

# ВЛИЯНИЕ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ДИФфуЗИИ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Кирилл Холмецкий

**В** современной теории инноваций важное место занимает проблематика диффузии технологий, т. е. взаимопроникновения технологий, разработанных в разных отраслях промышленности. Известно, что повышение наукоемкости базовых отраслей промышленности, таких как машиностроение, черная металлургия и пр., имеет эффект, выходящий далеко за рамки самих этих отраслей и затрагивающий практически всю национальную экономику. В то же время исследования диффузии технологий в белорусской экономике в масштабах большого числа отраслей пока не проводились в достаточном объеме. В этой связи целью настоящего исследования является моделирование процессов межотраслевой диффузии технологий в белорусской промышленности и выявление на основе этого полного экономического эффекта инноваций отраслей белорусской промышленности с учетом их последующей диффузии в другие отрасли.

Одна из основных форм диффузии технологий связана с межотраслевой торговлей товарами промышленного потребления. Данный вид экономической активности согласно многим современным исследованиям (например, [1–3]) является весьма значимым каналом диффузии технологий, посредством которого инновации, осуществленные в одной отрасли, могут оказывать влияние на производительность других отраслей, в том числе и иностранных.

Принцип подобного влияния заключается в том, что инновационные производственные компоненты и оборудование, произведенные на основе новых технологий, становятся объектами промышленного потребления предприятий других отраслей и, таким образом, увеличивают их производительность (за счет улучшенного качества, наличия новых технологических характеристик либо меньшей стоимости). Важно подчеркнуть, что такое влияние может оказываться и опосредованно, т. е. через третьи отрасли, находящиеся в одной производственной цепи с первоначальным источником инноваций [4]. Подобным же образом осуществляется и международная диффузия технологий в тех случаях, когда имеет место импорт товаров промышленного назначения, произведенных на основе новых иностранных технологий.

Определение величины диффузии технологий проводится во многих работах с использованием таблиц межотраслевого баланса. Данная методология определения технологических потоков была первоначально предложена в работе [5] и впоследствии использована во многих других исследова-

ниях. Указанный метод основывается на двух предпосылках: расходы на НИОКР в отрасли используются в качестве оценки уровня наукоемкости продукции отрасли; величины потоков технологий между отраслями определяются с помощью коэффициентов прямых затрат межотраслевого баланса, которые служат в качестве весовых. Это соответствует положению о том, что товары промышленного назначения (национального и иностранного производства) служат в качестве переносчиков технологии между различными отраслями экономики.

Математически межотраслевая диффузия технологий на основе методологии межотраслевого баланса выражается следующим образом:

$$TINT_i = \sum_{j=1}^n a_{ji} TINT_j ABC_i, \quad (1)$$

где  $TINT_i$  — технология на рубль выпуска отрасли  $i$ , полученная отраслью  $i$  от других отраслей (здесь и далее под технологией будут пониматься затраты на НИОКР — как собственные, так и осуществленные прямыми и косвенными поставщиками отрасли, — вмененные в продукцию той или иной отрасли);  $n$  — общее число отраслей в экономике;  $a_{ji}$  — коэффициент прямых затрат продукции отрасли  $j$  отраслью  $i$ ;  $ABC_i$  — абсорбционная способность отрасли  $i$ , отражающая способность предприятий отрасли внедрять в свой производственный процесс инновационное оборудование и компоненты, поставляемые другими отраслями.

