

# УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ С УЧЕТОМ РЕКЛАМЫ И КОМПЛЕМЕНТАРНОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО И ЧАСТНОГО УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЙ\*

## Марк ЛЕВИН

доктор экономических наук, профессор  
департамента теоретической экономики<sup>1</sup>;  
заведующий кафедрой микроэкономики  
экономического факультета<sup>2</sup>.  
E-mail: mlevin05@gmail.com

## Ксения МАТРОСОВА

старший преподаватель кафедры  
микроэкономики экономического факультета<sup>2</sup>;  
преподаватель департамента  
теоретической экономики<sup>1</sup>.  
E-mail: matrosova.k@gamil.com

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»  
(119049, Москва, ул. Шаболовка, д. 26).

<sup>2</sup> Российская академия народного хозяйства  
и государственной службы при Президенте РФ  
(119571, Москва, просп. Вернадского, д. 82).

## Аннотация

Предметом настоящего исследования является диффузия инноваций. Анализируются основные проблемы диффузии инноваций, а также различные подходы в моделировании диффузионных процессов, включающих количественные эффекты распространения инноваций и изменения качества инновационных продуктов и технологий. Статья состоит из трех разделов, первый из которых представляет собой обзор работ и анализ проблем диффузии инноваций, инструментов, применяющихся в экономике инноваций. Второй раздел посвящен проблемам диффузии инноваций в рамках концепции Келвина Ланкастера, **в которой инновации рассматриваются в первую очередь как изменение качеств (атрибутов) товаров.** В последнем разделе предлагается и при помощи методов имитационного анализа исследуется оригинальная модель управления диффузионными процессами.

**Ключевые слова:** диффузия инноваций, атрибуты, имитационное моделирование.

**JEL:** C02, C31, C63.

## Введение

**П**редметом настоящего исследования является диффузия инноваций. Анализируются основные проблемы диффузии инноваций, а также различные подходы к моделированию диффузионных процессов, включающих количественные эффекты распространения инноваций и изменения качества инновационных продуктов и технологий.

Диффузия инноваций определенно является быстрорастущей областью исследований. Более того, многие из вопросов, поднятых в ходе анализа диффузии, лежат в основе самой экономической теории, поскольку затрагивают критичные вопросы, относящиеся к экономической координации и к экономической динамике. Все это явно свидетельствует о важности новой технологии в изменении конкурентной среды, отраслевой организации и экономики в целом. Йозефом Шумпетером предложено разделение между изобретением, инновацией и диффузией. Изобретение представляется в виде первой разработки

\* Авторы выражают глубокую благодарность Льву Ильичу Розоноэру ценные комментарии, высказанные в ходе настоящего исследования.

либо изготовления прототипа некоторого устройства или технологии; инновация является началом его экономического применения, а диффузия представляет собой распространение этого продукта или технологии как среди его производителей, так и среди его пользователей. В реальности не всегда можно провести четкие границы между данными понятиями, например диффузия редко происходит с неизменным продуктом или технологией, она сама по себе оказывает влияние на дальнейшие модификации и новые разработки. Тем не менее мы будем использовать определения, приведенные выше, для того, чтобы установить основные концепции и идеи.

В нашей работе предполагается, что изобретения появляются внутри самого производственного сектора, то есть они напрямую создаются фирмами, которые проводят НИР и создают новые продукты, оборудование и т. д. Предположим, технологическое знание может быть представлено в виде информации. Таким образом, диффузия инноваций относится как к диффузии технологий, продуктов и оборудования, так и к диффузии информации.

## 1. Классические модели диффузии инноваций

Кратко классифицируем модели по предположениям относительно природы агентов, их поведения и природы процесса, в который они вовлечены. Воспользуемся разделением, предложенным [Dosi, 1992].

*Микроповедение.* Здесь существует некоторая дихотомия, которая также свойственна экономической теории. Может ли микроповедение быть описано как оптимизация целевой функции? Или же оно «институционализировано» в том смысле, что агенты следуют определенным правилам или самообучаются некоторым заданным образом. Вообще говоря, различия между предприятиями и странами во временном развитии в темпах диффузии также могут быть объяснены разнообразием поведенческих правил: например, в [Mansfield, 1996] утверждается, что одним из ключевых факторов различий в темпах диффузии между Соединенными Штатами и Японией является то, что для Японии более традиционными являются более длительные периоды окупания инвестиций, чем для США (разумеется, при прочих равных при более длительных периодах возврата темп диффузии возрастает).

Перейдем к рассмотрению обобщенного диффузионного процесса, который может рассматриваться в качестве равновесного пути, или же, наоборот, неравновесной динамики. Начнем с предположений оптимизирующего микроповедения и равновесной динамики. Прежде всего, закономерности не только исходят из микроповедения агентов, способных брать на себя решения, связанные с оптимизацией, но и эти агенты последовательно ведут себя как группа. В этом смысле применимы некоторые из моделей Стоунмэна [Stoneman, 2001] и почти все теоретико-игровые модели или модели принятия решений.

Что касается моделей, предполагающих «ограниченно рациональное» поведение, то к ним в первую очередь относятся традиционные модели диффузии, например первое поколение моделей [Griliches, 1957; Mansfield, 1996]. Существует большое количество эмпирических исследований, подтверждающих, что S-образный разброс точек инновационной кривой не является уникальным явлением. Во многих случаях, будь то инновация товара или процесса, либо степень использования или владения новой технологией, либо число производителей нового товара, графики по времени демонстрируют S-образную кривую разброса. Эта эмпирическая связь отмечена в числе прочих в работах [Griliches, 1957; Davies, 1979; Gort, Klepper, 1982]; теперь это общеизвестный факт. Но почему кривая имеет именно S-образную форму? В основном потому, что существуют инноваторы, которые не владеют совершенной информацией, и, следовательно, количество людей, внедривших инновацию, является функцией от общего количества тех, кто может внедрить инновацию, и от количества людей, уже ее внедривших. Этот процесс очень похож на схему распространения инфекции: чем больше число заразившихся, тем выше вероятность того, что вы столкнетесь с кем-то, кто заразит вас этой инфекцией (эпидемиологи действительно занимаются похожими процессами диффузии). Результатом является некоторый тип S-образной кривой. Традиционные модели диффузии предполагали, что процесс диффузии представляет собой нечто вроде процесса распространения загрязнителя/инфекции.

