

ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РЫНКОВ

А. А. Румянцев, Ю. В. Федотов

ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА*

В статье анализируется инновационная деятельность на макроэкономическом уровне. Особое внимание уделено вопросам экономико-статистического моделирования влияния макроэкономических показателей, характеризующих связанные с инновационным процессом затраты, на показатели эффективности производства: валовый объем выпуска продукции, добавленную стоимость, производительность труда. Эмпирическая часть исследования выполнена на данных о промышленности Санкт-Петербурга в 1995–2004 гг. На основе сформированной статистической базы построены альтернативные по виду и набору аргументов макроэкономические производственные функции. С помощью сконструированных зависимостей, признанных статистически и содержательно адекватными моделями, были определены оценки влияния показателей инновационных затрат на объем промышленного производства, добавленной стоимости и производительности труда в промышленности Санкт-Петербурга.

ВВЕДЕНИЕ

Современные теории, равно как и практика управления, безоговорочно признают ключевыми источниками экономического роста прогресс в знаниях и способность национальных хозяйств эффективно использовать достижения науки и технологии для решения актуальных задач развития страны. Поэтому неудивительно столь огромное внимание, уделяемое на протяжении последних десятилетий учеными, политиками и представителями бизнеса вопросам создания и распространения технологических и

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта РГНФ «Статистические методы анализа в промышленности Санкт-Петербурга», проект № 06-02-00345а.

© А. А. Румянцев, Ю. В. Федотов, 2007

продуктовых инноваций [О стратегии развития..., 2005; Конкуренентоспособность..., 2004; Варшавский, 2000; Макаров, Варшавский, Львов, 2004; Afuah, 2003; Antonelli, De Liso, 1997; Edquist, 1997; Rosefielde, 1998; Sutton, 1999]. Они, являя собой материализованное знание, существенно влияют как на уровень промышленного развития стран, так и на их потенциал в торговле высокотехнологичной продукцией, которая в эпоху глобализации становится все более значимой не только экономически, но и политически [Lakhwinder, 2006]. Создание так называемого продвинутого и инновационного знания [Бондаренко, 2003]¹, его распространение и внедрение в хозяйственную практику все в большей мере признаются фундаментальными факторами устойчивого развития национальных экономик в долгосрочной перспективе. Именно это обстоятельство и объясняет особое внимание, проявляемое представителями науки, политики и бизнеса к исследованиям разнообразных аспектов инновационной составляющей в хозяйственной деятельности экономических систем разного уровня (фирм, отраслей, региональных, национальных и мировой экономик). Причем без преувеличения можно говорить о том, что вопросы методологии количественной оценки влияния инноваций на результирующие показатели производства относятся к разряду наиболее сложных и актуальных проблем в данной области.

¹ Знание как производственный фактор или ресурс, с точки зрения потребителя — хозяйствующего в рыночной среде субъекта (для определенности — фирмы), можно разделить на следующие три типа. Первый — это основное знание, представляющее базовый уровень знаний, требующийся для начала производственной деятельности в той или иной профессиональной сфере в соответствии с установленными стандартами качества создаваемых продуктов или оказываемых услуг. Данный тип знаний, очевидно, выполняет роль «входного» барьера, который необходимо преодолеть впервые появляющимся в отрасли (на рынке) фирмам. В силу этого обстоятельства они предположительно присутствуют у всех участников рассматриваемой отрасли (рынка) и в общем случае не дают фирмам-обладателям каких-либо серьезных конкурентных преимуществ. Второй тип — это так называемое продвинутое знание. Оно обеспечивает фирме конкурентные преимущества в сравнении с остальными участниками анализируемого рынка. Источниками получения выгод для обладателя данного уровня знаний являются использование более эффективных (в сравнении с конкурентами) технологических способов производства стандартной продукции, обеспечение высокого качества изготавливаемых продуктов, дифференциация предлагаемых товаров (работ, услуг) и т. п. И третий тип — это инновационное знание. Оно позволяет фирме не только применять принципиально новые технологии производства существующих видов продукции, изготавливать ранее не выпускавшиеся продукты, но и, что особенно важно с точки зрения конкурентной борьбы, оказывать существенное влияние на структуру рассматриваемого рынка, изменять правила игры на нем и, как следствие, соотношение сил среди участников.

В предлагаемой вниманию читателя статье инновационная деятельность анализируется на макроэкономическом уровне. Объектом изучения выступает ее результативность, проявляющаяся в показателях эффективности производства (валового объема выпуска продукции, добавленной стоимости, производительности труда). Предметом теоретической части исследования служат вопросы методологии экономико-статистического моделирования взаимосвязи макроэкономических показателей, характеризующих инновационный процесс, с указанными выше показателями эффективности производства. Эмпирическая часть исследования выполнена на основе данных о деятельности промышленности Санкт-Петербурга в 1995–2004 гг., которые были использованы для построения альтернативных по виду и набору аргументов макроэкономических производственных функций. С помощью полученных эмпирических зависимостей был проверен ряд выдвинутых теоретических положений, относящихся к содержательным свойствам используемых экономико-математических моделей. Эмпирические функции, имевшие наилучшие статистические характеристики и признанные адекватными с содержательной точки зрения, были использованы для определения оценки влияния показателей, характеризующих инновационный процесс на уровне субъекта Федерации, на объем промышленного производства, добавленной стоимости и производительности труда в промышленности Санкт-Петербурга.

С точки зрения практики управления оценка результативности инновационной деятельности на уровне макроэкономических систем (экономики страны, региона, субъекта Федерации, отрасли и т. п.) необходима как при формировании программ их долгосрочного развития, так и при обосновании мер текущей экономической политики. Однако при изучении стратегических планов, программ социально-экономического развития регионов (субъектов Федерации) обнаружилось, что в соответствующих документах практически отсутствуют показатели о вкладе инновационной деятельности в экономический рост региона.

Отсутствие научных положений по оценке вклада инновационной деятельности в экономическое развитие региона является существенным пробелом в региональной экономике как отрасли знаний. Независимость, а вернее сказать, несогласованность друг с другом оценок параметров экономического и инновационного развития в регионе не позволяет выявить роль последнего в решении экономических проблем. В таких условиях затруднительно не только формирование эффективной инновационной политики в регионе, но и обоснование решений, определяющих объемы выделяемых на поддержку и развитие инновационной системы финансовых и материальных ресурсов. Сложившееся на сегодняшний день положение вещей в значительной мере сопряжено с двумя взаимосвязанными обстоятельствами. Первое — это нали-

чие разнообразных методологических проблем, связанных с оценкой влияния индуцируемого инновациями технологического прогресса на экономический рост, и обусловленное этим фактом отсутствие в достаточной мере обоснованных, пригодных для практического использования в прогнозировании количественных методов оценки. Второй — дефицит необходимых статистических данных об инновационной деятельности на уровне региона.

Учет научно-исследовательской и инновационной деятельности в качестве факторов экономического роста особенно важен для индустриально развитых регионов, располагающих значительным научным потенциалом, имеющим не только всероссийское, но и международное значение. К числу таковых, несомненно, относится Санкт-Петербург. Оценка влияния инновационной деятельности на уровень экономического развития города представляется актуальной как для экономической науки, так и для практики.

В настоящей статье в качестве информационной базы исследования связи между показателями уровня экономического развития промышленности как ведущей отрасли города и инновационной деятельности были приняты данные, фиксируемые органами государственной статистики. Задача состояла в том, чтобы на основе эмпирической информации установить наличие взаимосвязи между параметрами инновационной деятельности в Санкт-Петербурге, с одной стороны, и показателями, результирующими промышленную деятельность на уровне города, — с другой, а также получить соответствующие количественные оценки.