Соответственно, если отрасль  $j$  приобрела ранее некоторое количество технологий  $TINT_j^*$ , то количество технологий, непосредственно передаваемое этой отраслью отрасли  $i$ , можно записать как

$$TINT_{ji} = a_{ji} TINT_j^* ABC_i. \quad (2)$$

Аналогичным образом измеряется величина диффузии технологий через импорт. Технология, получаемая посредством импорта отраслью  $i$ , определяется количеством импортируемой продукции различных отраслей промышленности на единицу выпуска отрасли  $i$ ; количеством НИОКР (в денежном выражении), проведенных в зарубежных странах в различных отраслях промышленности, приходящимся на единицу импортируемой продукции из этих стран; абсорбционной способностью отрасли  $i$ . Таким образом, величина технологии, приобретаемой через импорт отраслью  $i$ , составляет

Автор:

**Холмецкий Кирилл Александрович** — аспирант кафедры международных экономических отношений факультета международных отношений Белорусского государственного университета

Рецензенты:

**Руденков Владимир Михайлович** — кандидат экономических наук, доктор технических наук, профессор кафедры организации и управления факультета менеджмента Белорусского государственного экономического университета

**Давыденко Елена Леонидовна** — кандидат экономических наук, доцент кафедры международных экономических отношений факультета международных отношений Белорусского государственного университета

$$imp_i = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \alpha_{ji} IMP_j^k r_j^k ABC_i}{X_i}, \quad (3)$$

где  $IMP_j^k$  — величина импорта продукции  $j$ -й отрасли из страны  $k$ ;  $r_j^k$  — затраты на НИОКР на единицу выпуска отрасли  $j$  в стране  $k$ ;  $X_i$  — выпуск отрасли  $i$ ;  $m$  — число стран-экспортеров;  $\alpha_{ji}$  — коэффициент использования импорта продукции  $j$ -й отрасли  $i$ -й отраслью, определяемый как

$$\alpha_{ji} = \frac{IMP_{ji}}{IMP_j}, \quad (4)$$

где  $IMP_{ji}$  — промышленное потребление импортируемой продукции  $j$ -й отрасли  $i$ -й отраслью;  $IMP_j$  — общая величина промышленного потребления импортируемой продукции  $j$ -й отрасли всеми белорусскими отраслями.

Наличие у каждой отрасли своей абсорбционной способности связано с необходимостью наличия определенных, приобретенных ранее знаний и навыков с целью адаптации своего производственного процесса к улучшенному оборудованию и компонентам, приобретаемым у поставщиков. Основными источниками этих знаний, т. е. факторами абсорбционной способности, согласно большинству современных исследований, являются собственные НИОКР фирм. Данное положение можно записать в математической форме следующим образом:

$$ABC_i = \beta r_i + \gamma, \quad (5)$$

где  $\beta$  и  $\gamma$  — коэффициенты (последний можно интерпретировать как автономный уровень абсорбционной способности, не зависящий от НИОКР отрасли);  $r_i$  — затраты на НИОКР отрасли  $i$  на ее единицу выпуска.

Любая отрасль  $i$  первоначально получает технологию в размере импортируемой технологии ( $imp_i$ ) и НИОКР ( $r_i$ ), которая в последующем начинает распространяться в другие отрасли в соответствии с уравнением (2). При этом каждая отрасль, получив некоторое количество технологии извне, впоследствии будет передавать его далее в другие отрасли (что соответствует базовым предпосылкам методологического подхода).

Таким образом, с помощью данной модели можно проследить прямую и сколь угодно опосредованную диффузию технологий, приобретенных первоначально через собственные НИОКР или импорт. Моделирование этих процессов осуществлялось с использованием средств программного пакета *Maplesoft Maple 9.5*. При этом нами были использованы данные межотраслевого баланса отечественной и импортируемой продукции в ценах покупателей за 2002–2003 гг., разработанные отделом межотраслевого баланса Министерства статистики Республики Беларусь. Для определения диффузии технологий через внешнюю торговлю Республики Беларусь был использован ряд баз данных, разработанных управлением науки, технологии и промышленности ОЭСР, охватывающих статистику внешней торговли и отраслевых затрат на НИОКР в странах ОЭСР, а также в некоторых

странах, не являющихся членами этой организации [6–8]. Данные, касающиеся отраслевых затрат на НИОКР в Республике Беларусь, были взяты из статистического ежегодника Республики Беларусь за 2003 г. [9].