Нельзя не упомянуть еще один класс моделей, посвященных проверке гипотезы об информационных мощностях (*information capacity hypothesis*, ICH). Среди исследователей внедрения и распространения инноваций существует мнение, что **бОльшие** мощности (или возможности) получать и оценивать информацию об инновациях, при прочих равных условиях, подразумевает уменьшение времени до внедрения данной инновации в производство. Данная догадка подтверждается следующими аргументами. Бóльшие мощности получать и оценивать информацию подразумевают более быстрое обучение инновации. Также ICH проявляется в эмпирической литературе в несколько других формах. Например, подлежит обсуждению тот факт, что существует положительная связь между скоростью внедрения инноваций и численностью конструкторского или научного штата фирмы и долей затрат на НИР в общих продажах (см.: [Mansfield, 1968. С. 8; Mansfield, 1977. С. 6—7]). Мы можем привести множество работ, посвященных данной теме, например: [Gold et al., 1970; Gebhard, Hatzold 1974; Hakanson, 1974; Smith, 1974; Lacci et al., 1974; Davies, 1979; Rosegger, 1980; Wozniak, 1984]. В немногих вышеупомянутых работах ожидаемый эффект информационных мощностей статистически подтверждается. Однако в подавляющем большинстве исследований данный факт не подтверждается. На самом деле недостаток эмпирически обоснованных фактов настолько велик для дан-

ной гипотезы, что [Rosegger, 1980] отмечал, что подобные измерения информационных мощностей слабо влияют на определение времени внедрения инноваций у фирм.

Рассмотрим теперь комбинированные предположения оптимизирующего поведения и диффузионных процессов, влекущие за собой некоторые виды возрастающей отдачи или экстерналий, связанных с сетевой структурой (см., например, модели [David, Foray, 1994; Farrell, Saloner, 1985; Katz, Shapiro, 1985, 1986, 1992, 1994] и т. д.). Идея состоит в том, что даже в условиях принятия рациональных решений (и даже при высокой предсказательной силе решений каждого отдельно взятого индивида) коллективное взаимодействие всех решений, принимаемых на микроуровне, может привести к «замыканию» на определенных технологиях, даже несмотря на их неоптимальность. Последний класс моделей включает неравновесные модели с «институционализированным» поведением, которые включают в себя семейство эволюционных моделей.

Основные идеи этих эволюционных моделей диффузии заключаются в следующем. Агенты не только не обладают идеальными правилами оптимизации принятия решений, но и не могут иметь их в принципе, потому что в мире, характеризующемся возрастающей отдачей, результат отдельных действий также будет функцией от распределения решений других акторов: результат решения о покупке телефона будет зависеть от распределения решений других людей о покупке телефона, так как последнее определит количество людей, с которыми у покупателя будет возможность говорить. И хотя в данном случае речь идет о сетевом благе, в действительности данный подход можно распространить шире. В мире, характеризующемся возрастающей отдачей и нелинейностями, не только сложно, но и теоретически невозможно достичь предпосылки о том, что агенты используют совершенно рациональные правила принятия решений. В эволюционирующей среде существует ряд причин для обоснования более или менее рутинных и относительно устоявшихся шаблонов поведения; можно показать, что эти простые правила в общем случае довольно хорошо работают в сложной среде. Здесь возникает очередной вопрос об эффективности традиций (в смысле старых технологий, устоявшихся связей и привычек и проч.): конечно, если окружающая институциональная среда меняется медленно или незначительно, то эффективность традиций очевидна; но в быстро меняющихся внешних условиях от традиций часто приходится отказываться.

Разнородные и ограниченно рациональные агенты на микроуровне становятся основанием неравновесной динамики системы. Фундаментальным утверждением эволюционных моделей является то, что именно эта неравновесная динамика лежит в основе всех эмпирических закономерностей, наблюдаемых исследователями. С точки зрения традиционной экономической теории диффузия все же приводит к некоторому «равновесию», несмотря на отдельные ошибки.

Исследователи в сфере эволюционной теории утверждают, что это не так: возможно, итоговый процесс является результатом неравновесных решений. Например, можно рассмотреть модель [Silverberg et al., 1988], в которой процесс диффузии начинается и происходит благодаря существованию агентов, которые обладали неверными ожиданиями, но чьи «неверные» решения увеличили общее знание внутри индустрии и дали начало динамике диффузии. В этой работе также показано, что без шумпетерианских предпринимателей невозможно достичь столь плавного процесса диффузии, который наблюдается в реальности. Эволюционные модели сходятся со многими другими моделями относительно идеи разнородности: внедрители отличаются размером, внутренней организацией, ожиданиями, а также технологическими и организационными компетенциями.

## 2. Диффузия инноваций. Качественный подход

Классические модели игнорируют качественную составляющую продуктов и технологий, в том числе инновационных, поэтому отдельный раздел мы посвятим работам, в которых авторы попытались проанализировать дифференциацию нововведений.