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При исследовании макроэкономических процессов широко применяются факторные модели, описывающие изучаемое явление с помощью высокоагрегированных показателей. Эти эмпирические конструкции относятся к классу позитивных и отражают существующие, по мнению исследователя, причинно-следственные связи между объясняемыми (результирующими) показателями, выступающими в роли зависимых переменных, и объясняющими их факторами, используемыми в качестве независимых переменных. Построение соответствующих целям исследования эмпирических зависимостей, как правило, осуществляется эконометрическими методами. Поэтому получаемые на их основе оценки влияния рассматриваемых факторов (специфицирующих их показателей) носят апостериорный характер².

² Соответственно, получаемые в результате расчетов оценки дают более или менее адекватное представление о том, что происходило в рассматриваемом периоде времени. Их пригодность для принятия текущих или перспективных решений оправ-

Исследование влияния инновационной деятельности на экономический рост макросистемы (народного хозяйства в целом, экономики региона, отрасли и т. п.) осуществляется с помощью как однопродуктовых (макроэкономические производственные функции) [Гранберг, 1985, с. 77–86; Кучин, Якушева, 1990, с. 53–95; Chambers, 1988, р. 205–213], так и многопродуктовых моделей производственной деятельности (модели межотраслевого баланса [Поршнева, 2006]). Использование многопродуктовых моделей наряду с определением оценок инновационной деятельности в отдельной отрасли позволяет выявить ее влияние на экономику в целом с учетом сложившихся межотраслевых взаимодействий. Однако их построение сопряжено со значительными практическими трудностями в части информационного обеспечения, а также построения сводной оценки обусловленного инновациями технического прогресса.

Поэтому наиболее распространенными описаниями технологии производства, на основе которых осуществляется построение оценок воздействия инновационной деятельности на эффективность (экономический рост) рассматриваемой хозяйственной системы, являются однопродуктовые модели, а именно макроэкономические производственные функции.

Начиная с 70-х гг. XX в. при исследовании проблем экономического роста, обусловленного техническим прогрессом, все большее внимание уделяется существующим в разных странах инновационным системам³. Последние, обеспечивая производство и внедрение технологических и продуктовых инноваций, индуцируют технический прогресс, который в конечном итоге служит основным источником устойчивого экономического роста национальных экономик. На макроэкономическом уровне анализа инновационная система в самом общем понимании предстает как единство двух относительно обособленных и комплементарных в пределах страны социально-экономических подсистем — «генерации» нововведений и их «производственного потребления». В состав первой входят участники процессов создания (генерации) продвинутых и инновационных знаний (университеты, академические и отраслевые научно-исследовательские институты и лаборатории, научно-исследовательские подразделения компаний и т. п.). Результатом ее деятельности являются новые научные, прикладные и опытно-конструкторские разработки, а также создаваемые на их основе новые производственные технологии и продукты.

дана в той мере, в какой предполагаемые моделью в качестве «прочих равных» условия остаются неизменными.

³ Понятие инновационной системы было введено Б. А. Лундваллем в 1985 г. [Lundvall, 1985]. Затем в 1988 г. С. Фриман, исследуя успешное развитие японской экономики, ввел в оборот термин «национальная инновационная система» [Freeman, 1988].

Вторую подсистему, обеспечивающую внедрение и использование нововведений в народном хозяйстве, образуют, с одной стороны, применяющие их в своей практической деятельности «потребители»⁴ и экономические институты, регулирующие деятельность в сфере внедрения и использования нововведений, — с другой⁵. В рамках этой подсистемы происходит внедрение в практику созданных инноваций, формируются стимулы и условия к использованию хозяйствующими субъектами экономически эффективных технологических новшеств.

Учитывая затратный характер как «производства», так и «потребления» нововведений, в технологическом обновлении экономики все более актуальным становится создание эффективных механизмов управления и координации данными процессами в рамках национальных инновационных систем. Решение этой задачи, в свою очередь, требует адекватной оценки результативности инновационной деятельности на макроэкономическом уровне, т. е. обнаруживаемых на макроуровне эффектов, которые возникают вследствие порождаемых ею технологических сдвигов.

Для описания воздействия инновационных процессов на макроэкономическую технологию используется два основных подхода: диффузионный и ресурсный⁶. В рамках первого происходящие в макроэкономической технологии сдвиги моделируются как результат процессов распространения технологических нововведений и, соответственно, характеристики экономического роста оказываются производными от параметров процессов диффузии инноваций [Варшавский, 1984]. Во втором случае инновационная деятельность в экономике рассматривается в качестве самостоятельного фактора (ресурса) производства. Характеризующие ее показатели (прежде всего отражающие специфичные для инновационной деятельности затраты ресурсов) выступают в роли независимых аргументов макроэкономической производственной функции, непосредственно влияющих на результат (используемый показатель выпуска продукции).

При этом общим для обоих подходов является то, что в основе описания влияния, оказываемого инновационной деятельностью на макроэкономическую эффективность, лежит модель технологии производства рассматриваемой системы. Поэтому при конструировании моделей, в па-

⁴ В этой роли могут выступать экономические субъекты самого разного уровня, начиная от отдельного индивида и заканчивая экономикой страны в целом.

⁵ В качестве отдельного типа элементов системы «потребления» нововведений часто рассматривают хозяйственные единицы, занятые внедренческой деятельностью. Однако в нашем исследовании они отнесены к числу непосредственных потребителей инноваций, создаваемых в подсистеме «генерации».

⁶ Разнообразные модели, реализующие оба этих подхода, описывают порождаемый инновациями технический прогресс как эндогенный.

раметрической форме описывающих влияние показателей, которые прямо или косвенно отражают различные аспекты инновационного процесса и его интенсивность, на результат производственной деятельности в макро-системе, необходимо четко сформулировать используемые исследователем предпосылки:

- ♦ о свойствах соответствующей технологии;
- ♦ о специфике влияния инновационного процесса на технологические возможности исследуемой производственной системы;
- ♦ о характере влияния анализируемых характеристик инновационного процесса на результаты деятельности производственной системы.

Это исключительно важно не только для обоснования выбора вида функциональной зависимости результата производственной деятельности макросистемы от объясняющих факторов, но и для последующей оценки адекватности полученных результатов и сравнительного анализа альтернативных моделей.

УЧЕТ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ

Наиболее общим математическим представлением технологии производственного процесса является ее описание в виде множества технологических (производственных) возможностей хозяйственной системы (в экономико-математической литературе для краткости называемого технологическим множеством). По своему определению технологическое множество T есть непустое множество точек, именуемых *производственными планами*. Производственные планы представляют собой упорядоченные пары (x, y) всевозможных сочетаний векторов затрат факторов $x \in R^{n+}$ и выпусков продукции $y \in R^{m+}$, обладающих свойством реализуемости или, как еще говорят, достижимости. Вектор затрат ресурсов $x = (x_1, \dots, x_n)$ представлен показателями x_i ($i = 1, \dots, n$; n — общее число анализируемых факторов), которые количественно характеризуют затраты учитываемых в модели факторов производства в одном производственном цикле⁷. По определению его компоненты могут принимать только неотрицательные значения $x_i \geq 0$, $i = 1, \dots, n$. Тем самым вектор x является элементом множества неотрицательных n -мерных векторов $R^{n+} = \{x \in R^n: x_i \geq 0, i = 1, \dots, n\}$ в n -мерном евклидовом пространстве R^n . Соответственно, вектор выпуска

⁷ При этом в наборе (векторе) затрат факторов, относящихся к одному производственному циклу, могут присутствовать переменные из разных периодов наблюдения в связи с тем, что некоторые факторы оказывают влияние на результирующие показатели с определенным лагом.

