

Анализ инновационной деятельности фирм в рамках CDM подхода

Факторы инновационной деятельности компаний и оценка эффективности инноваций остаются актуальными темами исследований современной экономики. Специфика инновационного процесса обусловила рост популярности структурного моделирования в рамках CDM подхода в академических исследованиях. Он позволяет изучать влияние инновационной деятельности компании на ее экономические результаты. В статье проанализированы эмпирические исследования, осуществленные на основе CDM подхода.

Ключевые слова: CDM модель, инновации, анализ производительности.
JEL: O31, O32, D22, D24.

Измерить экономическую эффективность инвестиций фирм в инновации довольно сложно. Как, например, оценивать эффективность НИОКР в компании Apple? Проще всего сопоставить R&D расходы компании и ожидаемые денежные потоки. Однако этот подход больше применим для анализа инвестиций в физический капитал: здания, оборудование и т. п. Инвестиции в инновации имеют заметную специфику. Во-первых, имеет смысл разделять как минимум два этапа в инновационном процессе: создание нового знания (например, разработка нового iPad или программного обеспечения) и непосредственная коммерциализация этого знания, ведущая к росту продаж новых продуктов или снижению издержек компании. Во-вторых, каждый из этих этапов характеризуется высокой неопределенностью как во времени, так и в размере отдачи. В-третьих, трудно определить каузальность процессов инвестирования, создания новых знаний и получения экономического эффекта фирмы. Они обуславливают друг друга. Наконец, фирма может быть инновационной и без формальных инвестиций в НИОКР — используя аутсорсинг, проводя неформальные исследования, приобретая интеллектуальную собственность, передовое оборудование и т. п. Если не учитывать эти моменты, то оценка эффективности инвестиций фирм в инновации будет искажена.

Все эти затруднения при анализе инноваций на микроуровне учтены в CDM подходе, позволившем комплексно изучать процесс создания новых знаний. В статье рассмотрены наиболее заметные эмпирические исследования в рамках этого подхода, кратко описаны генезис подхода и результаты, полученные на его основе. Определены достоинства и недостатки CDM подхода, его место и значимость в современных академических исследованиях инновационной деятельности компаний.

Теплых Григорий Васильевич (teplykhgv@gmail.com), младший научный сотрудник Научно-учебной лаборатории междисциплинарных эмпирических исследований, Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики (Пермь).

Изучение инновационности фирм в истории науки

Выявлению взаимосвязи инноваций и эффективности компаний начиная с 1960-х годов посвящено огромное число академических исследований. В работах изучается влияние на экономические показатели компаний их инновационных усилий, выраженных в форме расходов на исследования и разработки (R&D расходы, расходы на НИОКР). Исторически это первый показатель оценки «капитала знаний» — его использовали Ц. Грилихес, Э. Мансфилд, Дж. Минасян и др. (Griliches, 1964; Mansfield, 1965; Minasian, 1969). Анализ эффективности инновационной деятельности при этом обычно осуществлялся на основе производственной функции компаний с учетом их «инновационного капитала», рассчитываемого на основе временного ряда инвестиций в НИОКР.

Расходы на НИОКР как финансовый показатель позволяют напрямую оценивать инвестиции в инновации. Другое преимущество показателя связано с открытостью данных. Тем не менее R&D расходы как измеритель инноваций подвергаются критике из-за ряда недостатков: неопределенности между инвестициями и реальной экономической отдачей, большого лага между инвестициями и отдачей, различной эффективностью фирм в создании инноваций и т. д. (Griliches, 1979; 1998; Antonelli, Colombelli, 2011). Ц. Грилихес отмечает, что R&D расходы следует понимать как некий «вход» в инновационной деятельности фирмы, а не как ее «результат» (Griliches, 1979).

Важным шагом в исследовании инноваций на микроуровне стала работа А. Пейкса и Ц. Грилихеса (Pakes, Griliches, 1984). Авторы разделяют инновационные усилия фирмы R (R&D расходов) и результат этих усилий в форме прироста капитала знаний $\partial K = f_1(R)$. Расходы на НИОКР воплощаются в инновации, которые влияют на экономическую эффективность $Z = f_2(\partial K)$. Новое знание невозможно измерить напрямую, но его можно оценить через какой-либо индикатор результата инноваций, например число патентов $P = f_3(\partial K)$.

Появившиеся в 1980–1990-х годах статьи, развивающие концепцию Пейкса и Грилихеса, как правило, не содержали достаточно качественных результатов. Причина во многом связана с отсутствием на тот момент надежного индикатора знаний. Патенты отражают лишь часть создаваемого нового знания, их ценность весьма неоднородна, порой число патентов отражает эффективность фирмы хуже, чем R&D расходы (Griliches, 1998. P. 287–343).

Другой проблемой в анализе является эндогенность R&D расходов. Фирмы принимают решение об инвестициях в инновации, ориентируясь на ожидаемую отдачу от них (Griliches, 1979; Jefferson et al., 2006). Также модель Пейкса–Грилихеса исключает фирмы, не инвестирующие в НИОКР. Однако эти формально не-инновационные компании могут в реальности создавать новое знание или приобретать его на рынке в форме технологий, прав, лицензий и т. д. Исключение этих компаний при эмпирическом анализе может вести к значительной ошибке отбора (Griffith et al., 2006).

Модель CDM

Исследование Б. Крепона, Э. Дюге и Ж. Майресса стало важной вехой в науке (Crépon et al., 1998). В научной среде этот подход получил название «CDM подход» (сокращение по первым буквам фамилий авторов).