*Подход К. Ланкастера.*

*Инновации в пространстве характеристик*

Перечисленные выше модели и подходы игнорировали дифференциацию товаров. В действительности товар представляет собой совокупность характеристик, которые приносят полезность агентам. Впервые эту идею сформулировал Ланкастер [Lancaster, 1966a]. Разработанная им новая теория потребления предполагает, что объектами предпочтений являются не товары, а скорее характеристики (или атрибуты), присущие конкретному товару: потребитель, покупая товар, потребляет набор характеристик данного товара. Присущие товарам атрибуты могут обладать свойствами взаимодополняемости или взаимозаменяемости. Проводимые инновации в реальности нацелены на изменение (улучшение) характеристик товаров, которое может воплотиться либо в изменении набора атрибутов в существующем товаре, либо в создании совершенно нового товара с новой пропорцией старых свойств. Есть еще третий тип инноваций — когда вместе с созданием нового товара появляется новая характеристика.

Для дальнейшего анализа необходимо рассмотреть подробнее подход Ланкастера [Lancaster, 1966b]. В данном случае можно провести аналогию с производством. В новой теории потребления товары являются исходными ресурсами, или факторами производства (*inputs*), а набор характеристик — производимой продукцией (*outputs*). В теории производства, наоборот, в качестве факторов производства используется несколько ресурсов, а на выходе получается один про-



дукт. Конечно, некоторые виды потребительской деятельности могут потребовать нескольких товаров (например, управление машиной), но мы рассмотрим простейший случай. Главное в данной теории — связанность характеристик. Несомненно, товары могут иметь общие характеристики, но разного уровня, или собственные неповторимые характеристики. Принципиальная разница между традиционным подходом и новой теорией потребления состоит в том факте, что количество видов товаров никак не связано с количеством свойств, характеризующий товары. Например, один товар можно описать в пространстве нескольких свойств, но увеличение видов товара не обязательно расширит пространство свойств.

Одной из предпосылок нового подхода является требование объективной измеримости характеристик. Это условие дает возможность предположить, что потребительская деятельность линейно однородна, поэтому  $n$ -кратное увеличение единиц товара дает пропорциональное увеличение характеристик.

Ланкастер приводит пример двух экономик, СССР и США, подчеркивая, что сложность производственной структуры не подразумевает разнообразия конечной продукции (СССР); но в развитой экономике (при большом выборе товаров) технологии производства будут сложными. Однако ошибочно полагать, что количество (разнообразие) товаров связано с количеством предлагаемых совокупностью товаров характеристик: эти две величины никак не связаны. При этом количество факторов производства и разнообразие произведенных товаров взаимосвязаны.

Наряду с этим возможно существование нескольких комбинаций товаров, которые дают одинаковый набор характеристик, что является важным отличием от классического подхода.

В модели Ланкастера потребитель сталкивается с двойным выбором: во-первых, находит эффективную границу (по аналогии с кривой производственных возможностей), во-вторых, определяет наиболее предпочтительную для себя комбинацию товаров (точку в пространстве характеристик, достижимую при данной комбинации товаров). Если рынки конкурентны (единые цены для всех потребителей), то эффективная граница одинакова для всех потребителей. Граница эффективной области меняется вместе с доходом и ценами. При относительном изменении цены будет действовать эффект замещения, меняющий выпуклость эффективной границы. Заметим, что цены могут меняться в достаточно большом диапазоне, при этом потребители не перестанут покупать определенный товар, вытеснения может не быть.

Вторая часть работы Ланкастера посвящена вопросу усовершенствования технологии потребления. Если говорить о технологии потребления, то возможны три направления изменения: (1) повышение эффективности фирм, работающих ниже своего технологического потенциала; (2) новые технологии; (3) изменение набора факторов

производства и, как следствие, изменение вектора выпуска (*output*). Ланкастер допускает, что не все потребители эффективны в своем потреблении (например, в силу неполноты информации), поэтому для потребительской деятельности также возможно повышение эффективности. Некоторые потребители готовы платить за эту информацию (снижая издержки поиска информации), но если эффективная граница едина для всех потребителей, то подобное знание должно быть публичным (например, через рекламу).

Принципиальным отличием технологии потребления от технологии производства является тот факт, что рынок не обеспечивает эффективности. Если в экономике низкий уровень разнообразия продуктов, общество находится на уровне выживания, то неэффективный потребитель, скорее всего, не выживет. Обратная ситуация в экономике с высоким разнообразием товаров: вероятно, неэффективность приведет только к более низкому уровню потребления по сравнению с потенциальным, но угрозы выживанию не возникнет.

Традиционная экономическая теория непродуктивна, если речь идет о новых товарах. Следуя новой теории потребления, можно предположить, что новый товар — это просто другая комбинация существующих характеристик, а его эффективность полностью зависит от цены: новый товар может как расширить границы эффективности, так и не изменить их, если окажется на границе или внутри эффективной области. В случае, когда новый товар обладает ранее неизвестными характеристиками, мы оказываемся в том же затруднении, что и при использовании традиционного подхода.

В заключение Ланкастер вводит понятие «общее качественное усовершенствование», означающее замещение старого товара новыми, если старый товар оказался не на границе эффективного множества, изменившегося с созданием новинки, то есть **если** цена на старый товар так велика, что потребители предпочитают покупать новые комбинации товаров, включающие новинку.

В итоге конечными ограничителями системы являются ресурсы, а конечными продуктами — характеристики. Ланкастер предлагает рассматривать технологию производства и технологию потребления, используя разные способы анализа. Он отмечает, что эти виды деятельности имеют разные источники, разные побудительные причины и поэтому для каждой необходим собственный анализ и оценка изменений.

