,5	57,19
2006	1,104	6741,77	3908,27	14,3	74,45
2007	1,251	7154,69	4072,83	14,3	72,02
2008	0,93	7243,57	4044,10	14,1	80,99
2009	1,139	6461,71	4793,63	13,3	102,64

* Составлено по: Промышленность России, 2002 : стат. сб. / Росстат. М., 2002; Промышленность России, 2005 : стат. сб. / Росстат. М., 2006; Промышленность России, 2010 : стат. сб. / Росстат. М., 2010.

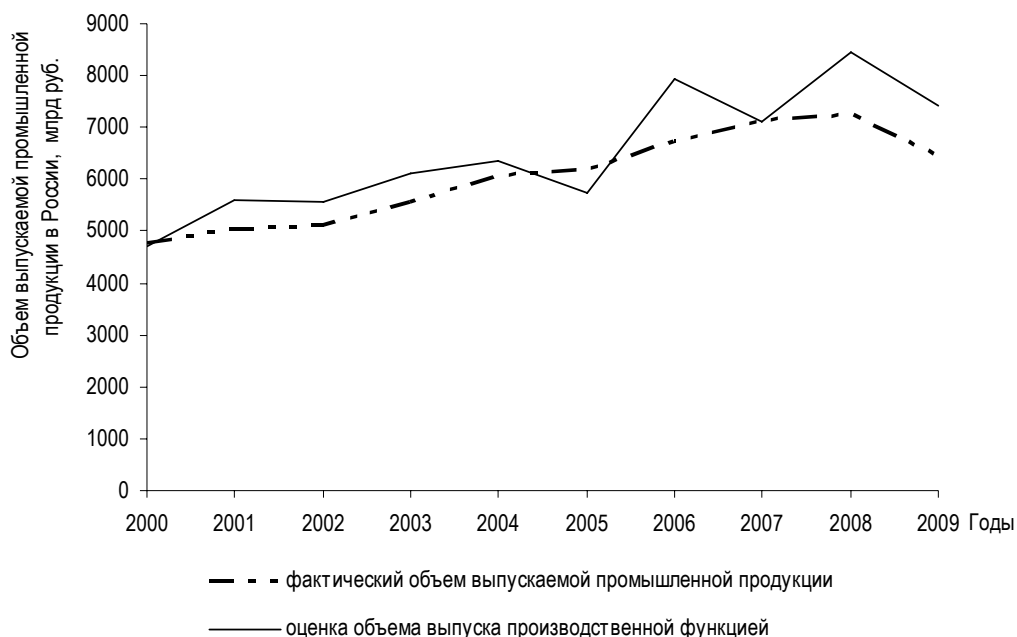


Рис. Фактический выпуск промышленной продукции и его значения, измеренные с помощью производственной функции

ченные значения α , β , γ адекватно отражают зависимости, существующие в производстве. Коэффициент изменяется в пределах от 0 до 1 (чем меньше показатель отличается от единицы, тем ближе модель к эмпирическим наблюдениям). Полученное высокое значение коэффициента детерминации позволяет сделать вывод о том, что 87% всех вариаций объема выпускаемой промышленной продукции обусловлено изменениями рассматриваемых факторов.

Используя производственную функцию для расчета потенциального объема выпуска промышленной продукции и сравнив его с фактическим выпуском, оценим эффективность использования обозначенных в модели факторов (см. рисунок). Представленные кривые выпуска позволяют сделать вывод о том, что имеющийся потенциал труда, капитала, а также затрат на осуществление технологических инноваций полностью не используется. Однако при оценке эффективности следует учитывать влияние внешних факторов, определивших снижение конечного выпуска в 2009 г., а также некоторый временной лаг между затратами на технологические инновации и эффектом от их применения.

Обоснованная производственная функция иллюстрирует возрастающую отдачу от масштаба производства, так как сумма частных

эластичностей выпуска по переменным факторам больше единицы. Отдача от масштаба производства¹⁰ за указанный период определялась разнонаправленным изменением объемов используемого труда, капитала и инноваций. Так, затраты труда изменились в \dots раза, затраты капитала - в \dots , затраты на технологические инновации - в \dots раза. Тогда коэффициент \dots составил 1,595, что по влиянию совокупности факторов производства характеризует возрастающую отдачу от масштаба.