Новизна модели Крепона, Дюге и Майресса заключается в ряде моментов (Crépon et al., 1998; Hall, Mairesse, 2006; Lödf, Heshmati, 2006). Прежде всего, авторы объединили разные направления исследования инноваций: факторы инновационности, функцию производства знаний и производственную функцию компаний с учетом капитала знаний. Эта комплексная модель включает решение фирмы об инновациях, размер инвестиций в инновации («инновационный вход»), результат инноваций («инновационный выход») и экономический результат компании. Включение в анализ решения фирмы об инвестициях позволило учесть формально неинновационные компании и избежать смещения из-за ошибки отбора. Авторы использовали комплексный подход к эконометрическому анализу своей модели, который позволил учесть ошибку отбора, одновременность, ведущую к эндогенности некоторых переменных (например, R&D расходов и прокси инноваций), а также то, что показатели могут иметь различную статистическую природу (непрерывные, целочисленные, порядковые). Наконец, построение и эмпирический анализ модели во многом стали возможны благодаря проведению опросов CIS (Community Innovation Survey) в странах Евросоюза с 1990-х годов. Опросы содержат ряд недоступных ранее индикаторов источников и результатов инновационной активности компаний.

Оригинальная модель CDM является системой из четырех уравнений. Авторы рассматривают две близкие версии модели, различающиеся последними двумя уравнениями.

Первые два уравнения определяют размер инвестиций фирмы в инновации. Первое уравнение (1) (уравнение отбора) описывает решение фирмы об участии в инновационной деятельности, где g_i^* — латентная зависимая переменная. При превышении g_i^* некоего порогового уровня \hat{g} фирма инвестирует в инновации. Второе уравнение (2) определяет латентную инновационную интенсивность k_i^* . Для фирм, которые решили осуществлять инвестиции, она совпадает с фактической интенсивностью, то есть $k_i^* = k_i$ при $g_i^* > \hat{g}$. Авторы измеряют k_i как логарифм накопленных расходов на инновации в расчете на сотрудника. Подсистемы (1) и (2) представляют собой модель Тобит 2-го типа (Тобит II)¹:

$$g_i^* = x_{0i} b_0 + u_{0i}, \quad (1)$$

$$k_i^* = x_{1i} b_1 + u_{1i}. \quad (2)$$

¹ Тобит-модели используются, когда зависимая переменная непрерывна и ограничена. В данном случае это инвестиции в инновации, которые не могут принимать отрицательного значения. Тобит II (или обобщенный Тобит) представляет собой систему из двух уравнений: уравнение отбора, оцениваемое на всей выборке, и второе уравнение, которое анализируется только в случае положительного отбора в первом уравнении. В данном случае уравнение отбора (1) показывает, будет ли фирма инвестировать в инновации, а выражение (2) — если да, то сколько.

Третье уравнение — функция инноваций (или производственная функция знаний) — связывает латентные инновационные усилия k_i^* и инновационный результат. Крепон с соавторами предлагают два прокси для результата инноваций — число апплицированных патентов в расчете на сотрудника n_i^* и доля инновационных продаж t_i^* . В зависимости от используемого показателя они рассматривают два варианта функции инноваций (3а) и (3б):

$$n_i^* = E(n_i | k_i^*, x_{2i}, u_{2i}; a_k, b_2) = \exp(a_k k_i^* + x_{2i} b_2 + u_{2i}), \quad (3a)$$

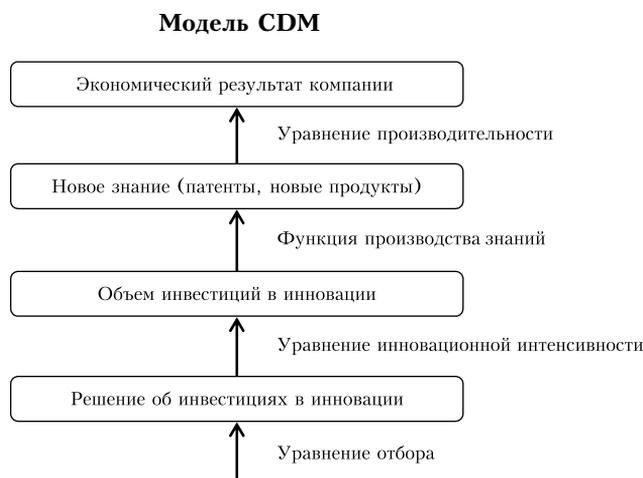
$$t_i^* = a_k k_i^* + x_{2i} b_2 + u_{2i}. \quad (3b)$$

Четвертое уравнение — уравнение производительности работника q_3 , зависящее от латентного инновационного результата. По сути, это трансформированная производственная функция Кобба—Дугласа с фактором капитала знаний. В зависимости от прокси инноваций оно также оценивается в двух вариантах (4а) и (4б):

$$q_i = a_l \ln(n_i^*) + x_{3i} b_3 + u_{3i}, \quad (4a)$$

$$q_i = a_l t_i^* + x_{3i} b_3 + u_{3i}. \quad (4b)$$

В предложенной системе $x_{0i}, x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}$ — векторы объясняющих переменных; $a_k, a_l, b_0, b_1, b_2, b_3$ — векторы коэффициентов; $u_{0i}, u_{1i}, u_{2i}, u_{3i}$ — ошибки в уравнениях. Модель схематично представлена на рисунке.



Источник: Crépon et al., 1998.

Рис.