### *Баланс научных разработок*

Ниже представлена модель [Макаров, 1973], включающая в производственную систему не только товары, но и определенные уровни знания, необходимые для равновесия системы. Валерий Макаров анализирует производственную систему знаний, аналогичную модели межотраслевого баланса, предложенной В. В. Леонтьевым [Леонтьев, 1925]. Модель межотраслевого баланса представляет собой систему

уравнений, каждое из которых выражает требование баланса между количеством продукции, произведенным отдельными экономическими агентами, и совокупным потреблением этой продукции. Отличие модели Макарова состоит в добавление «знания» в систему. Автор предполагает, что для производства знаний необходимы определенные затраты, но в отличие от товаров классической производственной системы некоторые товары (знания) **не** обладают свойством неконкурентности потребления. При этом производство новых знаний происходит из существующих. Вопросы измерения уровня знаний в статье не рассматриваются.

Сначала автор формулирует простейшую задачу баланса научных тем. Существует некоторое количество тем, имеющихся к моменту разработки баланса. Аналогом количества продукции выступает степень проработанности темы. Вводятся функции — аналоги коэффициентов в межотраслевом балансе. Вместо величин конечных продуктов появляются приросты уровней проработанности тем, задаваемые экзогенно. Простейшая задача заключается в поиске наименьшей величины прироста уровней проработанности всех тем по сравнению с заданным первоначально уровнем, обеспечивающей прирост уровня заданных тем не ниже требуемого. В силу неконкурентности потребления тем/знаний приросты формируются не как сумма, а как максимум из уровней научных тем. Данная задача аналогична простейшей задаче межотраслевого баланса.

Далее Макаров рассматривает алгоритм решения поставленной задачи и анализирует продуктивность производственной матрицы.

Заключительный параграф работы посвящен динамическому балансу научных разработок, где в качестве аналога производственных фондов отраслей, связывающих годовые балансы, выступают уровни разработки тем по годам. В зависимости от типа функций-коэффициентов получаются задачи линейного программирования, выпуклого программирования и других типов.

### *Моделирование диффузии нововведений с учетом ценового фактора*

Рассмотрим модель [Руссман и др., 1998], анализирующую диффузию нововведений с учетом цен на нововведения. Авторы попытались включить в модель диффузии нововведений цены на данное нововведение и изучить возможности использования современных математических пакетов для решения и анализа систем дифференциальных уравнений.

С одной стороны, уровень распространения нововведения оказывает влияние на цену данного нововведения. С другой стороны, цена на данное нововведение влияет на его распространение, поэтому включение цены нововведения является актуальным направлением представленной авторами модификации модели. Руссман и др. пред-



лагают изменить классическую модель диффузии «эпидемического типа» (то есть зависимости уровня распространения нововведения от времени с учетом различных параметров) на несколько дифференциальных уравнений: первое уравнение включает изменения распространенности нововведения во времени с учетом изменения цены, а второе — изменение цены нововведения в зависимости от уровня его распространения. Для первого уравнения выбраны несколько базовых моделей: (1) модель [Fisher, Pry, 1971]; (2) модель [Robinson, Lakhani, 1975] и (3) модель неоднородного влияния (Non-Uniform Influence Model, NUI) (см., например: [Easingwood et al., 1983]). При описании изменения цены использовались отклонение цены от ее предельного уровня, уровень диффузии и оставшаяся доля рынка. Авторы предложили классификацию для различных типов кривых диффузии нововведений в зависимости от параметров модели и получили девять классов кривых.

Проведенные эксперименты с изменением параметров модели позволили сделать два важных вывода: (1) учет цены не изменяет тип кривой диффузии, она остается S-образной, (2) цена и распространенность нововведений имеют обратную связь: с ростом распространенности цена падает, но в зависимости от класса меняются скорость снижения цены и ее конечный уровень.

### **3. Модель оптимального управления инновациями с учетом рекламы и комплементарности общественного и частного уровня технологий**

#### *Модели управления инновациями продукта и технологий*

В данном разделе рассматриваются модель оптимального управления инновации, проблема процесса оптимального управления при наличии инноваций, касающихся как продукта, так и технологического процесса. Модели оптимального управления при наличии инноваций уже рассматривались ранее (см.: [Bayus, 1995; Mantovani, 2006; Lambertini, Mantovani, 2009; Chevanaz, 2012]).

[Kamien et al., 1992] проанализировал общий эффект от инноваций как конкурентного преимущества для рынка с олигополистической структурой. [Pine, Victor, 1993] накладывают еще больше структурных ограничений на рынок, чтобы проанализировать фирмы, которые могут осуществлять как инновации продукта, так и инновации технологий. [Athey, Schmutzler, 1995] проводят анализ двумерных инноваций: влияющих на спрос (через улучшение качества продукта) и снижающих издержки (через изменение технологического процесса). Эти инновации являются в некотором роде взаимодополняющими.

Существует ряд работ, рассматривающих комплементарность внутренних (проведение собственных НИР) и внешних (покупка

технологии) источников нововведений. Например, в работе [Aroga, Gambardella, 1994] авторы определяют два эффекта от внутренних нововведений. С одной стороны, внутренние инновации необходимы для отслеживания имеющихся проектов. С другой стороны, внутренние инновации позволяют эффективно использовать внешние. Используя научные ноу-хау для аппроксимации первых и технологические инновации для последних, [Aroga, Gambardella, 1994] находят свидетельства в пользу обеих гипотез о комплементарности между использованием внутренних и внешних источников. Эти доказательства предполагают, что исследовательская направленность фирмы может служить важным движущим фактором наблюдаемой комплементарности между внедрением внутренних и внешних технологий. [Rosenberg, 1990] также определяет потенциал освоения фирмы на основании ее направленности на фундаментальные исследования. Он утверждает, что способность к проведению фундаментальных исследований зачастую является необходимой для мониторинга и оценки исследований, проводимых где-либо еще. [Blonigen, Taylor, 2000] также определяют две возможные гипотезы эффекта деятельности фирмы по НИР на ее стратегию поглощения. В то время как внутренние НИР и внедренные внешние технологии являются субститутами, что приводит к отрицательному соотношению между ними, внутренние НИР стимулируют синергетические выгоды от потенциальных целей, что предполагает положительную взаимосвязь. Обе гипотезы подтверждаются на панельных данных американских фирм электроники с использованием интенсивности НИР для проверки первой гипотезы и расходов на НИР для второй. [Veugelers, Cassiman, 1999] также предоставляют свидетельства в пользу комбинирования фирмами разработки внутренних ноу-хау и использования внешних источников. [Veugelers, 1997] рассматривает обратное отношение, заключающееся в том, что использование внешних источников стимулирует расходы на внутренние НИР, по крайней мере в случае фирм с внутренними научно-исследовательскими отделами.