Основным выходным параметром модели является годовой прирост совокупной факторной производительности (СФП) отраслей, т. е. та часть прироста валового выпуска отрасли, которая не связана с приростом затрат физического капитала и труда. Следует отметить, что могут наблюдаться и отрицательные значения СФП, проявляющиеся в отставании темпов роста выпуска от темпов роста затрат. Нами была построена модель линейной регрессии, связывающая реальные статистически наблюдаемые значения СФП отраслей с модельными значениями отраслевых уровней технологии, а именно:

$$dMFP_i = c_1 Z_i + c_2, \quad (6)$$

где  $dMFP_i$  — относительный прирост СФП отрасли;  $c_1$  и  $c_2$  — коэффициенты регрессии;  $Z_i$  — прирост технологии отрасли в соответствии с моделью.

В контексте настоящей модели прирост технологии отрасли формируется за счет собственных НИОКР ( $r_i$ ), технологии, приобретенной по каналам диффузии через внешнюю торговлю ( $imp_i$ ), и технологии, приобретенной по каналам межотраслевой диффузии ( $TINT_i$ ). Следовательно

$$Z_i = TINT_i + r_i + imp_i. \quad (7)$$

Неизвестные параметры модели были определены по методу наименьших квадратов путем сопоставления полученных модельных значений приростов отраслевой производительности с реальными статистическими значениями, определенными по методике ОЭСР [10]. В соответствии с этой методикой динамика СФП отрасли вычисляется по формуле

$$\ln\left(\frac{MFP_t}{MFP_{t-1}}\right) = \ln\left(\frac{Q_t}{Q_{t-1}}\right) - \ln\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right), \quad (8)$$

где  $MFP$  — СФП отрасли;  $t$  — временной индекс;  $Q$  — величина совокупного выпуска;  $X$  — величина совокупных затрат, определяемая по формуле

$$\ln\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right) = \frac{1}{2}(s_t^L + s_{t-1}^L) \ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right) + \frac{1}{2}(s_t^S + s_{t-1}^S) \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right), \quad (9)$$

где  $L$  — затраты труда;  $S^L$  и  $S^S$  — относительные доли затрат соответственно труда и капитала в общей величине затрат;  $S$  — величина капитальных затрат.

Для вычисления СФП отраслей в соответствии с этой методикой данные о затратах труда и капитала были взяты из статистического ежегодника Республики Беларусь за 2003 г.

В результате было получено существенное соответствие между статистическими и модельными значениями приростов СФП, о чем свидетельствует рис. 1 (коэффициент детерминации составил

более 0,9). Это дает основание полагать, что разработанная модель достаточно адекватно отражает механизм межотраслевой диффузии технологий, в итоге формирующий соотношение темпов роста производительности между отраслями.

Следует отметить, что полученные таким образом значения приростов СФП можно интерпретировать как степень полной наукоемкости продук-

ции отраслей, которая учитывает как прямые, так и косвенные вливания технологии через межотраслевую диффузию технологий. Подобный подход позволяет учесть наукоемкость не только производственного процесса самой отрасли, но и того оборудования и компонентов, которые она потребляет в своем производстве, т. е. учесть влияние межотраслевой диффузии технологий.