Ошибки в системе уравнений (1)–(4) могут быть коррелированы, что связано с сильной эндогенностью и одновременностью в модели. Авторы решают эту проблему, проводя оценку в два этапа. На первом уравнения системы оцениваются в редуцированной форме с раскрытием параметров предшествующих уравнений. При этом каждое уравне-

ние оценивается наиболее релевантным методом, который учитывает тип зависимой переменной: (1) и (2) — Тобит II, (6a) — метод квази-максимального правдоподобия (квази-MLE) с отрицательными биномиальными остатками, (3b) — порядковый пробит, (4a) и (4b) — метод наименьших квадратов (OLS) с робастной ковариационной матрицей. На втором этапе полученные вспомогательные значения параметров используются для одновременной оценки структурной модели асимптотическим методом наименьших квадратов (ALS).

Эмпирическая оценка авторами модели (1)–(4) на данных французских фирм за 1986–1990 гг. выявила наличие значимой цепочки связей: инвестиции в НИОКР влияют на появление новых знаний в форме патентов и продуктов, которые, в свою очередь, влияют на производительность фирмы. Крепон с соавторами обнаружили, что вероятность инвестиций в R&D определяется размером фирмы, ее рыночной долей, влиянием спроса и технологического сдвига. Объем инвестиций для фирм, решивших участвовать в НИОКР, зависит в целом от тех же факторов, кроме размера. Анализ обеих версий модели (с патентами и долей инновационных продаж) показал, что создание новых знаний зависит от спроса и технологии. Производительность фирмы помимо инноваций также зависит от качества рабочей силы и капиталоемкости.

Для подтверждения оправданности применяемого эконометрического инструментария (ALS) Крепон с соавторами оценивают модель с помощью более простых методов (MLE, 2SLS, OLS)². Сравнение оценок показало, что в системе (1)–(4) есть большая проблема наложения ошибок одновременности и селективности, которые могут усиливать друг друга. Применение альтернативных методов дает смещение коэффициентов из-за эндогенности R&D расходов и ошибки отбора. Кроме того, предложенный метод вычислительно прост, в частности, по сравнению с GMM³.

Структурное моделирование в рамках CDM подхода

Модели CDM посвящено значительное число исследований, разделяющих близкое — системное — видение процесса инноваций. Работы в рамках подхода базируются на определенной структуре, которая связывает несколько этапов инновационной деятельности фирмы в одну модель. В таблице представлены краткий перечень и характеристики наиболее известных и примечательных работ в рамках CDM подхода.

Во всех этих работах применен системный подход к анализу инноваций Крепона с соавторами (см. таблицу), но они заметно различаются по структуре модели, методам оценки и анализируемой выборке. Результаты исследований также различаются.

² MLE — метод максимального правдоподобия, 2SLS — двухшаговый метод наименьших квадратов.

³ GMM — обобщенный метод моментов.

Исследования в рамках CDM подхода

Авторы	Страна и размер выборки (число фирм)	Отрасль	Период анализа
Crépon, Duguet, Mairesse (1998)	Франция (4164)	Промышленность (18 отраслей и около 600 рыночных сегментов)	1986–1990*
Löf, Heshmati (2002)	Швеция (619)	Промышленность	1996*
Mairesse, Mohnen (2002)	Бельгия (182), Дания (223), Германия (1070), Ирландия (259), Италия (845), Нидерланды (666), Норвегия (150)	Промышленность	1992*
Löf, Heshmati, Asplund, Nääs (2003)	Финляндия (1062), Норвегия (1315), Швеция (746)	Промышленность (17 отраслей)	1994–1996*
Janz, Löf, Peters (2004)	Германия (575), Швеция (474)	Наукоемкие отрасли промышленности	1998–2000*
Benavente (2006)	Чили (488)	Промышленность	1997–1998*
Chudnovsky, López, Pupato (2006)	Аргентина (718)	Промышленность, сфера услуг, добыча ископаемых (около 20 отраслей)	1992–1996, 1998–2001** (2 опроса)
Duguet (2006)	Франция (4085)	Промышленность (около 20 отраслей)	1985–1990*
Griffith, Huergo, Mairesse, Peters (2006)	Франция (3625), Германия (1123), Испания (3588), Великобритания (1904)	Промышленность (10 отраслей)	1998–2000*
Jefferson, Huamao, Xiaojing, Xiaoyun (2006)	Китай (5451)	Промышленность, (крупные и средние предприятия)	1997–1999**
Leeuwen van, Klomp (2006)	Нидерланды (2985)	Промышленность, сфера услуг	1994–1996*
Löf, Heshmati (2006)	Швеция (3190)	Промышленность, сфера услуг, ЖКХ	1996–1998*
Parisi, Schiantarelli, Sembenelli (2006)	Италия (465)	Промышленность	1992–1994, 1995–1997** (2 опроса)
Roud (2007)	Россия (3408)	Наукоемкие отрасли промышленности	2005*
Johansson, Löf (2008)	Швеция (2094)	Промышленность, сфера услуг	1998–2000*
Masso, Vahter (2008)	Эстония (1467 и 992)	Промышленность	1998–2000, 2002–2004 (2 опроса)*
Mansury, Love (2008)	США (206)	Сфера услуг	2000–2003*
Heshmati (2009)	Швеция (1694)	Промышленность, сфера услуг	1996–1998*
Mairesse, Robin (2009)	Франция (3518 и 4831 – промышленность, 3467 – сфера услуг)	Промышленность, сфера услуг	1998–2000 (1 опрос), 2002–2004 (2 опроса)*
Musolesi, Huiban (2010)	Франция (416)	Инновационные секторы сферы бизнес-услуг (KIBS)	1998–2000*
Vakhitova, Pavlenko (2010)	Украина (792)	Промышленность	2004–2006*