При увеличении масштабов производства средняя производительность труда Q/L неуклонно повышалась; средняя производительность капитала Q/K изменялась неравномерно с тенденцией к повышению; средняя производительность инноваций Q/I имела тенденцию к снижению при более низких темпах роста выпуска по сравнению с ростом затрат на инновации и наличии временного лага в получении отдачи от вложений в инновации. Данный вывод не подвергается сомнению, хотя широко применяемые на практике показатели средней производительности в действительности ее не измеряют: в показателях весь объем конечного продукта

$\alpha = 0,87, > 1$

вменяется каждому фактору. На это обстоятельство указывали еще классики теории производительности¹¹. Если каждый фактор производства вносит вклад в создание конечного продукта, то именно вклад, а не весь продукт, является результатом его функционирования и в показателе средней производительности должен соотноситься с затратами соответствующего фактора. В настоящее время доля каждого фактора в конечном продукте в фазе непосредственного процесса производства не выделяется.

Положительное значение частной эластичности выпуска по труду $\alpha = \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{L}{Q}$ отражает более быстрый рост выпуска по сравнению с ростом затрат труда. Отрицательная величина частной эластичности выпуска по капиталу $\beta = \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{K}{Q}$ свидетельствует о более медленном росте выпуска по сравнению с ростом затрат капитала. Частная эластичность выпуска по инновациям $\gamma = \frac{\partial Q}{\partial I} \frac{I}{Q}$ характеризует более высокие темпы роста выпуска по сравнению с ростом затрат на технологические инновации. Значение коэффициента эффективности применяемых технологий A характеризует масштаб преобразования затрат в выпуск, свидетельствует об интенсивном характере роста промышленного производства.

На основе построенной производственной функции определим предельный продукт труда f'_L , капитала f'_K , инноваций f'_I , которые равны:

$$f'_L = 1,9046 \cdot (-0,9446) \cdot L^{4,017} \cdot K^{-1,9446} \cdot I^{1,2607};$$

$$f'_K = 1,9046 \cdot 1,2607 \cdot L^{4,017} \cdot K^{-0,9446} \cdot I^{0,2607}.$$

Предельная норма замещения труда капиталом, труда инновациями, капитала инновациями определена по формулам:

$$MRTS_{LK} = f'_L / f'_K,$$

. Названные показатели с точностью до второго знака после запятой представлены в табл. 2.

Предельный продукт труда хотя и неравномерно, но повышался, что отражает высвобождение рабочей силы в рассматриваемый период с 14,5 до 13,3 млн человек и подтверждает действие закона убывающей отдачи. Предельный продукт снижается при вовлечении в процесс производства дополнительной рабочей силы. Отрицательное значение предельного продукта капитала, к тому же при его снижении, свидетельствует о наличии на промышленных предприятиях избыточного, морально и физически устаревшего капитала, часть которого хотя и отражается на балансе предприятий, но не используется, находится в ремонте и т.д. Положительная величина предельного продукта

Таблица 2

Показатели технологических инноваций в промышленности России

инноваций характеризует ситуацию, в которой инновации не получили широкого применения в производстве. Максимальный объем конечного продукта от использования инноваций получают при значении предельного продукта инноваций, близкого к нулю. Снижение предельного продукта инноваций подтверждает действие закона убывающей отдачи, присущее любому фактору производства. Это важная характеристика, подтверждающая правомерность выделения инноваций в производственных функциях в качестве фактора производства.

Неравномерность изменения предельной производительности инноваций предопределена колебаниями в широком диапазоне объемов затрат (при росте от 49,95 млрд руб. в 2000 г. до 117,11 млрд руб. в 2009 г.) на их внедрение и использование, не обеспечивших на стадии освоения сопоставимый рост объема производства предприятиями промышленности. Данная положительная тенденция отражает тот факт, что использование инноваций в промышленности начинает влиять на увеличение объема производства и экономического роста.