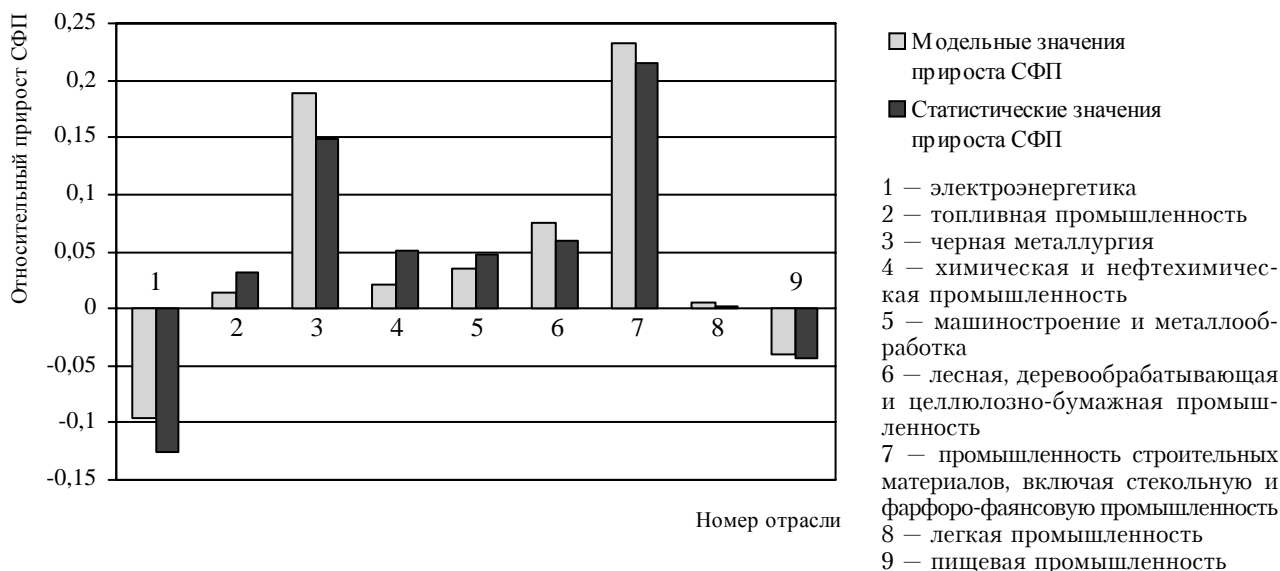


Рис. 1. Сопоставление реальных статистических и полученных с помощью модели значений годовых приростов СФП отраслей промышленности Республики Беларусь

Представление об относительной значимости межотраслевой диффузии технологий в качестве источника технологического развития белорусской промышленности можно получить, определив соотношение между двумя эффектами:

1) приростом совокупной производительности всех отраслей экономики за счет внутриотраслевой и межотраслевой диффузии технологий;

2) приростом совокупной производительности отраслей вследствие непосредственного осуществления НИОКР в самих отраслях.

На основе уравнения (6) данное соотношение будет выглядеть следующим образом:

$$TM = \frac{\sum_i \left\{ \frac{Y_i}{Y} [(TINT_i + r_i + imp_i) ABC_i c_1] + c_2 \right\}}{\sum_i \left\{ \frac{Y_i}{Y} [(r_i + imp_i) ABC_i c_1] + c_2 \right\}} \quad (10)$$

Значение данного показателя для рассматриваемого периода, определенное с помощью предложенной модели, составило 2,42.

Во многих исследованиях технологической диффузии рассчитываются аналогичные показатели, носящие название технологического мультипликатора. Они рассчитываются на основе формул вмененных НИОКР, аналогичных (1), и определяют отношение затрат на НИОКР, вмененных в продукцию всех отраслей экономики (т. е. с включением эффекта диффузии технологий), к величине совокупных *прямых* затрат на НИОКР. Таким образом, этот показатель в определенной степени отражает *полный* технологический эффект, прихо-

дящийся на единицу затрат на НИОКР, т. е. описывает внешние эффекты от осуществления инновационной деятельности.

Следует отметить, что показатель, полученный нами по формуле (10), и стандартный технологический мультипликатор, хотя и близки по экономическому смыслу, в конечном счете представляют собой две разных величины. Показатель, определяемый с помощью предложенной нами модели, выражает эффект НИОКР для темпов роста отраслевой производительности, а стандартный технологический мультипликатор — вмененные затраты на НИОКР. В то же время оба показателя отражают величину эффекта диффузии технологий относительно прямого эффекта осуществления НИОКР, а значит могут быть в определенной степени сопоставимы.

Наиболее известной работой, в которой была предпринята попытка рассчитать технологические мультипликаторы для основных развитых стран, является рабочая статья ОЭСР [4, с. 54] (значения мультипликаторов для несколько более позднего периода на основе этой же методики были пересчитаны в работе [11, с. 52–53]). Полученные в ней значения технологического мультипликатора для различных стран ОЭСР приведены в таблице.