продукции $y = (y_1, \dots, y_m)$ составлен из объемов продукции y_j ($j = 1, \dots, m$; m — общее число изготавливаемых продуктов), произведенных в рамках одного цикла производства. Они также принимают только неотрицательные значения, а сам вектор выпуска y является элементом множества $R^{m+} = \{y \in R^m: y_j \geq 0, j = 1, \dots, m\}$ m -мерного евклидова пространства R^m .

Под реализуемостью (достижимостью) сочетания (x, y) понимается следующее: если хозяйственная система располагает вектором ресурсов x , то в рамках одного производственного цикла она может произвести продукцию в объемах, представленных вектором y . И наоборот, если задан вектор выпуска продукции $y \in R^{m+}$, то хозяйственная система может обеспечить его производство при наличии у нее вектора ресурсов x . Таким образом, технологическое множество является подмножеством множества $R^{(n+m)+}$ $(n+m)$ -мерного евклидова пространства $R^{(n+m)}$. Формальное определение данного множества выглядит так: $T = \{(x, y) \in R^{(n+m)+}: x \in R^{n+}, y \in R^{m+} \text{ и } (x, y) \text{ — реализуемое сочетание векторов}\}$.

В ситуации однопродуктового выпуска продукции возможно описание технологического множества (технологии) рассматриваемой хозяйственной системы в функциональной форме, т. е. посредством производственной функции. Под описывающей технологию производственной функцией $f: R^{n+} \rightarrow R^+$ понимается зависимость $y = f(x)$, которая вектору затрат ресурсов $x = (x_1, \dots, x_n)$ ставит в соответствие объем продукции, являющийся максимальным из числа достижимых для него. Таким образом, технологическое множество имеет вид: $T = \{(x, y) \in R^{(n+1)+}: y \leq f(x)\}$.

Содержательная трактовка формального определения производственной функции, принятого в экономической теории, четко изложена Р. У. Шеффардом. В работе «Теория производственных функций и функций издержек» он, в частности, писал: «Производственная функция выступает в роли математической конструкции, описывающей некоторую с формальной точки зрения хорошо определенную технологию производства. Эта технология состоит из семейства теоретически возможных и практически реализуемых инженерных соединений факторов, которые необязательно сводятся к конкретным, обнаруживающимся в действительности комбинациям, и оно (семейство) может отражать исторические изменения в применении технологии. Будучи однажды определенной, технология подразумевает некоторый конкретный набор требуемых факторов производства. На эти факторы не накладывается никаких ограничений ни в плане их типа, ни в плане их доступности для хозяйственной системы. Таким образом, производственная функция будет использоваться для описания ничем не ограниченных инженерных возможностей технологии, без какой-либо привязки последних к существующей или однажды существовавшей производственной единице» [Shephard, 1974, p. 4].

Будучи моделью технологии производственного процесса, функция $y = f(x)$ устанавливает количественную взаимосвязь между некоторым показателем (скаляром y) выпуска продукции, с одной стороны, и факторами производства, представленными определенной системой натуральных и технико-экономических показателей $x = (x_1, \dots, x_n)$, — с другой. Отличительной чертой этой зависимости является то, что на выбранном уровне детализации переменных (факторов производства и выпуска продукции) она содержит всю информацию о технологическом множестве моделируемой производственной системы. Производственная функция, как и всякая экономико-математическая модель, специфицирована некоторым набором внутренне непротиворечивых предпосылок. Они должны отражать существенные черты моделируемого объекта, значимые с точки зрения целей проводимого исследования, и задавать математические свойства функции, необходимые для применения соответствующей конструкции в прикладных и теоретических исследованиях.

В неоклассической экономической теории, в рамках которой собственно возникла и в основном развивалась теория производственных функций, технологии микро- и макроуровня рассматриваются как простые преобразователи используемых ресурсов в продукцию. В силу этого обстоятельства описываемый объект предстает в качестве элементарной (атомарной) единицы, внутренняя структура которой неизвестна и считается фиксированной. Соответственно, предположения об исследуемой технологии постулируются непосредственно в терминах свойств описывающей ее производственной функции. Относительно полным является следующий набор предположений о свойствах производственной функции $y = f(x_1, \dots, x_n)$ ⁸, которые определяют так называемый класс неоклассических зависимостей:

- A1. Монотонность по факторам производства — неубывание (возрастание) производственной функции по всем аргументам.
- A2. Выпуклость технологии — вогнутость производственной функции.
- A3. Существенность затрат факторов производства.
- A4. Непрерывность технологии, предполагающая, что производственная функция является непрерывной (дважды непрерывно дифференцируемой) на всей области определения.
- A5. Ограниченность производственных возможностей — существование конечного предела для выпуска продукции при конечных значениях аргументов (затрат факторов производства) функции.

⁸ Предположения A1–A4 могут встречаться как в «слабой», так и в «сильной» («строгой») формах.

А6. Неотрицательность значений зависимости $f(x)$ на множестве всех неотрицательных и конечнозначных векторов затрат факторов x [Chambers, 1988, p. 9].

Не останавливаясь на содержательных интерпретациях всех указанных свойств производственной функции, обратимся к предположению А3, непосредственно относящемуся к моделированию воздействия инновационного процесса на производственную эффективность экономики. В слабой форме А3 подразумевает отсутствие даровых сил в природе, обеспечивающих полностью беззатратное производство благ, т. е. $f(\mathbf{0}_n) = 0$, где $\mathbf{0}_n$ — n -мерный нулевой вектор, $\mathbf{0}_n \in R^{n+}$. Однако при этом допускается возможность получения положительных объемов выпуска продукции при нулевых затратах одного или даже нескольких факторов.

В «сильной» формулировке предпосылки существенности факторов подобное невозможно. Подразумевается, что все факторы, представленные в качестве аргументов производственной функции, необходимы для ведения производства, а отсутствие хотя бы одного из них влечет за собой невозможность выпуска продукции. Формально это означает, что $f(x_1, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_n) = 0$ для всех $x_i, i = 1, \dots, n$. Данное свойство подразумевает обязательность потребления всех факторов, учитываемых в функции в качестве аргументов, для изготовления продукции.

Выбор «слабой» или «сильной» формы данного постулата при спецификации модели технологии в значительной мере определяется разнобразием учитываемых в ней факторов производства. С точки зрения влияния на выпуск продукта среди них выделяют два разных вида. Первый — так называемые «строго» существенные (другое встречающееся название — необходимые или обязательные) факторы, присутствие которых обязательно для нормального ведения производства. Их полное отсутствие или присутствие в объемах, недостаточных для полноценного использования технологии, не позволяет выпускать продукцию с заданными свойствами.