Динамика предельной нормы замещения труда капиталом, труда инновациями и капитала инновациями позволяет сделать следующие выводы.

В развивающейся экономике предельная норма технологического замещения труда капиталом $MRTS_{LK}$ уменьшается по абсолютной величине, при прочих равных условиях, по мере движения вниз по изокванте. Все меньшей становится величина затрат капитала, замещающая одну и ту же величину затрат труда для неизменного объема выпуска. Это означает, что изокванта выпукла относительно начала координат, действует закон убывающей предельной нормы замещения: при неизменном выпуске труд становится менее производительным относительно производительности капитала, а использование капитала все более эффективным. По определению, в экономической теории предельная норма замещения труда капиталом измеряет наклон изокванты и в случае ее выпуклости относительно начала координат отрицательна.

Данные табл. 2 отражают следующие зависимости. В российской промышленнос-

ти за рассматриваемый период наблюдалась тенденция снижения предельной нормы замещения труда капиталом $R_{LK} = f'_L / f'_K = (\alpha / \beta)(K / L)$, нарушавшаяся в меньшей степени в 2003-2004 гг. и в большей степени в период финансового кризиса 2008-2009 гг. Снижение было обеспечено капиталоемкостью технологии (K / L) - возрастающей положительной величиной и отрицательным соотношением частных эластичностей выпуска по труду и капиталу

. Это означает, что для замены одной и той же величины затрат труда требовалась уменьшающаяся величина затрат капитала с присущими ему технико-экономическими характеристиками в рассматриваемом периоде. Поэтому замена труда капиталом с даже устаревающими технико-экономическими характеристиками повышает совокупную производительность факторов производства и его эффективность. В мировой практике повышение капиталоемкости всегда является трудосберегающим, такая же зависимость обнаруживается и в российской промышленности. Противоречивая динамика

испытывала на себе влияние вновь вводимых и используемых инноваций по следующей причине. Теоретически предельный продукт каждого фактора производства (например, труда) определяется при постоянной величине затрат других факторов (капитала и инвестиций). В действительности же изменялись затраты всех факторов производства, что оказывало влияние на их предельную производительность. Поэтому изменение R_{LK} рассматривается с учетом динамики (K / L) .

Предельная норма замещения труда инновациями - положительная и возрастающая функция при росте инновационности технологии и соотношении частных эластичностей в среднем за весь период наблюдений, равно

. В условиях такой динамики анализируемых параметров для замены одной и той же величины затрат труда требовалась, при прочих равных условиях, возрастающая величина затрат на инновации от 3,44 тыс. руб. в 2000 г. до 7,72 тыс. руб. в 2009 г. Динамика предельной нормы замещения тру-

да инновациями отражает противоречивые тенденции развития российской промышленности на начальном этапе становления ее инновационного типа, когда еще не сформировалась устойчивая тенденция снижения предельной производительности инноваций и соответственно предельной нормы замещения труда инновациями. При применении инноваций создавались производства не традиционной, а конкурентоспособной продукции высокого технологического уровня, поэтому инновации оказывали влияние только на сравнительно небольшую часть труда, используемого в промышленности, а не на всю массу труда.

Предельная норма замещения капитала инновациями $R_{KI} = f'_K / f'_I = (\beta / \gamma)(I / K)$ - отрицательная величина (что соответствует общемировой практике) при среднем соотношении частных эластичностей выпуска по капиталу и инновациям, равном β / γ , и возрастающей инновационности капитала I / K .

Последняя равномерно повышалась в период 2000-2006 гг. с 1,32 до 1,58 и резко выросла в 2007-2009 гг. с 1,8 до 2,12. В итоге норма замещения капитала инновациями оставалась в рассматриваемом периоде практически неизменной (см. табл. 2), и при таком ее значении в промышленности одна единица инноваций замещала десять единиц морально и физически устаревшего капитала. Повышающаяся инновационность капитала является началом формирования капиталосберегающих тенденций в развитии производства.