Авторы	Страна и размер выборки (число фирм)	Отрасль	Период анализа
Damijan, Kostevc, Rojec (2011)	Словения (1454, 1777, 2518 и 2564)	Промышленность	1996, 1998, 2000, 2002 (4 опроса)*
Raymond, Mairesse, Mohnen, Palm (2013)	Франция (1091, 1920 и 1416), Нидерланды (917, 1228 и 722)	Промышленность	1994–1996, 1998–2000, 2002–2004 (3 опроса)**
Terlykh (2014)	Великобритания, Франция, Германия, Испания, Италия (429 по всем странам)	Промышленность	2004–2011**

* Кросс-секционные данные.

** Панельные данные, включая несбалансированную панель.

Источник: составлено автором.

Структура моделей в рамках CDM подхода

Модель CDM обеспечивает широкие возможности для анализа компаний. В последующих работах в рамках CDM подхода рассматриваются варианты систем уравнений инноваций, модифицирующие исходную модель (1)–(4). Они различаются по таким аспектам, как:

- состав уравнений в системе;
- связь между показателями уравнений;
- показатели, измеряющие инновационную интенсивность, создание новых знаний и конечный экономический результат фирмы.

Во многих работах повторяется изначальная система из четырех элементов: уравнения отбора, инновационная интенсивность, функция инноваций и уравнение производительности. Система усложняется, если в нее включаются сразу две инновационные функции для разных типов новых знаний, например создание новых продуктов и процессов (Griffith et al., 2006; Masso, Vahter, 2008; Mairesse, Robin, 2009). В. Раймонд с соавторами детализируют функцию производства знаний, разделяя ее на два последовательных уравнения: создает ли фирма новые продукты, и если да, то какова доля ее инновационных продаж (Raymond et al., 2013). Ряд ученых, наоборот, упрощают модель, рассматривая лишь два уравнения, связанные с инновационными усилиями (Mairesse, Mohnen, 2002; Johansson, Lödf, 2008), или только функцию инноваций и эффективности компании (Duguet, 2006; Parisi et al., 2006; Musolesi, Huiban, 2010; Damijan et al., 2011). Г. Джефферсон с соавторами не учитывают в анализе уравнение отбора и исследуют только фирмы, осуществляющие R&D (Jefferson et al., 2006).

Ключевая цепочка связей «инновационные усилия — новые знания — результат компании» сохраняется в большинстве работ по CDM подходу, так как относится к теоретическому фундаменту инновационных исследований. Некоторые авторы учитывают прямое влияние R&D на результат фирм (Heshmati, 2009; Terlykh, 2014). Это можно объяснить тем, что даже при отсутствии конкретных результатов

проведение НИОКР содействует накоплению неформальных знаний у работников компаний. Для учета обратного эффекта конечный показатель эффективности фирм можно включать в уравнение интенсивности инноваций или функции инноваций (Löf, Heshmati, 2002; Löf et al., 2003; Löf, Heshmati, 2006; Roud, 2007; Heshmati, 2009). Этот эффект проявляется в том, что рост продуктивности фирмы обеспечивает большие возможности и стимулы для проведения НИОКР, а также влияет на способность создавать новое знание. Некоторые исследователи учитывают динамический характер инновационного процесса с помощью временных лагов между уравнениями системы (Jefferson et al., 2006; Raymond et al., 2013).

Для измерения инновационной активности наиболее часто используют инвестиции фирм в R&D — в абсолютном выражении или в расчете на одного работника («инновационная интенсивность»). Реже вместо R&D берут общие расходы компаний на инновационную деятельность (Chudnovsky et al., 2006; Masso, Vahter, 2008), ведь это более широкое понятие, которое включает расходы на покупку внешних знаний (технологий). А. Мусолеси и Ж.-П. Хайбан вместо количественных показателей используют набор дамми для разных источников инноваций, разделяя собственные R&D расходы фирмы, R&D сторонних организаций и приобретение технологий (Musolesi, Huiban, 2010).

Авторы работ в рамках CDM подхода рассматривают разные показатели создаваемого знания: доля инновационных продаж (Jefferson et al., 2006), объем продаж новых товаров в расчете на сотрудника (Janz et al., 2004), число патентов (Crépon et al., 1998) или дамми, отражающие создание инноваций (Duguet, 2006; Parisi et al., 2006). В последнем случае функция инноваций отражает создание новых продуктов или процессов (Parisi et al., 2006; Masso, Vahter, 2008; Musolesi, Huiban, 2010) либо создание инкрементальных или радикальных инноваций (Duguet, 2006). Это позволяет разделить процессы формирования разных типов знаний, что углубляет анализ инновационной активности.

В качестве конечного показателя экономической эффективности компании обычно рассматривают производительность труда по добавленной стоимости (Benavente, 2006), выручке (Janz et al., 2004), объему выпуска (Parisi et al., 2006) или прибыли (Jefferson et al., 2006). Показатели роста производительности (Duguet, 2006; Löf, Heshmati, 2006; Heshmati, 2009) позволяют оценить влияние инноваций на экономическую динамику фирмы, а также сглаживают влияние фиксированных (постоянных) эффектов.