Второй вид составляют факторы (ресурсы), оказывающие порой весьма значимое влияние на результат производственной деятельности, но при этом не являющиеся обязательными для рассматриваемого процесса. Технологически изготовление продукта оказывается возможным в ситуации их отсутствия⁹. В связи с этим такого рода ресурсы (факторы) называют

⁹ Классическим примером такого рода в сельскохозяйственном производстве, в частности в земледелии, является такой ресурс, как минеральные удобрения. Очевидно, что их затраты существенно сказываются на итоговом объеме выпуска при прочих равных условиях и затратах остальных факторов. Однако в отличие от такого существенного для земледелия ресурса, как семена, урожай может быть выращен

«катализаторами»¹⁰. Соответственно, если цели исследования требуют учета в рассматриваемой технологии факторов-катализаторов, то характеризующие их показатели включают в число экзогенных переменных модели. В случае параметрического описания технологии посредством производственной функции такого типа показатели присутствуют в роли аргументов зависимости $y = f(x_1, \dots, x_n)$. Поэтому наличие переменных, идентифицирующих факторы-катализаторы, приводит к необходимости постулировать свойство существенности в «слабой» форме.

Инновационная деятельность очевидным образом выступает в роли фактора-катализатора производства¹¹. Тем самым моделирование влияния ее параметров на результирующие показатели производственной деятельности должно осуществляться на основе зависимости, удовлетворяющей свойству АЗ в «слабой» форме. Точнее, вполне обоснованно можно полагать, что для переменных инновационного процесса с точки зрения влияния, оказываемого ими на результат производственной деятельности, выполняется предпосылка о «слабой» существенности.

Сложность выявления и оценки влияния инновационного процесса на результаты производственной деятельности на макроэкономическом уровне обусловлены множеством причин. В этой связи стоит отметить то, что инновационная деятельность, во-первых, представляет собой сложное и многогранное в своих проявлениях социально-экономическое явление и, во-вторых, обладает высоким уровнем неопределенности. Поэтому на макроуровне преобладает описание влияния инновационной деятельности на результаты производства посредством либо диффузионных моделей технологических нововведений, либо моделей автономного технического прогресса, материализованного в тех или иных факторах производства [Solow, 2000]. В обоих случаях в качестве объясняющей переменной выступает время¹². Причиной тому служит не только динамический характер описы-

и без внесения в почву минеральных удобрений, хотя, вероятнее всего, его объем при этом будет ниже. Аналогичные факторы существуют и во многих отраслях промышленного производства, например металлургии.

¹⁰ Показатели, характеризующие инновационную деятельность в рассматриваемой макросистеме, как раз и являются переменными, идентифицирующими в производственной функции факторы-катализаторы.

¹¹ В рамках заданного периода времени производство можно осуществлять на неизменной технологической основе с соответствующим ей уровнем продуктивности использования материальных ресурсов.

¹² В случае диффузионных моделей с ее помощью описывают динамику распространения технологических нововведений, а в моделях экономического роста, основанного на техническом прогрессе, — динамику изменения производительности основных факторов производства (труда и капитала).

ваемых процессов. Огромное разнообразие источников технического прогресса и инноваций, равно как и факторов, определяющих результативность их использования в производственной деятельности рассматриваемой макросистемы, делает крайне затруднительным идентификацию соответствующей переменной.

Другая причина, осложняющая оценку эффективности технического прогресса и/или инновационной деятельности на уровне макросистемы, имеет методологическую природу и связана с особенностями их воздействия на производственную деятельность. Как отмечается в [Gomulka, 1990, p. 127], «ключевая проблема любой попытки эмпирической оценки уровня технического прогресса и порождаемого им технологического сдвига на уровне фирм, отраслей и экономик в целом, кроется в том, что нельзя наблюдать их действительные границы производственных возможностей или действительные производственные функции». В частности, речь идет о том, что привносимый научными разработками и материализующими их инновациями технический прогресс непосредственно проявляется в изменении технологических возможностей рассматриваемой макросистемы. Тем самым, изменяя конфигурацию технологического множества макросистемы, научные исследования и инновации прямо воздействуют на ее технологический потенциал. Однако последний, вообще-то говоря, не наблюдаем и в официальной статистике не отражен адекватной системой показателей. Это тем более справедливо, когда речь идет об описании технологии в терминах высокоагрегированных переменных, коими являются труд и основной капитал.

Таким образом, измерение эффективности ресурсов, затрачиваемых обществом на научные исследования и технологические нововведения, через показатели фактического результата производственной деятельности макросистемы (например, валового внутреннего продукта, рассчитанного на народнохозяйственном или региональном уровнях) основано на соотношении, по сути дела лишь опосредованно отражающем их результативность. Иными словами, для оценки влияния инновационной деятельности используется модель не самой технологии, отражающей возможные сочетания затрат ресурсов и выпусков, а модель так называемой экономической технологии [Федотов, 1997, с. 9–13]. Данная конструкция описывает не столько производственные возможности рассматриваемой макросистемы, сколько их фактическое использование. Как отмечает автор, при построении «модели экономической технологии в роли объекта выступает процесс реализации хозяйственной единицей заложенных в инженерной технологии возможностей ведения производственной деятельности. Тем самым существенными факторами здесь оказываются условия внешней среды, внутренняя организация хозяйственной единицы, присущая ей система управления и другие моменты, влияющие на то, как ис-

пользуются имеющиеся возможности производства. Очевидно, что в данном случае модель должна содержать либо большее число переменных, чем порождающее ее описание инженерной технологии, либо каким-то образом учитывать указанные выше аспекты производственной деятельности. Однако во многих эмпирических исследованиях различия между технологическими возможностями и их реализацией со стороны хозяйственной единицы не делается» [Федотов, 2000, с. 18].

В силу указанного обстоятельства при построении позитивной модели производственного процесса первостепенное значение имеют, во-первых, конкретизация описываемого объекта и постулирование его свойств и, во-вторых, подбор функциональной зависимости, адекватным образом воспроизводящей интересующие исследователя свойства. В частности, сказанное означает, что если, например, объектом моделирования выступает экономическая технология и она представлена тем же вектором независимых переменных $x = (x_1, \dots, x_n)$, что и при задании инженерной технологии, то для описывающей ее (экономическую технологию) функции $F(x_1, \dots, x_n)$ набор постулируемых свойств может быть отличен от свойств A1–A4, вводимых для производственной функции $f(x_1, \dots, x_n)$. Так, поскольку значением $F(x_1, \dots, x_n)$ служит фактически произведенный объем продукции, а не максимально возможный для рассматриваемого вектора затрат ресурсов, что имеет место в случае с $f(x_1, \dots, x_n)$, то с содержательной точки зрения для функции $F(x_1, \dots, x_n)$ вполне допустимо невыполнение свойств A1 и A2¹³. Поэтому неслучайно в исследованиях по теории производства, технического прогресса, анализу структурных и технологических сдвигов в экономике, методам измерения эффективности используются разнообразные виды зависимостей, содержательно близкие к производственной функции, но все-таки отличные от нее. Авторы сознательно закрепляют за ними специальные термины, подчеркивая тем самым отличие моделируемых объектов от общепринятого неоклассического толкования технологии и, соответственно, свойств, которые они постулируют у описывающих их функций¹⁴.

¹³ A1 — монотонное неубывание или возрастание по всем присутствующим в качестве аргументов функции факторам производства; A2 — выпуклость технологии или вогнутость функции, означающую наличие у технологии невозрастающей отдачи от масштаба.