Как видно из таблицы, значения технологического мультипликатора располагаются в диапазоне от 1,7 до 2,7, т. е. полученное нами значение для белорусской экономики вполне соответствует данным показателям. Это подтверждает, что процессы диффузии технологий достаточно активно протекают в белорусской промышленности явля-

## Значения технологического мультипликатора в странах ОЭСР (середина 1990-х гг.)

Страна	Технологический мультипликатор
Австралия	2,7
Канада	2,3
Дания	1,9
Франция	1,7
Германия	1,7
Италия	2,0
Япония	1,9
Нидерланды	1,9
Великобритания	1,8
США	1,7

Источник: [11, с. 52–53].

ясь существенным фактором ее экономического развития. Заметим, что авторы отмечают тенденцию постепенного увеличения значений технологического мультипликатора практически для всех стран ОЭСР, что связано как с усложнением в технологическом плане потребляемой продукции промышленного назначения, так и со все более возрастающей отраслевой специализацией и ростом объемов межотраслевой торговли промышленным оборудованием, компонентами и материалами.

С помощью описанной выше модели нами было также определено влияние импорта высокотехнологичного оборудования на прирост производительности белорусской промышленности. В итоге данный эффект был сопоставлен с вышеописанными эффектами внутриотраслевых НИОКР и межотрас-

левой диффузии технологий. Итоговая структура совокупного эффекта диффузии технологий для экономического роста Республики Беларусь в сопоставлении с другими странами (соответствующие данные за середину 1990-х гг. взяты из работ [4] и [11]) приведена на рис. 2.

Как видно из рис. 2, структура источников технологического развития экономики Республики Беларусь в целом соответствует таковой у индустриально развитых стран. В то же время для экономически малых стран ОЭСР характерны сравнительно большие масштабы диффузии технологий через импорт, что отражает более выраженную потребность этих стран в участии в международной специализации и кооперации производства. В Республике Беларусь, которая, безусловно, представ-