Аспект согласованности видов деятельности имеет более общий характер, чем вопрос видов деятельности в рамках инновационной стратегии [Porter, 1996]. Наиболее исследованным является вопрос согласованности деятельности в области управления человеческими ресурсами и стратегии фирмы. [Ghemawat, 1995] изучает случай *Nucor*, американской сталелитейной фирмы, совмещающей инновационный менеджмент человеческих ресурсов и капитала со стратегией поддержания низких издержек. Аналогичным образом [Ichniowski et al., 1997] исследуют эффекты методов управления персоналом на производительность для выборки предприятий, осуществляющих конечную обработку стали. Оба исследования обнаруживают значительную комплементарность между различными практиками управления человеческими ресурсами и стратегией фирм. Фирмы, которым удается

должным образом совмещать эти виды деятельности, значительно превосходят по показателям своих конкурентов в отрасли.

Отметим, что чем сложнее становится задача исследования, тем меньше значимых выводов можно получить при рассмотрении более реалистичных (и потому более сложных) структур рынка. Поэтому большинство моделей рассматривают случаи монополий; так, в [Mantovani, 2006] исследуется комплементарность между инновациями, направленными на улучшение качества продукта, и инновациями, направленными на улучшение технологического процесса. А в [Lambertini, Montovani, 2009] рассматривается проблема монополии с дифференцированными продуктами при учете обоих типов инноваций. В [Chevanaz, 2012] предложена модель инноваций для определения оптимального уровня цены и инвестиций в каждый из типов инноваций, более того, эта модель учитывала различные типы функций спроса при обобщенной функции отдачи от инноваций. Существует множество работ, посвященных эффекту обучения (см. например: [Jovanovic, Lach, 1989]); одна из последних — статья [Pan, Li, 2016], в которой строится модель при наличии обучения в процессе производства.

Однако существующие модели не учитывают того факта, что инновации, проводимые фирмой, и «общественный рынок» инноваций взаимосвязаны, даже если фирма производит принципиально новый продукт. То есть уровень технологий общества является комплементарным для уровня технологий фирмы, так как часть технологий является общедоступной, независимо от инновационной деятельности фирмы.

Поэтому в данном разделе мы сконцентрируемся на модели оптимального управления при наличии инноваций продукта и технологического процесса при учете комплементарности общественного и частного уровня технологий. Более того, в одной из модификаций модели мы рассмотрим влияние возможности рекламы продукта на объем и динамику инноваций.

### *Описание модели<sup>1</sup>*

Для начала рассмотрим базовую модель. Обозначим:

$c(t)$  — издержки (постоянные средние);

$p(t)$  — цена;

$u(t)$  — инвестиции в инновации продукта;

$v(t)$  — инвестиции в инновации связанные с производственным процессом;

$q(t)$  — уровень технологичности продукта фирмы (относительный показатель, в начальном периоде равен 1);

---

<sup>1</sup> Раздел подготовлен при участии М. Л. Фреера, аспиранта департамента экономики, Университета им. Джорджа Мейсона (PhD student in Economics, George Mason University Graduate Research Assistant at Interdisciplinary Center for Economic Studies GMU).

$h(t)$  — уровень технологий производственного процесса (относительный показатель, в начальном периоде равен 1);

$\rho$  — фактор дисконтирования.

Также необходимо ввести уровни технологий общества:

$q_{-i}(t)$  — уровень технологий продукта, достигнутый другими фирмами;

$h_{-i}(t)$  — уровень технологий производственного процесса достигнутый другими фирмами.

Обозначим через  $f(p(t), q(t))$  — функцию спроса на товар, и предположим, что изменение издержек будет описываться следующим законом:  $\dot{c} = s(h(t), c(t))$ .

Также рассматривается влияние рекламы на оптимальный уровень инвестиций в инновации. Обозначим затраты на рекламу через  $\phi$  (некий параметр, выбираемый вне основной задачи; влияние его изменений представлено в 3.3.2), тогда функция полезности будет также зависеть от этого параметра:  $f(p, q, \phi)$ . С учетом введенных предпосылок задача фирмы выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{p(t), u(t), v(t)} \int_0^T e^{-\rho t} [(p(t) - c(t))f(p(t), q(t), \phi(t)) - u - v - \phi] dt \\ \dot{c} = s(h(t), c(t)) \\ \dot{h} = r(h, h_{-i}, v) \\ \dot{q} = g(q, q_{-i}, u) \\ \dot{h}_{-i} = r(h, h_{-i}, \alpha) \\ \dot{q}_{-i} = g(q, q_{-i}, \beta) \end{array} \right.$$

Теперь рассмотрим динамику инновационного процесса. Предполагается, что фирма может пользоваться исследованиями других фирм для получения нового уровня технологий, но не может напрямую использовать их для производства более технологичного продукта или усовершенствования производственного процесса. Мы рассматриваем модель без эффектов перелива, поэтому уровень технологий продукта и процесса не влияют друг на друга:

$$\dot{h} = r(h, h_{-i}, v); \quad \dot{h}_{-i} = r(h, h_{-i}, \alpha);$$

$$\dot{q} = g(q, q_{-i}, u); \quad \dot{q}_{-i} = g(q, q_{-i}, \beta),$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  — экзогенные уровни инвестиций в инновации производственного процесса и товара соответственно.