¹⁴ Такого рода примерами являются *ex ante* и *ex post* производственные функции [Johansen, 1972], агрегированные производственные функции (aggregate production function) [Solow, 2000], метапроизводственная функция (meta production function) [Boskin, Lau, 1997], суррогатная и псевдопроизводственная функция (surrogate and pseudo production function) [Baldone, 1984], квазипроизводственная функция (quasi production function) [Федотов, 1997]. Подобные «модификации» произ-

Таким образом, задача конструирования зависимости, описывающей технологические сдвиги на макроуровне, может быть эффективно решена за счет использования не столько каких-либо стандартных специализированных методов, сколько формализации задачи, адекватной содержанию рассматриваемой проблемы. В случае анализа влияния инновационного процесса это означает необходимость использования функции, в которой учтена специфика воздействия идентифицирующих его переменных на результат производства. В частности, можно предположить, что оценки результативности инновационной деятельности, получаемые на основе традиционно применяемых неоклассических моделей технологии, в которых все переменные одинаковы по характеру оказываемого ими влияния на выпуск продукции, вряд ли будут принимать экономически содержательные значения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Выбор в качестве объекта исследования промышленности Санкт-Петербурга обусловлен тремя причинами. Во-первых, промышленность — важнейшая отрасль городской экономики. На ее долю приходится до четверти валового регионального продукта и налоговых поступлений, около 50% выпуска товаров и услуг, в ней занято свыше 20% работающего населения города. На протяжении многих лет вклад промышленности в общий объем платежей в бюджетную систему существенно превышает удельный вес других отраслей экономики [2006. Промышленность, 2006]. Во-вторых, промышленность — именно тот сектор экономики, в котором инновационная деятельность происходит в значимых масштабах и оказывает существенное влияние на результаты производства. В-третьих, по городской промышленности доступны статистические данные, дающие представление о параметрах осуществляемой инновационной деятельности, что позволяет исследовать интересующую нас взаимосвязь между ними и показателями экономического развития.

Для количественной оценки влияния инновационной деятельности на результаты производства в промышленности Санкт-Петербурга были построены макроэкономические производственные функции вида $Y = f(X_1, X_2, X_3)$, где Y — показатель результата производственной деятельности промышленности; X_1 — набор переменных, характеризующих используемые в промышленности фонды; X_2 — переменная, специфицирующая количество задействованного труда; X_3 — набор переменных, которые прямо или косвенно характеризуют инновационный процесс в промышленности Санкт-Петербурга.

водственной функции, как правило, используются в эмпирических исследованиях в связи с тем, что свойства моделируемого объекта не удовлетворяют неоклассическим постулатам.

В качестве зависимой переменной Y , характеризующей результат производственной деятельности промышленности города в году наблюдения, рассматривались три показателя:

- Q — годовой объем произведенной промышленной продукции в стоимостном выражении в сопоставимых ценах¹⁵ (в млн руб.);
- D — годовой объем добавленной стоимости в промышленности города, полученный расчетным путем и выраженный в сопоставимых ценах (в млн руб.);
- π — годовая производительность труда промышленно-производственного персонала, выраженная в стоимостной форме, исчисленная по годовому объему произведенной промышленной продукции (руб./чел.).

Значения производительности труда и добавленной стоимости являются расчетными, они определялись по имеющимся отчетным данным по промышленности Санкт-Петербурга. В частности, при определении значений переменных π и D были использованы показатели: среднегодовой численности промышленно-производственного персонала в тыс. человек (N); затрат на заработную плату промышленно-производственного персонала с отчислениями на социальные нужды в млн руб. (T)¹⁶; массы прибыли, определяемой с использованием уровня рентабельности затрат на производство, отражаемых официальной статистикой; суммы амортизации, вычислявшейся исходя из доли амортизации в затратах на производство по данным статистики [Промышленность Санкт-Петербурга и Ленинградской области..., 2001; 2005].

Величина годового объема добавленной стоимости определялась суммированием следующих величин: затрат на заработную плату промышленно-производственного персонала с отчислениями на социальные нужды, годовой массы прибыли и суммы амортизации.

В качестве независимых (объясняющих) переменных макроэкономической производственной функции рассматривались различные показатели, характеризующие затраты или объемы факторов, задействованных в промышленном производстве города. В частности, для спецификации переменной X_1 , представляющей такой фактор, как физический капитал (производственное оборудование), использовались следующие показатели:

¹⁵ Все используемые стоимостные величины приведены к сопоставимому виду, для чего их значения рассчитаны в ценах 1999 г., который принят за начало эволюционного этапа развития российской экономики после финансового кризиса 1998 г.

¹⁶ Расчет производился, исходя из доли расходов на оплату труда и доли отчислений на социальные нужды в затратах на производство продукции, учитываемых государственной статистикой.

F — среднегодовая стоимость основных фондов промышленного назначения (млн руб.);

I_2 — объем годовых инвестиций в основные фонды промышленного назначения с лагом в 2 года (млн руб.);

V — фондовооруженность промышленно-производственного персонала, исчисленная по среднегодовой стоимости основных фондов промышленного назначения (руб./чел.);

I'_2 — объем годовых инвестиций в основные фонды промышленного назначения (с лагом в 2 года), приходящийся на одного работника промышленно-производственного персонала (руб./чел.).

В построенных эмпирических зависимостях значения переменной X_2 , представляющей фактор труда, задавались такими показателями, как:

N — среднегодовая численность промышленно-производственного персонала (тыс. человек);

T — годовой объема затрат на оплату труда с отчислениями на социальные нужды (млн руб.).

В качестве описывающей инновационный процесс переменной X_3 использовались следующие показатели, полученные на основе официальной статистики:

In — годовые затраты предприятий на технологические инновации, включающие в себя расходы на исследования и разработки, приобретение оборудования, связанного с технологическими инновациями; затраты на новые технологии, программные средства, подготовку персонала; прочие расходы на технологические инновации (млн руб.);

R — годовые затраты научных учреждений на исследования и разработки в регионе в части, направляемой в промышленность (млн руб.)¹⁷;

$S_{2,1}$ — величина годовых суммарных затрат на исследования (с лагом в 2 года) и технологические инновации (с лагом в 1 год)¹⁸ (млн руб.);

$S'_{2,1}$ — величина годовых суммарных затрат на исследования (с лагом в 2 года) и технологические инновации (с лагом в 1 год), приходящихся на одного работника промышленно-производственного персонала (руб./чел.);

¹⁷ Величина затрат определялась экспертами расчетным путем, исходя из отраслевой структуры промышленности и обслуживающих ее исследовательских организаций.

¹⁸ Затраты на исследования и разработки включены в расчеты со средним лагом, равным 2 годам, учитывая время на изготовление образцов техники и их освоение в производстве, а затраты на технологические инновации — с лагом в 1 год.

In_0 — кумулятивный объем расходов промышленных предприятий на технологические инновации (млн руб.)¹⁹;

R_0 — кумулятивный объем внутренних текущих расходов на исследования и разработки, направляемых в промышленность Санкт-Петербурга (млн руб.)²⁰.

Построение эмпирических производственных функций вида $Y=f(X_1, X_2, X_3)$ осуществлялось на основе значений указанных выше показателей по промышленности Санкт-Петербурга за период 1995–2004 гг. Оцениванию подлежали модели, альтернативные как по виду функциональной зависимости, так и по набору переменных. Для различных сочетаний переменных выпуска ($Y=Q, D, p$) и наборов показателей, специфицирующих аргументы X_1, X_2 и X_3 , конструировались производственные функции неоклассического типа, а именно: линейная и мультипликативно-степенная (Кобба-Дугласа).

В случае линейной модели

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 \quad (1)$$

оцениванию подлежали следующие коэффициенты:

a_0 — параметр, представляющий собой свободный член линейной зависимости;

a_i — векторы коэффициентов при независимых переменных линейной функции, совпадающие по размерности с соответствующими им X_i ($i = 1, 2, 3$), т. е. векторное задание фактора i подразумевает следующее: $a_i X_i = \sum_{j=1}^{m_i} a_i^{(j)} \cdot X_i^{(j)}$, (m_i — число показателей, описывающих фактор i ; $a_i^{(j)}$ — коэффициент в линейной зависимости при переменной $X_i^{(j)}$, $j = 1, \dots, m_i$; $i = 1, 2, 3$).