В рассматриваемый период эластичность замещения труда капиталом β не изменялась и была равна единице¹². Это означает, что соотношение изменявшихся относительно величины капиталоемкости применяемых технологий γ и относительного значения предельной нормы технологического замещения труда капиталом $\frac{d(f'_L / f'_K)}{f'_L / f'_K}$ ос-

таввалось постоянным и отражало постоянную (низкую) технологическую однородность применяемого в промышленности труда и капи-

тала. Изменение капиталоемкости на 1% вызывало изменение предельной нормы технологического замещения труда капиталом также на 1%. Динамика эластичности замещения труда капиталом в промышленности не оказывала влияние на выпуск. Эластичность замещения труда капиталом была характерна для обрабатывающей промышленности США в начале прошлого века (1899-1922 гг.). Для этого периода была обоснована производственная функция, известная как функция Кобба - Дугласа, с суммой частных эластичностей по труду и капиталу, равной единице: $\alpha + \beta = 1$.

Эластичность замещения капитала инновациями β (соотношение относительного изменения инновационности капитала I / K и относительного изменения предельной нормы замещения капитала инновациями $\frac{d(f'_K / f'_I)}{f'_K / f'_I}$) колебалась незначитель-

но и принимала значения от 0,6 до 1,64, что отражает, во-первых, процесс изменения технологического содержания инноваций в начальном периоде их внедрения, степень однородности инноваций и капитала и способность инноваций замещать капитал. Во-вторых, значение коэффициента эластичности, близкое к нулю, свидетельствует, что капитал, используемый для производства продукции с низкими техническими и потребительскими характеристиками - традиционной неконкурентоспособной продукции, вообще не заменялся инновациями для производства такой же продукции. Использовать дорогостоящие инновации в производстве традиционной продукции при относительно небольших объемах их затрат нецелесообразно. Замещение капитала инновациями имеет своим следствием производство продукции с новым качеством и высокой конкурентоспособностью. Поэтому не случайно инновации используются в организации производства продукции с улучшенными свойствами.

В-третьих, столь высокое значение эластичности замещения капитала инновациями в 10,34 в 2006 г. отражает, согласно теории, высокую степень однородности замененного

капитала и инноваций, ускоряющую выпуск. Изменение на 1% инновационности капитала вызывало изменение предельной нормы замещения капитала инновациями на 10,34%. Повышение эластичности замещения капитала инновациями является капиталосберегающим. Подобная ситуация наблюдается в производствах, где капитал с относительно высокими техническими характеристиками замещается технологическими инновациями, что имеет место в развитых экономиках. Что же касается российской промышленности, то величина эластичности замещения капитала инновациями в 10,34 в течение одного года не объясняется однородностью всего заменяемого капитала и замещающих его инноваций. Наибольшее влияние на динамику эластичности оказали не качественные характеристики капитала и инноваций, отражающие степень их однородности, а количественные параметры: в 2006 г. прирост инноваций составил 35,85% при увеличении объема используемого капитала на 0,82%.

Эластичность замещения труда инновациями изменялась в пределах от 0,005

до 0,58, что характеризует низкую технологическую однородность труда и инноваций, не оказывающую влияния на выпуск. Этот результат имеет место потому, что коэффициент эластичности рассчитывается применительно ко всей отрасли с большой массой применяемого труда и относительно малой величиной используемых инноваций. Эластичность замещения труда инновациями на предприятиях, использующем инновации в больших масштабах, и труд, соответствующий технологическому уровню инноваций, имеет более высокие значения.

Нейтральный технический прогресс выражается в изменениях эффективности технологии и уровня технологической отдачи от единицы масштаба производства. При этом остаются неизменными капиталоемкость технологии и предельная норма замещения труда капиталом. Прирост выпуска за счет технического прогресса в таком случае определяется параметром эффективности технологии A , который не совсем точно иногда называют темпом технического прогресса. Технологическая отдача, а точнее "технологический уровень отдачи на единицу масштаба производства представляет собой степень, в

какой пропорциональное изменение затрат порождает пропорциональное изменение выпуска, поскольку это определяется технологией, а не масштабом деятельности фирмы"¹³. Последняя в явном виде представлена в производственной функции постоянной эластичности замены. В обоснованной модификации функции Кобба - Дугласа технологическая отдача не выделяется в отдаче от изменения масштаба производства.