Сначала запишем гамильтониан для данной задачи:

$$\begin{aligned} H = & (p - c)f(p, q, \phi) - u - v + \lambda_1 s(h, c) + \lambda_2 r(h, h_{-i}, v) + \\ & + \lambda_3 g(q, q_{-i}, u) + \lambda_4 r(h, h_{-i}, \alpha) + \lambda_5 g(q, q_{-i}, \beta). \end{aligned}$$

Тогда условия первого порядка будут выглядеть следующим образом:

$$(\hat{p} - c) \frac{f(\hat{p}, q, \hat{\phi})}{\partial p} + f(\hat{p}, q, \hat{\phi}) = 0;$$

$$-1 + \frac{f(\hat{p}, q, \hat{\phi})}{\partial \phi} = 0;$$

$$-1 + \lambda_3 \frac{\partial g(q, q_{-i}, \hat{u})}{\partial u} = 0;$$

$$-1 + \lambda_2 \frac{\partial r(h, h_{-i}, \hat{v})}{\partial v} = 0.$$

При условии следующих ограничений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{c} = s(h(t), c(t)) \\ \dot{h} = r(h, h_{-i}, v) \\ \dot{q} = g(q, q_{-i}, u) \\ \dot{h}_{-i} = r(h, h_{-i}, \alpha) \\ \dot{q}_{-i} = g(q, q_{-i}, \beta) \\ \dot{\lambda}_1 = \rho \lambda_1 + f(p, q, \phi) - \lambda_1 \frac{\partial s(c, h)}{\partial c} \\ \dot{\lambda}_2 = \rho \lambda_2 - \lambda_1 \frac{\partial s(c, h)}{\partial h} - \lambda_2 \frac{\partial r(h, h_{-i}, v)}{\partial h} - \lambda_4 \frac{\partial r(h, h_{-i}, \beta)}{\partial h} \\ \dot{\lambda}_3 = \rho \lambda_3 - (p - c) \frac{\partial f(p, q, \phi)}{\partial q} - \lambda_2 \frac{\partial r(q, q_{-i}, u)}{\partial q} - \lambda_4 \frac{\partial r(q, q_{-i}, \alpha)}{\partial q} \\ \dot{\lambda}_4 = \rho \lambda_4 - \lambda_2 \frac{\partial r(h, h_{-i}, v)}{\partial h_{-i}} - \lambda_4 \frac{\partial r(h, h_{-i}, \beta)}{\partial h_{-i}} \\ \dot{\lambda}_5 = \rho \lambda_5 - \lambda_5 \frac{\partial r(q, q_{-i}, u)}{\partial q_{-i}} - \lambda_4 \frac{\partial r(q, q_{-i}, \alpha)}{\partial q_{-i}} \end{array} \right.$$

Теперь, специфицировав данные функции, возможно продемонстрировать результаты симуляций для данной модели. Далее будет использоваться линейная функция спроса:

$$f(p, q, \phi) = a - a_p p + a_q q - a_\phi \phi.$$

Также предполагается линейная динамика средних издержек  $s(h, c) = \sigma c - h$ .

Для учета комплементарности уровня знаний других фирм и уровня знаний данной фирмы будут использоваться  $g = u^2 q q_{-i}$  и  $r = v^2 h h_{-i}$ .



Таким образом, показаны частичная комплементарность уровня знаний и доступность максимального уровня знаний общества для фирмы.

Для начала рассматриваются два типа обществ: технологически высокоразвитое общество и технологически низкоразвитое общество. Эти общества различаются начальным уровнем  $q_{-i}$ ,  $h_{-i}$ , для первого они выше, чем соответствующее уровни технологий фирмы, а для второго ниже.

Перейдем к описанию и анализу результатов симуляции модели.

#### 4. Имитационные эксперименты

##### *Уровень и эффективность технологий*

В этом разделе рассматривается влияние начального уровня технологий в обществе на оптимальное решение. Начнем с высокотехнологического общества, в котором начальный уровень технологий выше уровня технологий фирмы. Вторым типом общества является низкотехнологичное, для которого начальный уровень технологий не превышает начального уровня технологий фирмы.

Высокотехнологичное общество можно рассматривать как пример того, когда фирма не производит принципиально нового продукта и не использует принципиально новой технологии. Низкотехнологичное общество подходит скорее для фирмы, которая выводит на рынок принципиально новый продукт или использует новую технологию для производства товара.

На рис. 1 и 2 показано, что в случае низкотехнологичного общества фирма больше инвестирует в инновации. Однако поскольку фирма