В случае расчетов по модели Кобба–Дугласа использовалось линейное в логарифмах представление зависимости результирующего показателя выпуска продукции от логарифмов объясняющих переменных, т. е. определялись значения коэффициентов следующей функции:

¹⁹ Расчет производился путем суммирования соответствующих годовых затрат, т. е. в году t значение кумулятивного объема расходов на технологические инновации In_0^t определялось следующим образом:

$$In_0^t = \sum_{s=1}^t In^s,$$

где In^s — расходы на технологические инновации в году s , $s = 1, \dots, t$.

²⁰ Рассчитывался аналогично значению кумулятивного объема расходов на технологические инновации.

$$\tilde{Y} = A + \alpha \cdot \tilde{X}_1 + \beta \cdot \tilde{X}_2 + \nu \cdot \tilde{X}_3, \quad (2)$$

где $\tilde{Y} = \ln Y$; $\tilde{X}_i = (\ln X_i^{(1)}, \dots, \ln X_i^{(m_i)})$, m_i — число показателей, описывающих фактор i ; α , β , ν — векторы коэффициентов при независимых переменных функции, совпадающие по размерности с соответствующими им X_i ($i = 1, 2, 3$), A — константа, представляющая собой логарифм масштабирующего мультипликатора или так называемого коэффициента масштаба функции Кобба–Дугласа.

Очевидно, что фигурирующие в зависимости (1) коэффициенты при переменных представляют собой их предельные производительности (эффективности) факторов, описываемых соответствующими переменными, т. е. $a_i^{(j)} = \partial Y / \partial X_i^{(j)}$, $j = 1, \dots, m_i$; $i = 1, 2, 3$. В свою очередь, в модели (2) коэффициенты при рассматриваемых переменных — значения эластичности результирующего показателя производственной деятельности системы по соответствующей переменной.

В качестве альтернативы неоклассическим производственным функциям (1) и (2) была рассмотрена модифицированная мультипликативно-степенная производственная функция зависимости выпуска от затрат материальных ресурсов и характеристик инновационного процесса в промышленности Санкт-Петербурга:²¹

$$Y = C \cdot X_3^\tau \cdot (1 - b^{\frac{F}{X_2}}) \cdot X_2^\mu. \quad (3)$$

Здесь оцениваемыми параметрами являлись: масштабирующий коэффициент C ($C > 0$); коэффициент b ($0 < b < 1$); τ — коэффициент эластичности зависимой величины по переменной инновационной деятельности; μ — коэффициент эластичности зависимой величины по переменной, отражающей затраты труда. Расчеты по данной модели осуществлялись для двух результирующих показателей: годового объема произведенной промышленной продукции Q и годового объема добавленной стоимости в промышленности D .

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ И ВЫВОДЫ

Построение регрессионных моделей зависимости результирующих показателей деятельности промышленности Санкт-Петербурга от объемов затрат первичных факторов производства (труда и основных фондов) и показателей затрат, относящихся к инновационной деятельности, преследовало следующие цели:

²¹ Обоснование данного типа зависимости и содержательную интерпретацию ее свойств см. в [Четыркин, 1986, с. 12–21].

- ♦ построение адекватной с содержательной точки зрения и статистически значимой модели промышленного производства, идентифицирующей влияние показателей инновационной деятельности на уровне Санкт-Петербурга;
- ♦ получение количественных оценок влияния рассматриваемых характеристик (показателей) факторов производства в анализируемом периоде;
- ♦ сравнение построенных эмпирических моделей как с содержательной точки зрения, так и с точки зрения их статистических характеристик;
- ♦ анализ выявленных взаимосвязей между параметрами инновационной деятельности и результирующими показателями промышленного производства в Санкт-Петербурге.

Оценка качества регрессионной зависимости по критерию Фишера производилась для 10%-го уровня вероятности ошибки первого рода (уровня значимости). Надежность оценок параметров определялась по t -статистике на 20%-м уровне значимости. Использование столь невысокого уровня значимости статистических характеристик построенных регрессионных зависимостей обусловлено двумя соображениями: а) сомнениями авторов в точности исходных статистических данных; б) малым объемом выборки по отношению к числу оцениваемых параметров.

Параметры моделей (1) и (2) оценивались стандартным методом наименьших квадратов. Для оценки параметров модели (3) использовалась двух-этапная процедура поиска решения. Исходя из ограничения на коэффициенты b ($0 < b < 1$) и C ($C > 0$), сначала подбирались их значения вместе со значениями остальных параметров таким образом, чтобы стандартная ошибка результирующей переменной с этими коэффициентами была минимальной. Затем полученные оценки коэффициентов подставлялись в (3), и оценки параметров при переменных определялись методом наименьших квадратов.

Полученные эмпирические зависимости анализировались как с содержательной (экономической) точки зрения, так и с точки зрения статистических свойств построенных регрессионных моделей. Статистически модель признавалась неадекватной в случае:

- а) неудовлетворительного качества регрессионной зависимости по критерию Фишера на выбранном 10%-м уровне значимости (превышение 10%-го уровня вероятности ошибки первого рода);
- б) ненадежности оценки параметра, относящегося к объясняющей переменной полученной эмпирической зависимости при выбранном 20%-м уровне значимости t -статистики.

В содержательном плане при оценке адекватности конкретной построенной эмпирической зависимости использовались критерии, основанные на неоклассических постулатах свойств производственной функции, с одной

стороны, и экспертные суждения — с другой. При этом модель «выбраковывалась», если: а) фактор, соответствовавший учитываемому в модели показателю (переменной), обнаруживал отрицательную предельную продуктивность; б) значения предельной продуктивности переменной инновационной деятельности или соответствовавший ей коэффициент эластичности рассматриваемого результирующего показателя оказывался неоправданно высоким.

Модели объема промышленной продукции. В производственных функциях вида (1), (2) и (3) в роли зависимой переменной выступал показатель годового объема произведенной промышленной продукции в стоимостном выражении в ценах 1999 г. (Q). В качестве аргументов в модели в разных сочетаниях использовались переменные $F, I_2, N, T, S_{2,1}, In, In_0, R, R_0$.

Построенные эмпирические зависимости объема промышленной продукции от затрат основных факторов производства и показателей инновационной деятельности обнаружили следующее:

1. По критерию Фишера практически все регрессионные зависимости оказались значимыми на 5%-м уровне.
2. Ни один из альтернативных вариантов линейной модели нельзя признать адекватным согласно сформулированным выше критериям оценки адекватности эмпирической зависимости. Все три критерия «неадекватности» встречались с примерно одинаковой частотой, что представляется вполне естественным в силу малой содержательности зависимости линейного вида. Можно говорить о том, что эмпирические данные ни статистически, ни содержательно экономически не согласуются с этим классом функциональных зависимостей.
3. Производственная функция Кобба–Дугласа продемонстрировала по сути аналогичные результаты. Единственной функцией данного типа, которую в какой-то мере можно полагать содержательной, оказалась следующая зависимость: $Q = e^{0,054} \cdot F^{0,116} \cdot N^{1,472} \cdot In_0^{0,565}$. В данной модели установленный уровень значимости оценок параметров достигается только для переменных численности работающих (N) и кумулятивных затрат на инновации (In_0). И если низкий уровень значимости оценки масштабирующего коэффициента A не особенно важен (можно полагать, что он равен 0), то значимость оценки коэффициента при F лишь на уровне свыше 50% неудовлетворительна. К тому же значение коэффициента эластичности объема промышленной продукции по затратам на инновации, равное 0,565, представляется завышенным.