Нейтральный технический прогресс вызывается изменениями всех его параметров - эффективности и капиталоемкости технологии, эластичности замещения факторов производства и технологической отдачи на единицу масштаба, и различают два его типа - капиталоемкий и трудоинтенсивный. Основным признаком капиталоемкого технического прогресса является снижение предельной нормы технологического замещения труда капиталом, а признаком трудоинтенсивного технического прогресса - повышение предельной нормы технологического замещения труда капиталом при постоянной капиталоемкости технологии.

Используем данные табл. 2 и 3 для определения типа технического прогресса.

Таблица 3

Показатели капиталоемкости и инновационности в промышленности России

Год	K/L , тыс. руб./чел.	I/L , тыс. руб./чел.	Коэффициент
2000	282,85	0,012	3,44
2001	275,42	0,013	3,62
2002	360,11	0,013	4,5
2003	328,8	0,014	4,88
2004	296,87	0,016	4,76
2005	278,97	0,014	4,75
2006	273,37	0,019	3,94
2007	280,8	0,017	5,2
2008	266,8	0,021	5,74
2009	360,63	0,02	7,71

Приведенные данные позволяют сделать допущение, что капиталоемкость технологии оставалась практически неизменной (кроме 2001-2003 и 2009 гг.). В этот период предельная норма технологического замещения труда капиталом R_{LK} снижалась, что характерно для капиталоемкого технического прогресса. Кроме того, в отмеченные 3 года,

Таблица 4

Динамика параметров технического прогресса в промышленности России в 2000-2009 гг.

Эффективность технологии	Капиталоемкость и инновационность технологии	Отдача от масштаба	Частные эластичности выпуска	Предельные продукты факторов	Предельная норма технологического замещения	Эластичность замещения одного фактора производства другим
$A > 1$	$K/L \uparrow$, $I/K \uparrow$, $I/L \uparrow$	$\lambda^h > 1$, возрастающая	$\alpha = 4,017$, $\beta = -0,9446$, $\gamma = 1,2607$	$f'_L \uparrow$, $f'_K \downarrow$, $f'_I \downarrow$	$R_{LK} \downarrow$, $R_{KI} \downarrow$, $R_{LI} \uparrow$	$\sigma_{LK} = 1$, $1,64 > \sigma_{KI} > 0,6$, $0,58 > \sigma_{LI} > 0,005$

когда капиталоемкость технологии повышалась, предельная норма замещения труда капиталом также снижалась (табл. 2), что подтверждает вывод о капиталоемком техническом прогрессе. Инновационность технологии применяемого капитала I/K и труда I/L также оказывали влияние на тип технического прогресса, уточняя характеристику капиталоемкого технического прогресса.

Соотношение I/K повышалось непрерывно с 0,009 до 0,02, оставаясь столь малой величиной, что названное соотношение можно рассматривать как постоянную величину. Значение I/K в российской промышленности мало при скромных объемах технологических инноваций и относительно больших объемах используемого капитала. Предельная норма замещения капитала инновациями R_{KI} была отрицательной и снижалась с 0,009 до 0,015, что подтверждает наличие капиталоемкого технического прогресса еще в одной плоскости использования ресурсов - координат инновации - капитал. На сформировавшийся тип технического прогресса в промышленности России предельная норма замещения капитала инновациями оказывала слабое влияние.

Инновационность труда I/L повышалась при сокращавшейся численности занятых в промышленности и растущих объемах затрат на технологические инновации. Предельная норма замещения труда инновациями R_{LI} выросла с 10,98 до 23,22 тыс. руб. на одного работника, что является признаком инновационно-интенсивного технического про-

гресса, прокладывающего себе путь через качественные и количественные изменения в труде, вызываемом инновациями. Это означает, что в плоскости координат инвестиции - труд формировались изменения, ускорявшие динамику процессов, наблюдаемых в капиталоемком техническом прогрессе.