Инструментарий анализа

Модель CDM требует применения релевантного эконометрического инструментария для оценки. Необходимо учитывать ошибку отбора, статистический тип зависимых переменных, эндогенность ряда показателей и коррелированность ошибок в уравнениях системы.

Существуют разные методы оценки модели. Можно выделить два крупных подхода к ее анализу: одновременная и пошаговая оценка.

Одновременная оценка системы уравнений позволяет максимально учесть корреляцию ошибок между ними и дает более качественные результаты. Недостаток подхода состоит в необходимости априорных и достаточно строгих предположений о совместном распределении остатков и в вычислительных сложностях. Модель CDM достаточно редко оценивается с помощью полностью одновременной процедуры. Например, Ж. Майресс и С. Робин, Раймонд и др. делают это на основе метода максимального правдоподобия (Mairesse, Robin, 2009; Raymond et al., 2013).

Крепон с соавторами, а также Бенавенте применяют процедуру ALS, включающую две стадии. На первой каждое уравнение оценивается отдельно с учетом типа зависимой переменной, на второй полученные вспомогательные значения параметров используются для оценки всей системы (Crépon et al., 1998; Benavente, 2006). При этом Крепон с соавторами приводят как теоретические, так и эмпирические доводы в пользу того, что их метод дает более надежные и несмещенные результаты, чем MLE или пошаговая инструментальная оценка.

В рамках второго подхода уравнения оцениваются поэтапно, при этом для учета эндогенности «входа» и «выхода» инноваций и ошибки отбора каждый последующий этап в системе может задействовать прогнозные значения показателей из предыдущих уравнений. При этом некоторые уравнения из системы могут оцениваться одновременно, в результате подход к оценке, по сути, становится «промежуточным». Пошаговый и промежуточный подходы разделяют большинство исследователей.

Для оценки первых двух уравнений, определяющих инновационную активность фирмы (Тобит II), обычно применяется MLE или двухшаговая процедура Хекмана⁴. Функция инноваций оценивается с учетом статистического типа зависимой переменной. При применении инновационных дамми может применяться пробит (Musolesi, Huiban, 2010; Griffith et al., 2006), двумерный пробит (Masso, Vahter, 2008), логит, логит со случайными эффектами или условный логит (Parisi et al., 2006). Для ранговых переменных используются порядковый пробит (Crépon et al., 1998; Benavente, 2006), порядковый логит (Duguet, 2006) или множественный логит (Chudnovsky et al., 2006). Для целочисленных показателей (например, число патентов) можно использовать квази-MLE с разными вариантами распределения ошибок (Crépon et al., 1998). Для оценки инновационной функции и уравнения производительности часто используется инструментальная оценка: 2SLS (Janz et al., 2004; Jefferson et al., 2006), 3SLS⁵ (Löf, Heshmati, 2006; Roud, 2007), GMM (Duguet, 2006) и т. п. Эти два уравнения могут оцениваться как одновременно на основе MLE (Musolesi, Huiban, 2010), так и пошагово путем подстановки прогноза эндогенной переменной из прошлых уравнений (Duguet, 2006; Masso, Vahter, 2008; Heshmati, 2009).

⁴ Процедура Хекмана предполагает поочередное оценивание уравнений в модели Тобит II.

⁵ 3SLS — трехшаговый метод наименьших квадратов.

Анализируемая выборка

Исследование инноваций в рамках структурного моделирования обычно выполняется на базе Community Innovation Survey (CIS)⁶ и опросов с сопоставимой методологией. Во многих работах исследуется инновационная деятельность фирм в странах Евросоюза: Франции, Италии, Швеции, Нидерландах, Словении, Эстонии и т. п. В ряде работ исследуются данные стран с формирующимся рынком — Чили, Аргентина, Китай, Россия, Украина и др. Единая методология CIS сделала возможным проведение межстрановых сопоставлений (Mairesse, Mohnen, 2002; Lööf et al., 2003; Janz et al., 2004; Griffith et al., 2006). Из-за отсутствия соответствующих опросов исследования до недавнего времени редко касались компаний США (например, Mansury, Love, 2008). Однако с 2008 г. среди американских фирм проводятся опросы Business R&D and Innovation Survey (BRDIS)⁷ по методологии, в целом сопоставимой с CIS (Hall, 2011).

Работы в рамках CDM подхода преимущественно базируются на широкой выборке компаний различных отраслей. В некоторых исследованиях проводятся межотраслевые сравнения на основе отдельного анализа производства и сферы услуг (Mairesse, Robin, 2009; Lööf, Heshmati, 2006). Иногда ученые ограничиваются наиболее инновационными секторами экономики (Roud, 2007; Musolesi, Huiban, 2010).

С 1992 г. проведено нескольких волн CIS, что позволяет осуществлять межвременной анализ инновационной деятельности. Тем не менее очень мало работ, в которых в рамках CDM подхода исследуются изменения во времени. Д. Чудновски с соавторами используют модель с учетом фиксированных эффектов на основе панельных данных двух опросов (CIS2 и CIS3) (Chudnovsky et al., 2006). Я. Массо и П. Вахтер отдельно оценивают модели для двух волн опроса по Эстонии и сравнивают их (Masso, Vahter, 2008). Г. Джефферсон с соавторами используют сбалансированную панель по китайским фирмам для анализа динамической модели (Jefferson et al., 2006). Раймонд с соавторами также строят модель в динамике, но по несбалансированной панели (Raymond et al., 2013). М. Л. Париси с соавторами оценивают динамическую модель роста производительности со случайными эффектами (Parisi et al., 2006). Мы оцениваем модель по одной выборке за два периода для выявления сдвига, вызванного кризисом 2008 г. (Teplykh, 2014).