Отметим, однако, что нормирование степеней при аргументах, в результате которого элиминируется возрастающая отдача от масштаба, приводит к

значению эластичности выпуска по переменной In , равному 0,26 ($Q = e^{0,054} \times [F^{0,058} \cdot N^{0,68} \cdot In_0^{0,26}]^{2,15}$), хотя и оно выглядит несколько завышенным, что можно объяснить отсутствием учета амортизации затрат на инновации [Четыркин, 1986, с. 13]. Вместе с тем заслуживает внимания следующий факт, обнаруживаемый данной функцией, а именно: пропорциональное увеличение численности занятых, кумулятивных затрат на инновации и физического капитала обеспечивает возрастающую отдачу главным образом за счет численности работающих и инновационных затрат. Этот результат выглядит вполне правдоподобно и подтверждается статистическими данными.

4. Наиболее содержательными оказались модели вида (3). Сразу четыре эмпирические зависимости имеют значимые статистические характеристики. Это функции:

$$Q = 9,488 \cdot I_2^{0,263} \cdot (1 - 0,629^{\frac{F}{T}}) \cdot T^{0,732}; \quad (4a)$$

$$Q = 15,33 \cdot In^{0,194} \cdot (1 - 0,629^{\frac{F}{T}}) \cdot T^{0,778}; \quad (4б)$$

$$Q = 0,13 \cdot I_2^{0,48} \cdot S_{2,1}^{0,78} (1 - 0,521^{\frac{F}{N}}) \cdot N^{2,22} \quad (4в)$$

$$Q = 0,295 \cdot In_0^{0,91} \cdot (1 - 0,521^{\frac{F}{N}}) \cdot N. \quad (4г)$$

Общий недостаток данных моделей — высокое значение коэффициента эластичности объема промышленного производства по переменным, относящимся к блоку инновационных.

Проведенные расчеты свидетельствуют о том, что капиталовложения с двухлетним лагом (I_2) и другие применявшиеся показатели инновационной деятельности «конфликтуют» между собой в рамках одной зависимости. Присутствие в качестве объясняющей переменной только одного из них приводит к улучшению статистических характеристик модели, хотя и дает при этом завышенное значение соответствующего коэффициента эластичности выпуска промышленной продукции. Поэтому наиболее предпочтительными в данном случае представляются модели (4а) и (4б), несмотря на то что они используют меньшее число объясняющих переменных.

Модели объема добавленной стоимости. В данном случае, как и в модели объема промышленной продукции, оценивались значения коэффициентов производственных функций вида (1), (2) и (3). При том же самом наборе объясняющих переменных в роли зависимой величины выступал показатель годового объема произведенной добавленной стоимости (D), значения которого были ранее получены расчетным путем в ценах 1999 г.

²² В этой модели оценка параметра при переменной $S_{2,1}$ значима уже на уровне 22%, оценки остальных параметров — на принятом 20%-м уровне.

Построенные эмпирические зависимости объема добавленной стоимости от затрат основных факторов производства и показателей инновационной деятельности обнаружили результаты, в значительной мере сходные с теми, что были получены для модели объема промышленной продукции:

1. Высокое значение статистики Фишера: практически во всех регрессионных зависимостях, подавляющее большинство из них оказалось значимым на 5%-м уровне.
2. Ни один из вариантов линейной модели не привел к удовлетворительным статистически и экономически содержательным результатам.
3. Модель Кобба–Дугласа в случае использования в качестве результирующего показателя добавленной стоимости промышленности также оказалась «недееспособной», обнаружив либо статистически незначимые оценки параметров, характеризующих влияние исследуемых факторов, либо их значения, не согласующиеся с принятой теоретической моделью.
4. Наилучшие результаты вновь оказались полученными по модели (3). По установленным нами критериям адекватности модели таковой оказалась зависимость (4а):

$$D = 9,3 \cdot I_2^{0,295} \cdot (1 - 0,629 \frac{F}{T}) \cdot T^{0,583}.$$

Ее относительный недостаток в том, что влияние инновационной составляющей здесь представлено косвенно, через переменную инвестиций в основные фонды I_2 . В остальном она демонстрирует вполне правдоподобные значения параметров и удовлетворительные статистические свойства. Другой моделью, также демонстрирующей содержательно адекватные значения параметров, оказалась зависимость (4б):

$$D = 9,02 \cdot I_2^{0,241} \cdot S_{2,1}^{0,117} (1 - 0,2 \frac{F}{T}) \cdot T^{0,532}.$$

Однако оценка коэффициента эластичности добавленной стоимости по переменной $S_{2,1}$ ненадежна (значима лишь на уровне 81%). Это еще раз подтверждает, что переменные $S_{2,1}$ и I_2 являются конкурирующими в рассматриваемых зависимостях и их одновременное использование в рамках одной модели нецелесообразно.

Модели производительности труда. В данном случае оцениванию подлежали значения параметров производственных функций вида (1) и (2). В качестве переменных использовались соответствующие удельные величины: V , I'_2 , $S'_{2,1}$, а также In'_1 — затраты на технологические инновации с лагом в один год, приходящиеся на одного работника промышленно-производственного персонала.

Построенные эмпирические зависимости показателя производительности труда от фондовооруженности и удельных показателей инновационной деятельности обнаружили следующие результаты:

1. По критерию Фишера практически все регрессионные зависимости оказались значимыми на 5%-м уровне.
2. Сразу несколько спецификаций линейной модели продемонстрировали вполне удовлетворительные значения статистических характеристик. В частности, таковыми являются зависимости:

$$\pi = -101\,626,87 + 0,586 \cdot V + 31,298 \cdot S'_{2,1}, \quad (2a)$$

$$\pi = -26\,522,5 + 0,79 \cdot V + 5,58 \cdot I'_2, \quad (2б)$$

$$\pi = -46\,481,5 + 894,177 \cdot V + 29,4 \cdot In'_1. \quad (2в)$$

Но во всех трех случаях оценка влияния присутствующей в модели инновационной переменной на производительность труда выглядит очевидно завышенной.

3. В содержательном и статистическом плане модели Кобба–Дугласа предпочтительнее линейных зависимостей. Сразу несколько эмпирических функций продемонстрировали статистически надежные оценки всех параметров:

$$\pi = 0,988 \cdot V^{0,657} \cdot I'^{0,447}_2; \quad (3a)$$

$$\pi = 2,8 \cdot I'^{0,388}_2 \cdot S'^{0,875}_{2,1}; \quad (3б)$$

$$\pi = 167,3 \cdot V^{0,817} \cdot In'^{0,359}_1. \quad (3в)$$

В содержательном плане наиболее предпочтительной представляется модель (3в). Как и в случае с моделями объема промышленной продукции и добавленной стоимости, удельные показатели капиталовложений и инновационных затрат оказываются конкурирующими переменными за влияние на уровень производительности труда. Правда, здесь их совместное использование в рамках модели (3б) показывает, что сконструированная лаговая переменная удельных затрат на исследования и технологические инновации $S'_{2,1}$ в большей мере влияет на производительность труда в сравнении с переменной I'_2 , представляющей собой лаговые удельные инвестиции в основные фонды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование дает основания сформулировать ряд выводов методологического характера, с одной стороны, и эмпирического, относящегося к влиянию инновационной деятельности на промышленность Санкт-Петербурга, — с другой. В области методологии оценки влияния

инновационной деятельности на эффективность производства на уровне макроэкономических систем можно утверждать, что традиционные неоклассические модели технологии производства (неоклассические макроэкономические производственные функции) нельзя считать адекватными рассматриваемой задаче, постулируемые в них свойства не соответствуют объекту моделирования в эмпирических исследованиях.