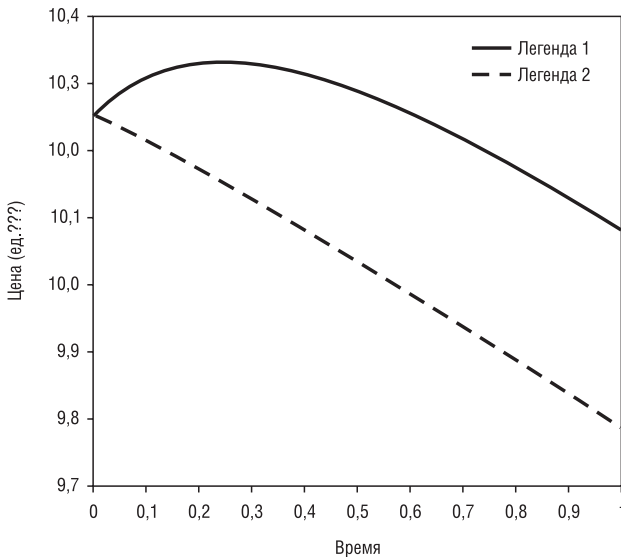


Рис. 1. Оптимальный уровень цены

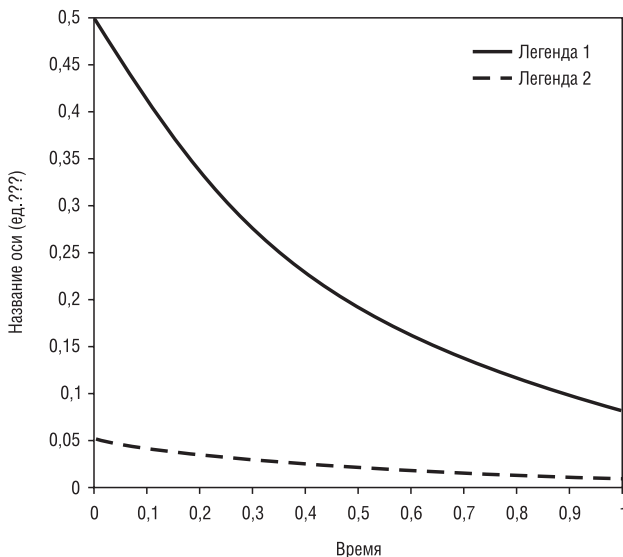


Рис. 2. Оптимальный уровень инвестиций в инновации

является монополистом, то значительную долю этих затрат она перекладывает на потребителя, поэтому цена для низкотехнологичного общества выше, чем цена для высокотехнологичного.

Также стоит рассмотреть реакцию фирмы на требовательность потребителей к уровню качества продукта, которая в нашей спецификации модели выражена через  $a_q = \partial f / \partial q$ . На рис. 3 мы видим оптимальный уровень технологий, но при прочих равных уровень технологий будет тем выше, чем выше уровень инвестиций в инно-

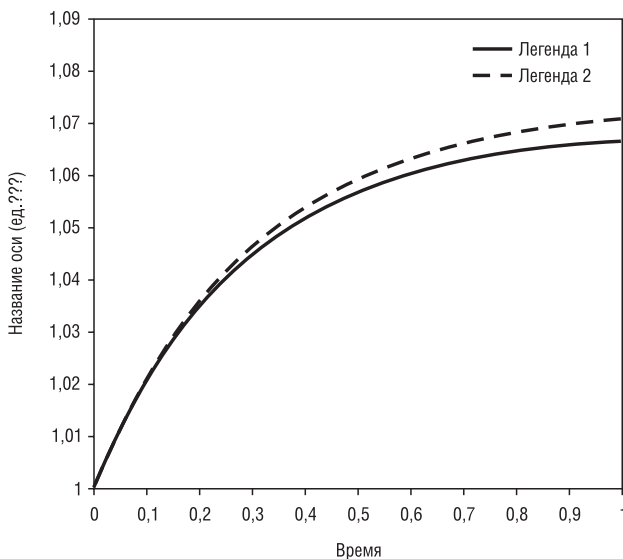


Рис. 3. Оптимальный уровень технологий

вазии (модель не является стохастической). Заметим, что чем выше спрос на качество продукта, тем больше фирма будет инвестировать в инновации (рис. 3). Также отметим, что в результате значимые различия по качеству формируются не мгновенно, а лишь по истечении определенного времени.

Следует подчеркнуть, что изначально при достаточно низких уровнях технологий различие не является значительным, однако увеличивается с течением времени. Это обусловлено природой инвестиций в инновации, поскольку отдача не является мгновенной.

Интересным фактом, также является то, что инвестиции в качество продукта и инвестиции в производственный процесс являются субститутами. На рис. 4 и 5 мы видим, что при увеличении требовательности потребителя к уровню качества фирма повышает уровень инвестиций в качество продукта, однако снижает объем инвестиций в технологический процесс. Поскольку в этом случае фирма может получать бóльшую прибыль, просто повышая цену на товар при более высоком его качестве, предельная прибыль от инвестиций в качество продукта в этом случае превышает предельную прибыль от инвестиций.

Исходя из того факта, что разные типы инвестиций в инновации являются субститутами, стоит обратить внимание на общий уровень инноваций. На рис. 6 мы видим, что при более высокой требовательности потребителя к качеству суммарный объем произведенных инноваций будет выше. Таким образом, мы не наблюдаем абсолютного замещения инноваций в технологический процесс инновациями в качество продукта.