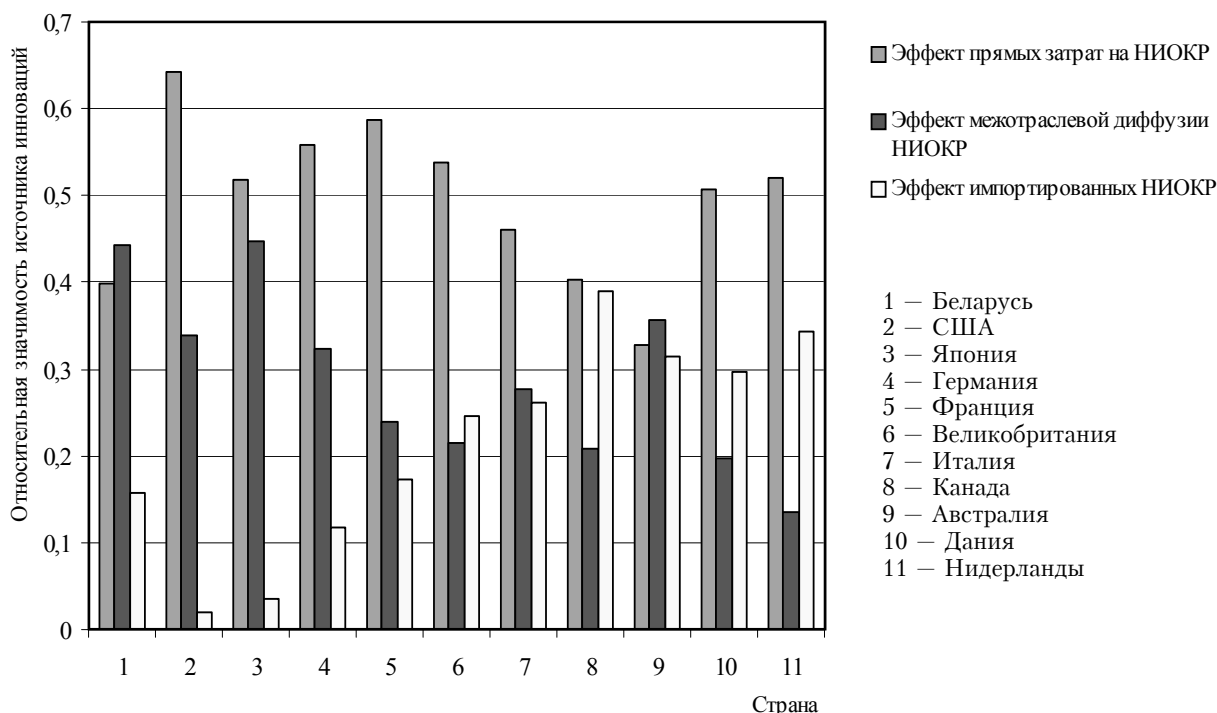


Рис. 2. Структура источников технологического развития Республики Беларусь в сопоставлении с индустриально развитыми странами

Рассчитано автором по [11, с. 52–53].

ляет собой малую открытую экономику, масштабы диффузии через импорт скорее соответствуют параметрам больших открытых экономик. Из этого можно сделать вывод о том, что Республике Беларусь следует изыскивать более активные формы внешнеторгового сотрудничества с технологически развитыми странами, для того чтобы обрести более адекватную долю импорта в качестве источника технологического развития.

В целом предлагаемая модель может быть использована для решения следующих задач экономической политики:

- оценки экономической эффективности отраслевых инноваций с учетом их последующей диффузии в другие отрасли при формировании приоритетных направлений государственной поддержки развития промышленного производства и инвестиционных программ;
- составления прогнозов экономического развития, отражающих динамику основных показателей материального производства;
- определения приоритетных направлений развития межотраслевой научно-технической кооперации;
- определения направлений субсидирования, а также предоставления тарифных и иных преференций при осуществлении промышленного импорта высокотехнологичной продукции;

– определения приоритетных направлений привлечения прямых иностранных инвестиций.

Таким образом, предложенная нами модель позволяет адекватно отразить процессы диффузии технологий в промышленности Республики Беларусь и на этой основе во многом объяснить динамику ее совокупной факторной производительности. Проведенный на основе этой модели анализ показал, что процессы диффузии технологий играют важную роль в экономическом развитии белорусской промышленности. Действительно, рост объемов межотраслевой торговли промышленным оборудованием, материалами и компонентами как основного канала межотраслевой диффузии технологий является, как правило, проявлением более интенсивного разделения труда и отраслевой специализации, представляя собой важнейший фактор экономического роста. В этом проявляется определенный синергетический эффект, связанный с увеличением отдачи от каждого компонента системы (в данном случае отраслей экономики) вследствие более интенсивных системных взаимосвязей между элементами, обуславливающих более активную роль каждого элемента в целой системе. В этой связи рост интенсивности межотраслевой диффузии технологий представляет собой большой резерв для экономического роста всей экономики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Davis, A. L. Technology intensity of U.S., Canadian and Japanese manufactures output and exports / U.S. Department of Commerce, International Trade Administration. Washington, 1988.
2. Mohnen, P. R&D Externalities and Productivity Growth // STI Review. 1996. N 18. P. 39–66.
3. Wolff, E. N. Spillovers, Linkages, and Technical Change // Economic Systems Research. 1997. Vol. 9, N 1. P. 9–23.
4. Papaconstantinou, G. Embodied Technology Diffusion: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries / G. Papaconstantinou, N. Sakurai, A. Wyckoff // STI working papers. 1996. № 1.
5. Terleckyj, N. E. Effects of R&D on the productivity growth of industries: an exploratory study. Washington: National Planning Association, 1974.
6. STAN Bilateral Trade Database. Vol. 2005, release 01 [Electronic resource] // SourceOECD. 2005. Mode of access: <http://www.sourceoecd.org>. Date of access: 08.10.2005.
7. ANBERD – R&D Expenditure in Industry (ISIC Rev. 3) Vol. 2004, release 01 [Electronic resource] // SourceOECD. 2005. Mode of access: <http://www.sourceoecd.org>. Date of access: 08.10.2005.
8. STAN Industry. Vol 2005, release 03 [Electronic resource] // SourceOECD. 2005. Mode of access: <http://www.sourceoecd.org>. Date of access: 08.10.2005.
9. Статистический ежегодник Республики Беларусь – 2003. Минск: Мин-во статистики и анализа Респ. Беларусь, 2003.
10. Measuring Productivity – OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth. Paris: OECD, 2001.
11. Hutschenreiter, G., Kurt, K., Kaniowski, S. Embodied Technology Diffusion in the Austrian Economy. Wien: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, 1999.