Большинство ученых ограничиваются изучением кросс-секционных данных или сознательно, как Ж. Дамиян с соавторами, переводят данные из разных волн опроса в одну объединенную выборку (Damijan et al., 2012). Межвременной анализ затрудняется тем, что обычно небольшое число фирм попадает в перечень респондентов разных волн опроса. Кроме того, есть непроверяемая ошибка отбора, связанная с тем, что в каждом следующем опросе принимают участие только «выжившие» фирмы.

⁶ www.epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/microdata/cis.

⁷ www.nsf.gov/statistics/industry.

Основные результаты исследований

Результаты анализа компаний на базе инновационных опросов разных стран и отраслей в целом сопоставимы и отражают тесную связь R&D расходов, новых знаний и экономического результата. При этом оценки коэффициентов при ключевых переменных модели (R&D интенсивность в функции производства знаний и инновационный результат в уравнении производительности) в целом очень близки у разных ученых (Janz et al., 2004; Griffith et al., 2006; Lööf, Heshmati, 2006; Mairesse, Robin, 2009; Musolesi, Huiban, 2010; Hall, 2011). Выбивается из общего ряда работа Х. Лёфа с соавторами, в которой выявлено значительное расхождение в моделях Скандинавских стран (Lööf et al., 2003). Ж. Бенавенте показывает, что в Чили R&D расходы и объем инновационных продаж незначимы, но объясняет это спецификой развивающейся чилийской экономики (Benavente, 2006).

В набор экзогенных факторов уравнений структурной модели обычно входят следующие характеристики фирмы: размер, рыночная доля, форма собственности, конкуренция в отрасли, влияние спроса и технологии и т. п. По этим переменным результаты обычно сильно отличаются, что обусловлено региональной и отраслевой спецификой.

Исследования показывают, что создание новых продуктов и процессов зависит от разных факторов. Инновационные усилия самой компании сильнее влияют на создание новых продуктов, нежели процессов. Процессные инновации при этом значимо зависят от инвестиций фирмы в основной капитал, расходов на приобретение новых внешних технологий и инноваций (Parisi et al., 2006; Mairesse, Robin, 2009; Masso, Vahter, 2008; Chudnovsky et al., 2006; Musolesi, Huiban, 2010).

Большинство ученых считают, что создание новых продуктов наиболее значимо влияет на эффективность фирмы (Musolesi, Huiban, 2010; Griffith et al., 2006; Mairesse, Robin, 2009). По мнению Б. Халл, процессные инновации значимы только при определенной рыночной силе фирм (Hall, 2011). Она предлагает два объяснения этого феномена: 1) фирмы, обладающие рыночной властью, действуют на неэластичной области кривой спроса, и внедрение эффективных процессных инноваций может снижать их производительность; 2) недостаточная точность дамми-показателей. Париси с соавторами, анализируя модель в длинных разностях (эта форма более устойчива к ошибкам измерения), приходят к обратному выводу: процессные инновации сильнее влияют на рост производительности (Parisi et al., 2006). По мнению Массо и Вахтера, значимость новых продуктов и процессов в Эстонии меняется со временем, что связано с макроэкономическими условиями (Masso, Vahter, 2008).

Э. Дюге, разделяя инновации по силе на радикальные и инкрементальные (незначительные, но постепенные), считает, что только первые обеспечивают существенный вклад в рост общей факторной производительности. При этом детерминанты создания этих инноваций различны: радикальные инновации в основном возникают из сложного знания в ходе инновационной деятельности самой фирмы, а инкрементальные опираются на неформальные исследования и адаптацию технологий других компаний (Duguet, 2006).

Следует отметить, что индикаторы качества рабочей силы многие авторы считают значимым фактором в уравнении производительности помимо инноваций (Crépon et al., 1998; Lööf, Heshmati 2002; Lööf, Heshmati 2006; Venavente, 2006; Roud, 2007). Иными словами, для успешной трансформации новых знаний в экономический эффект фирме необходимы соответствующие высококвалифицированные человеческие ресурсы.

Научная значимость CDM подхода

Модель CDM, развивая теоретические идеи Грилихеса (Griliches, 1979) и Пейкса—Грилихеса (Pakes, Griliches, 1984) представляет собой более сложное и подробное видение процесса инновационной деятельности компаний. Она в комплексе охватывает все стадии производства и использования нового знания — от принятия инвестиционного решения до получения экономического эффекта. Инновационные опросы обеспечили большую и достаточно репрезентативную выборку, охватывая средние и малые фирмы. Это позволяет проецировать результаты анализа на уровень отраслей и стран в целом. Моделирование в рамках CDM подхода способствовало активному применению при анализе инноваций более продвинутых эконометрических процедур, которые учитывают особенности данной области.