Система параметров, определяющих тип технического прогресса в промышленности России, и их динамика представлены в табл. 4.

Таким образом, капиталоемкий тип технического прогресса определяют противоречивые изменения в системе затрат труда, капитала, технологических инноваций и параметров технического прогресса. Снижение R_{LK} , R_{KI} в двух плоскостях при их отрицательном значении и сумма этих векторов определяют капиталоемкий технический прогресс. Утверждению этого типа прогресса в промышленности противодействует рост R_{LI} при положительном ее значении. Увеличение объема конечного выпуска вызвано эффективностью, капиталоемкостью и инновационностью технологии, а также инновационностью, вызывающей изменения в труде и капитале; возрастающей отдачей от масштаба производства; снижающимся предельным продуктом капитала и инноваций; частной эластичностью выпуска по труду и инновациям. Эластичность замещения факторов производства практически не оказывала влияние на выпуск конечного продукта.

Используя производственную функцию, определим вклад каждого фактора производства в конечный выпуск. Отношение приращений конечного выпуска, затрат труда, капитала, затрат на технологические иннова-

ции и коэффициента эффективности технологии во времени к их абсолютному уровню определяет темпы прироста этих показателей:

$$q = \frac{dQ}{dt} \cdot \frac{1}{Q}, \quad q_A = \frac{dA}{dt} \cdot \frac{1}{A}, \quad q_L = \frac{dL}{dt} \cdot \frac{1}{L},$$

$$q_K = \frac{dK}{dt} \cdot \frac{1}{K}, \quad q_I = \frac{dI}{dt} \cdot \frac{1}{I}.$$

Продифференцируем производственную функцию по переменной t и подставим предельные продукты труда, капитала и инноваций в обоснованную производственную функцию:

После преобразований имеем:

$$\frac{dQ}{dt} \frac{1}{Q} = \frac{dA}{dt} \frac{1}{A} + \alpha \frac{dL}{dt} \frac{1}{L} + \beta \frac{dK}{dt} \frac{1}{K} + \gamma \frac{dI}{dt} \frac{1}{I}. \quad (2)$$

Логарифмическое дифференцирование функции $Q = AL^\alpha K^\beta I^\gamma$ позволяет получить следующее выражение:
 $\ln Q = \ln A + \alpha L + \beta \ln K + \gamma \ln I$. Так как

, то преобразовав выра-

$$\frac{dQ}{dt} \frac{1}{Q} = \frac{\partial Q}{\partial A} \frac{dA}{dt} \frac{1}{Q} + \alpha \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{dL}{dt} \frac{1}{Q} + \beta \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{dK}{dt} \frac{1}{Q} + \gamma \frac{\partial Q}{\partial I} \frac{dI}{dt} \frac{1}{Q}. \quad (3)$$

где q - прирост конечного продукта промышленных предприятий; q_A, q_K, q_I - соответственно прирост затрат труда, капитала, инноваций.

На основании формул (2) и (3) определим вклад каждого фактора в прирост объема выпускаемой промышленной продукции:

$$q = 4,017q_L - 0,9446q_K + 1,2607q_I.$$

Коэффициенты регрессии характеризуют следующие зависимости: за период 2000-2009 гг. увеличение численности занятых в промышленности на 1% обеспечивало прирост объема выпуска промышленной продукции в среднем на 4,017%; прирост затрат на технологические инновации на 1% - прирост выпуска на 1,2607%, прирост основного капитала на 1% снижал объем выпуска продукции на 0,9446%.

Отрицательное значение коэффициента частной эластичности выпуска продукции по капиталу характеризует наличие избыточного капитала и сокращение конечного выпус-

ка при применении еще одной дополнительной его единицы. Это обусловлено высокой степенью износа используемого оборудования, имеющего низкие технические характеристики. Его обновление и модернизация через использование современных образцов техники и технологий способны изменить значение предельного продукта капитала с отрицательной величины на положительную и увеличить объем выпускаемой продукции. Значение частной эластичности выпуска продукции по труду и инновациям свидетельствует о положительном вкладе этих факторов в прирост конечного продукта.