Переменные, характеризующие инновационный процесс, должны отражать специфику его влияния на производственную деятельность рассматриваемой макросистемы, в связи с чем их присутствие в функциональной зависимости в форме, симметричной переменным затратам материальных ресурсов, представляется неоправданным.

Эмпирическая часть исследования дает основания к следующим заключениям в части моделирования влияния инновационного процесса на эффективность производства в промышленности Санкт-Петербурга.

В силу малого количества наблюдений использование лаговых переменных приводит к получению незначимых оценок параметров эмпирических функций.

Одновременное использование нескольких показателей, прямо или косвенно характеризующих инновационный процесс в промышленности, представляется нецелесообразным, поскольку они оказываются «конкурирующими» при распределении воздействия инновационного процесса на эффективность производства.

Полученные по разным моделям оценки влияния инновационной деятельности на эффективность промышленности Санкт-Петербурга представляются несколько завышенными, но при этом они внутренне непротиворечивы. Так, в модели валового объема промышленного производства вида (3) (макроэкономическая производственная функция (46)) коэффициент его эластичности по переменной I_n (величина годовых затрат на технологические инновации) равнялся 0,194. В случае показателя добавленной стоимости в модели вида (3) (макроэкономическая производственная функция (4а)) его эластичность по переменной I_2 (инвестиции в основные фонды промышленных предприятий города с двухлетним лагом) составила 0,295. Если учесть, что данный показатель служит не только характеристикой инновационного процесса, но и отражает изменение величины имеющихся основных фондов, то полученное значение эластичности вполне согласуется со значением коэффициента эластичности валового объема промышленного производства по I_n .

Зависимость производительности труда в промышленности обнаруживает значительно более высокое в сравнении с валовым объемом и добавленной стоимостью воздействие инновационных переменных. Модель вида (2) (производственная функция (3в)) дает значение эластичности результирующего показателя по переменной I_n' (приходящиеся на одного

работника затраты на технологические инновации с лагом в один год), равное 0,359. Заслуживает внимания то, что в зависимости (3а) коэффициент эластичности производительности труда по переменной I'_2 , представляющей собой лаговые удельные инвестиции в основные фонды, равен 0,447, что вполне согласуется со значением эластичности по аргументу In'_1 .

Приведенные оценки влияния характеристик инновационного процесса в промышленности Санкт-Петербурга подтверждают гипотезу о том, что технологические инновации являются существенным фактором ее роста.

Литература

- Бондаренко С. В. Сети знаний как инструмент противодействия преступности // Государство и право. 2003. № 10. С. 90–91.
- Варшавский А. Е. Научно-технический прогресс в моделях экономического развития. М.: Финансы и статистика, 1984.
- Варшавский А. Е. Научоемки отрасли и высокие технологии: определение, показатели, техническая политика, удельный вес в структуре экономики России // Экономика современной России. 2000. № 2. С. 61–83.
- Гранберг А. Г. Динамические модели народного хозяйства. М.: Экономика, 1985.
- Конкурентоспособность и модернизация экономики // Материалы V международной научной конференции. Государственный университет — Высшая школа экономики при поддержке Всемирного банка, Международного валютного фонда и Фонда «Бюро экономического анализа». Москва, 2004 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.hse.ru/ic5/materials.html>
- Кучин Б. П., Якушева Е. В. Управление развитием экономических систем: технический прогресс, устойчивость. М.: Экономика, 1990.
- Макаров В. Л., Варшавский А. Е., Львов Д. С. Инновационный менеджмент в России: вопросы стратегического управления и научно-технической безопасности. М.: Наука, 2004.
- О стратегии развития Российской Федерации в области развития науки и инноваций до 2010 года. Заседание Правительства Российской Федерации (15 декабря). Федеральное агентство по науке и инновациям. 2005 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.fasi.gov.ru/news/press-c/432/>
- Поршнев А. Г. и др. Модернизация российской экономики и государственное управление. М.: Изд-во УРСС, 2006.
- Промышленность Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Статистический сб. СПб.: Госкомстат России; Санкт-Петербургский комитет государственной статистики, 2001.
- Промышленность Санкт-Петербурга и Ленинградской области в 2004 году. Статистический сб. СПб.: Федеральная служба государственной статистики; Территориальный орган по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области, 2005.
- Федотов Ю. В. Методы и модели построения эмпирических производственных функций. СПб.: Издательство С.-Петербур. ун-та, 1997.

- Федотов Ю. В. Производственные функции: к вопросу о формальном определении и объекте моделирования // Научные доклады (9). СПб.: Центр управленческих и институциональных исследований, факультет менеджмента СПбГУ, 2000.
- Четыркин Е. М. Производительность труда и научно-технический прогресс: опыт разработки производственной функции // Теория и практика статистического моделирования экономики / Под ред. Е. М. Четыркиной, А. М. Клас. М.: Финансы и статистика, 1986. С. 11–26.
2006. *Промышленность* Санкт-Петербурга. СПб.: Алес, 2006.
- Afuah A. Innovation Management: Strategies, Implementation and Profits. 2nd ed. N. Y., Oxford: Oxford University Press, 2003.
- Antonelli G., De Liso N (eds). Economics of Structural and Technological Change. London; N. Y.: Routledge, 1997.
- Baldone S. From Surrogate to Pseudo Production Functions // Cambridge Journal of Economics. 1984. Vol. 8. P. 271–288.
- Boskin M. J., Lau L. J. Capital, Technology and Economic Growth // Technology and the Wealth of Nations / Eds. N. Rosenberg, R. Landau, D. C. Mowery. Stanford, CA: Stanford University Press, 1997. P. 17–55.
- Chambers R. G. Applied Production Analyses: A Dual Approach. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- Edquist C. Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations. London; Washington: Pinter, 1997.
- Freeman C. Japan: A New National Innovation System? // Technology and Economy Theory / Eds. G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete. London: Pinter, 1988.
- Gomulka S. The Theory of Technological Change and Economic Growth. London; N. Y.: Routledge, 1990.
- Johansen L. Production Functions: An Intergration of Micro and Macro, Short and Long Run Aspects. Amsterdam-London: North-Holland, 1972.
- Lakhwinder S. Innovations, High-Tech Trade and Industrial Development: Theory, Evidence and Policy. United Nations University: World Institute for Development Economics Research. Research Paper N 27. 2006 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.wider.unu.edu/publications/publications.htm>
- Lundvall B. Å. Product Innovation and User-Producer Interaction, Industrial Development. Research Series N 31. Aalborg: Aalborg University Press, 1985.
- Rosefelde S. (ed.). Efficiency and Russia's Economic Recovery Potential to the Year 2000 and beyond. Singapore: Ashgate Publishing Company, 1998.
- Shephard R. W. Indirect Production Functions. Mathematical Systems in Economics N 10. Berlin: Verlag Anton Hain, 1974.
- Solow R. M. Growth Theory: An Exposition. 2nd ed. N. Y., Oxford: Oxford University Press, 2000.
- Sutton J. Technology and Market Structure: Theory and History. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press, 1999.

Статья поступила в редакцию 29 декабря 2006 г.