Несмотря на достоинства подхода, работы в его рамках имеют ограничения, связанные со спецификой данных. Подавляющее число статей опирается на результаты опросов, часто совместно с данными финансовой отчетности компаний и патентных бюро. Существует немало работ (например Теплых, 2014), которые не используют данные опросов. Большинство CDM моделей ограничивается кросс-секционным анализом, поскольку опросы не дают хорошо сбалансированную панель по одним и тем же фирмам (Hall, 2011). Это затрудняет исследование инноваций в динамике. Опросы основаны на субъективной самооценке, они плохо измеряют эффект от внедрения инноваций (Antonelli, Colombelli, 2011). Инновационные дампы не измеряют новизну создаваемых знаний, в целом это неточный и зашумленный показатель. Доля инновационных продаж позволяет оценить значимость новых продуктов для фирмы, однако опросы не содержат аналогичного показателя для результата процессных или организационных инноваций (Hall, 2011). Показатели опросов тесно коррелированы, при этом каузальность не всегда ясна, как следствие, оценка модели не позволяет полностью справиться с эндогенностью в модели (Chudnovsky et al., 2006; Jefferson et al., 2006). Сбор и обработка данных CIS требуют длительного времени, поэтому работы на их основе заметно отстают от экономической реальности.

Современные микроэкономические исследования инноваций не ограничиваются CDM подходом. Некоторые исследователи продолжают напрямую оценивать связь инвестиций в R&D с эффективностью фирм, чаще всего в рамках моделирования производственной функции (Wakelin, 2001; Griffith et al., 2004; Bond et al., 2005). Другие ученые

анализируют патентные данные (Jaffe, Trajtenberg, 1999; Ramani et al., 2008), в частности пытаются выявить связь между инновационными усилиями и созданием новых знаний.

Данные по R&D и патентам как объективные количественные показатели инновационной деятельности доступны в динамике по широкому кругу фирм — в этом их заметное преимущество по сравнению с опросами. Вместо текущей экономической эффективности авторы также прибегают к анализу рыночной стоимости компаний (Blundell et al., 1999; Hall et al., 2005). Достоинство данных фондового рынка в том, что они позволяют оценить ожидаемую будущую отдачу от текущей инновационной деятельности фирм. Наконец, даже работы, базирующиеся на данных опросов, не всегда следуют CDM подходу (Ornaghi, 2006; Koch, Strotmann, 2008). Применяемая методика анализа во многом зависит от целей исследования и поставленных вопросов, и излишне широкие рамки CDM подхода могут быть нецелесообразны.

Однако в целом CDM подход занимает важное место в современных эмпирических исследованиях инноваций на микроуровне, наряду с более традиционными подходами, например моделированием производственной функции. При этом потенциал подхода еще не до конца реализован. Можно выделить ряд перспективных направлений его совершенствования: развитие динамических версий модели; включение в модель инвестиционных ожиданий на основе данных фондового рынка; поиск более объективных прокси для инновационных усилий и создаваемых знаний и т. п. Дальнейшие улучшения позволят сделать CDM модель более комплексной, детальной и точной в плане отражения специфики инновационной деятельности фирм.

Список литературы

- Antonelli C., Colombelli A. (2011). The Generation and Exploitation of Technological Change: Market Value and Total Factor Productivity // *The Journal of Technology Transfer*. Vol. 36, No 4. P. 353–382.
- Benavente J. M. (2006). The Role of Research and Innovation in Promoting Productivity in Chile // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 15, No 4/5. P. 301–315.
- Blundell R., Griffith R., Reenen J. van (1999). Market Share, Market Value and Innovation in a Panel of British Manufacturing Firms // *The Review of Economic Studies*. Vol. 66, No 3. P. 529–554.
- Bond S., Harhoff D., Reenen J. van (2005). Investment, R&D and Financial Constraints in Britain and Germany // *Annals of Economics and Statistics*. No 79–80. P. 433–460.
- Chudnovsky D., López A., Pupato G. (2006). Innovation and Productivity in Developing Countries: A Study of Argentine Manufacturing Firms' Behavior (1992–2001) // *Research Policy*. Vol. 35, No 2. P. 266–288.
- Crépon B., Duguet E., Mairesse J. (1998). Research Investment, Innovation and Productivity: an Econometric Analysis // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 7, No 2. P. 115–158.
- Damijan J. P., Kostevc Č., Rojec M. (2012). Does innovation help the good or the poor performing firms? // *Economics Letters*. Vol. 115, No 2. P. 190–195.
- Duguet E. (2006). Innovation Height, Spillovers and TFP Growth at the Firm Level: Evidence from French Manufacturing // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 15, No 4–5. P. 415–442.