### **«Влияние межотраслевой диффузии технологий на экономический рост Республики Беларусь» (Кирилл Холмецкий)**

*Целью работы является моделирование процессов межотраслевой диффузии технологий в белорусской промышленности и выявление на основе этого полного экономического эффекта инноваций отраслей белорусской промышленности с учетом их последующей диффузии в другие отрасли.*

*Методологической базой исследования являются моделирование технологических потоков с помощью коэффициентов межотраслевого баланса и учет различий в инновационной восприимчивости различных отраслей промышленности. Проведенная эмпирическая верификация модели показала ее высокую адекватность для отражения реальных процессов межотраслевой диффузии технологий в белорусской промышленности.*

*Одним из результатов исследования являлось определение технологического мультипликатора для белорусской промышленности как показателя, отражающего интенсивность межотраслевой диффузии технологий. Было выявлено, что процессы диффузии технологий достаточно активно протекают в промышленности Беларуси, являясь существенным фактором ее экономического развития.*

*Автором были также сопоставлены импорт высокотехнологичной продукции, внутриотраслевые НИОКР и межотраслевая диффузия технологий в качестве факторов экономического роста Республики Беларусь. Выявлено, что структура источников технологического развития экономики Беларуси в целом соответствует таковой у индустриально развитых стран. В то же время, согласно полученным результатам Республике Беларусь следует изыскивать более активные формы внешнеторгового сотрудничества с технологически развитыми странами, для того чтобы обрести более адекватную долю импорта в качестве источника технологического развития.*

Результаты исследования могут применяться для определения диспропорций технологического развития Беларуси, а также формирования приоритетов инновационной, инвестиционной и внешнеторговой политики.

**«The Influence of Intersectoral Technological Diffusion on the Economic Growth of the Republic of Belarus» (Kirill Khalmetski)**

*The goal of the paper is to form a model of the intersectoral technological diffusion in Belarusian industry and to reveal the total economic effect of sectoral innovations in Belarusian industry basing on the analysis of their diffusion to other sectors.*

*The methodology of the paper is based on the modeling of technological flows by means of input-output coefficients and by taking into account the difference in absorptive capacities of different sectors. The empirical verification of the model showed its high adequacy in reflecting the real processes of intersectoral technological diffusion in Belarusian industry.*

*One of the results of the research is the determination of technological multiplier for Belarusian industry as an indicator which reflects the intensity of intersectoral technological diffusion. It was shown, that the technological diffusion is rather intensive in Belarusian industry and is a significant factor of its economic growth.*

*The author also compared the technology-intensive imports, direct R&D and intersectoral technological diffusion as the sources of the economic growth of Belarus. It was revealed, that the source structure of technological development of Belarus mainly corresponds to the structure of developed countries. At the same time, according to the results Belarus should be engaged in more intensive trade relations with technologically sophisticated economies in order to obtain a more appropriate share of imports in the source structure of technological development.*

*The research findings can be applied to the determination of technological disproportions in Belarusian economy as well as to arranging the priorities of innovation, investment and trade policies.*