Прирост конечного продукта в 2009 г. по сравнению с 2000 г. составил 43,01%, в том числе за счет затрат на технологические инновации - 40,59%, за счет изменения числа занятых - 14,92%. Прирост основного капитала обеспечил снижение конечного выпуска на 11,62%. Вклад затрат на технологические инновации в прирост конечного выпуска продукции в рассматриваемом периоде значительно изменялся: с положительными значениями от 17,34% в 2001 г. до 44,76% в 2008 г.; с отрицательными значениями от 11,95% в 2004 г. до 16,09% в 2007 г. В целом же вклад инноваций значительно превышал вклад труда и капитала. Роль инноваций в прирост конечного выпуска обусловлена увеличением объема затрат на их осуществление более чем в 2 раза при высоком коэффициенте частной эластичности выпуска продукции.

Производственная функция является имитационной моделью, позволяющей находить ответы на вопросы: "что будет, если...", если будут изменяться затраты факторов, технические параметры внедряемой техники; прогнозировать в перспективе экономические показатели деятельности предприятия, динамику конечного выпуска отрасли, валового внутреннего продукта с учетом сложившегося тренда. Определяя объем конечного выпуска промышленной продукции в случае изменения затрат на технологические инновации при сохраняющейся численности занятых работников и затрат основного капитала, т.е. при прочих равных условиях, необходимо учитывать более высокий уровень риска в процессе реализации инновационных проектов; период времени, необходимый для

внедрения нововведений и новшеств в производственный процесс (превращение их в инновации) и для выхода инновационной продукции на внутренний и внешний рынки.

Основные выводы состоят в следующем.

Технологическим инновациям присущи признаки, позволяющие рассматривать их как экономическую категорию и как фактор производства. Затраты на инновации представлены в обоснованной производственной функции, с помощью которой измерена и проанализирована динамика предельной производительности инноваций, предельной нормы замещения капитала инновациями, труда инновациями, эластичность замещения капитала инновациями и других параметров, их влияние на экономический рост. В промышленности имела место возрастающая отдача от масштаба при различных темпах изменения затрат факторов производства. Доказано, что за рассматриваемый период прирост конечного выпуска составил 43,01%, из которых 40,59% было получено за счет инноваций. Динамические характеристики инноваций и технического прогресса использованы в доказательстве наличия капиталоемкого типа технического прогресса.

Производственная функция может быть использована в качестве имитационной модели для прогнозирования изменений объема конечного продукта при различных условиях, для выявления степени использования имеющегося потенциала факторов производства.

В российской промышленности не всегда уверенно прокладывают дорогу те же

закономерности, что и в странах с развитой рыночной экономикой, с поправкой на ряд особенностей.

¹ Шумпетер Й. Теория экономического развития. М., 1982. С. 86.

² Мессин Д., Квинтас П., Уилд Д. Линейная модель инноваций: за и против // Трансферт технологий и эффективная реализация инноваций. М., 1999. С. 154.

³ Санто Б. Инновация как средство экономического развития: пер. с венг. М., 1990. С. 83.

⁴ Завлин П., Васильев А. Оценка эффективности инноваций. СПб., 1998. С. 9.

⁵ Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. Третье издание. Совместная публикация ОЭСР и Евростата. М., 2010. С. 31.

⁶ Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

⁷ Индикаторы инновационной деятельности, 2009: стат. сб. М., 2009. С. 484.

⁸ Таблица со значениями не приводится.

⁹ Формулы, по которым исчисляются коэффициенты A, α, β, γ , не приводятся.

¹⁰ Отдача от масштаба измеряется на основе равенства:

¹¹ Браун М. Теория и измерение технического прогресса. М., 1971. С. 36; Кендрик Д. Тенденции производительности в США. М., 1967. С. 28; Реусс Г. Анализ производительности. Экономические основы и статистическая методика. М., 1963.

¹² По этой причине колонка с данными о σ_{LK} в таблице отсутствует.

¹³ Браун М. Теория и измерение технического прогресса. М., 1971. С. 36.

Поступила в редакцию 02.04.2013 г.