- Griffith R., Redding S., Reenen J. van* (2004). Mapping the Two Faces of R&D: Productivity growth in a panel of OECD industries // *Review of Economics and Statistics*. Vol. 86, No 4. P. 883–895.
- Griffith R., Huergo E., Mairesse J., Peters B.* (2006). Innovation and Productivity Across four European Countries // *Oxford Review of Economic Policy*. Vol. 22, No 4. P. 483–498.
- Griliches Z.* (1964). Research Expenditures, Education, and the Aggregate Agricultural Production Function // *American Economic Review*. Vol. 54, No 6. P. 961–974.
- Griliches Z.* (1979). Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth // *Bell Journal of Economics*. Vol. 10, No 1. P. 92–116.
- Griliches Z.* (1998). R&D and Productivity: The Econometric Evidence. Chicago: University of Chicago Press.
- Hall B. H., Jaffe A., Trajtenberg M.* (2005). Market Value and Patent Citations // *RAND Journal of Economics*. Vol. 36, No 1. P. 16–38.
- Hall B. H., Mairesse J.* (2006). Empirical Studies of Innovation in the Knowledge-Driven Economy // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 15, No 4/5. P. 289–299.
- Hall B. H.* (2011). Innovation and Productivity // NBER Working Papers. No 17178.
- Heshmati A.* (2009). A Generalized Knowledge Production Function // *IFCAI University Journal of Industrial Economics*. Vol. 6, No 1. P. 7–39.
- Jaffe A.B., Trajtenberg M.* (1999). International Knowledge Flows: Evidence from Patent Citations // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 8, No 1/2. P. 105–136.
- Janz N., Lööf H., Peters B.* (2004). Innovation and Productivity in German and Swedish Manufacturing Firms: Is there a Common Story? // *Problems & Perspectives in Management*. No 2. P. 184–204.
- Jefferson G., Huamao B., Xiaojing G., Xiaoyun Y.* (2006). R&D Performance in Chinese Industry // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 15, No 4/5. P. 345–366.
- Johansson B., Lööf H.* (2008). Innovation Activities Explained by Firm Attributes and Location // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 17, No 6. P. 533–552.
- Koch A., Strotmann H.* (2008). Absorptive Capacity and Innovation in the Knowledge Intensive Business Service Sector // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 17, No 6. P. 511–531.
- Leeuwen G. van, Klomp L.* (2006). On the Contribution of Innovation to Multi-factor Productivity Growth // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 15, No 4/5. P. 367–390.
- Lööf H., Heshmati A.* (2002). Knowledge Capital and Performance Heterogeneity: A Firm-Level Innovation Study // *International Journal of Production Economics*. Vol. 76, No 1. P. 61–85.
- Lööf H., Heshmati A.* (2006). On the Relationship Between Innovation and Performance: A Sensitivity Analysis // *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 15, No 4/5. P. 317–344.
- Lööf H., Heshmati A., Asplund R., Nääs S.* (2003). Innovation and Performance in Manufacturing Industries: A Comparison of the Nordic Countries // *ICFAI Journal of Management Research*. Vol. 20, No 2. P. 5–36.
- Mairesse J., Mohnen P.* (2002). Accounting for Innovation and Measuring Innovativeness: An Illustrative Framework and an Application // *The American Economic Review*. Vol. 92, No 2. P. 226–230.
- Mairesse J., Robin S.* (2009). Innovation and Productivity: A Firm-level Analysis for French Manufacturing and Services using CIS3 and CIS4 data (1998–2000 and 2002–2004). Paris: CREST-ENSAE.
- Mansfield E.* (1965). Rates of Return from Industrial Research and Development // *American Economic Review*. Vol. 55, No 1/2. P. 310–322.

- Mansury M. A., Love J. H.* (2008). Innovation, Productivity and Growth in US Business Services: A Firm-level Analysis // *Technovation*. Vol. 28, No 1/2. P. 52–62.
- Masso J., Vahter P.* (2008). Technological Innovation and Productivity in Late-transition Estonia: Econometric Evidence from Innovation Surveys // *The European Journal of Development Research*. Vol. 20, No 2. P. 240–261.
- Minasian J. R.* (1969). Research and Development, Production Functions, and Rates of Return // *The American Economic Review*. Vol. 59, No 2. P. 80–85.
- Musolesi A., Huiban J.* (2010). Innovation and Productivity in Knowledge Intensive Business Services // *Journal of Productivity Analysis*. Vol. 34, No 1. P. 63–81.
- Ornaghi C.* (2006). Spillovers in Product and Process Innovation: Evidence from Manufacturing Firms // *International Journal of Industrial Organization*. Vol. 24, No 2. P. 349–380.
- Pakes A., Griliches Z.* (1984). Patents and R&D at the Firm Level: A First Look // *R&D, Patents, and Productivity* / Z. Griliches (ed.). Chicago: University of Chicago Press. P. 55–72.
- Parisi M.L., Schiantarelli F., Sembenelli A.* (2006). Productivity, Innovation and R&D: Micro Evidence for Italy // *European Economic Review*. Vol. 50, No 8. P. 2037–2061.
- Ramania S. V., El-Aroui M.-A., Carrère M.* (2008). On Estimating a Knowledge Production Function at the Firm and Sector Level Using Patent Statistics // *Research Policy*. Vol. 37, No 9. P. 1568–1578.
- Raymond W., Mairesse J., Mohnen P., Palm F.* (2013). Dynamic Models of R&D, Innovation and Productivity: Panel Data Evidence for Dutch and French Manufacturing // NBER Working Papers. No 19074.
- Roud V.* (2007). Firm-level Research on Innovation and Productivity: Russian Experience // *Proceeding from the Conference on Micro Evidence on Innovation in Developing Countries (MEIDE)*. UNU-MERIT, Maastricht, Netherlands.
- Teplykh G. V.* (2014). Innovations and Productivity: The Shift During the 2008 Crisis // HSE Working Papers. No WP BRP 23/STI/2014.
- Vakhitova G., Pavlenko T.* (2010). Innovation and Productivity: a Firm Level Study of Ukrainian Manufacturing Sector // *Kyiv School of Economics Working Papers*. No 27.
- Wakelin K.* (2001). Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms // *Research policy*. Vol. 30, No 7. P. 1079–1090.
-

Modeling of Firms Innovation Activity within the CDM Approach

Grigorii Teplykh

Author affiliation: National Research University Higher School of Economics (Perm, Russia). Email: teplykhgv@gmail.com.

Revelation of the factors of corporate innovation activity and measurement of efficiency of innovations are vital topics in studies of modern economy. A character of innovative process has led to an increasing popularity of CDM approach. This allows to analyze the influence of innovative activity on firms economic performance. This paper is a review of the main empirical studies made within the CDM approach.

Keywords: CDM model, innovations, productivity analysis.

JEL: O31, O32, D22, D24.