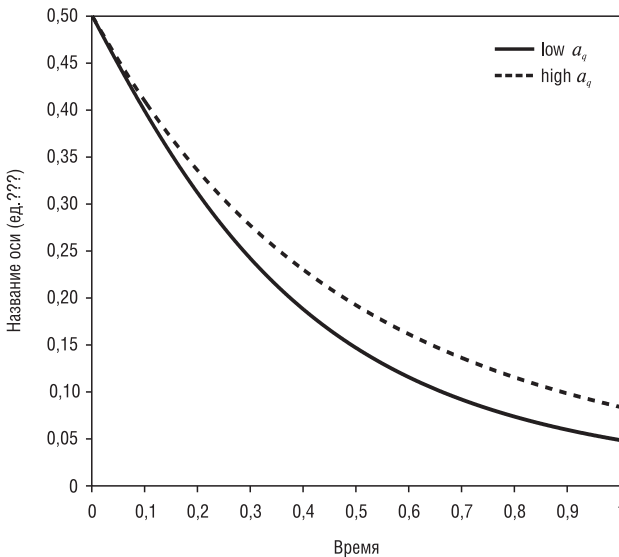


Рис. 4. Уровень инвестиций в качество продукта

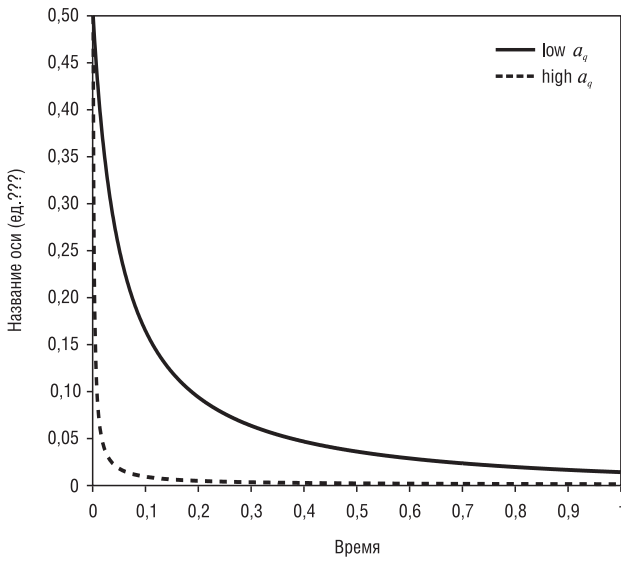


Рис. 5. Уровень инвестиций в производственный процесс

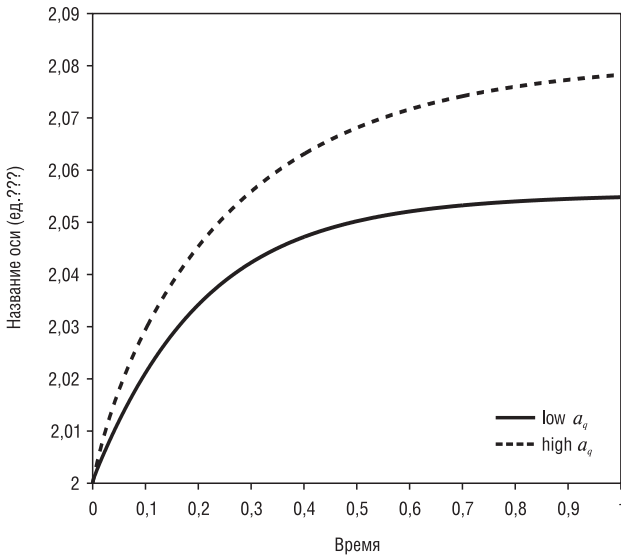


Рис. 6. Суммарный уровень технологического прогресса

### *Инновации и реклама*

Далее рассматривается влияние рекламы на оптимальный уровень инвестиций в инновации. Предполагается, что чем выше затраты на рекламу, тем больший спрос формируется на товар фирмы.

На **рис. 7** мы видим затраты на рекламу при различных уровнях ее предельной эффективности. Нижняя кривая соответствует низкому

уровню предельной эффективности рекламы (ниже, чем предельное качество продукта), средняя кривая соответствует базовому уровню предельной эффективности рекламы (равной предельной эффективности от уровня качества), а верхняя кривая — высокому предельному уровню эффективности рекламы (выше, чем предельная эффективность от качества). Отметим, что в данном случае наблюдается повышение затрат на рекламу при увеличении ее эффективности

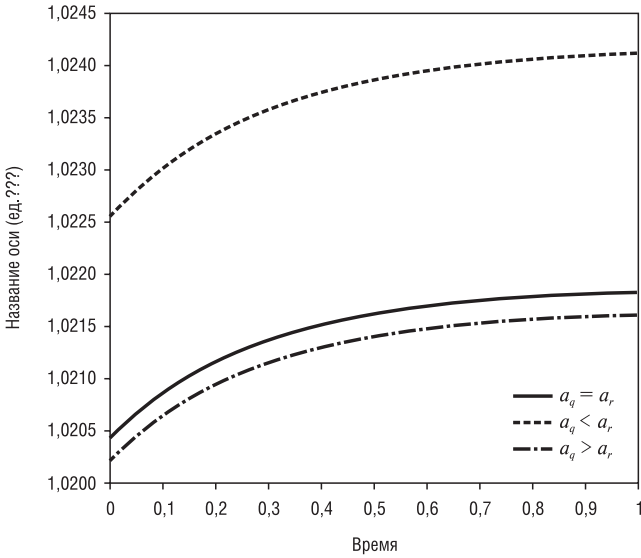


Рис. 7. Оптимальный уровень затрат на рекламу

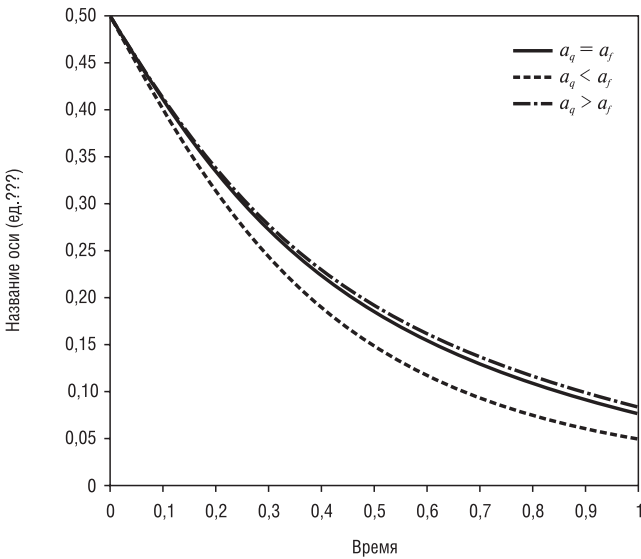


Рис. 8. Оптимальный уровень инвестиций в инновации [нет ссылки в тексте!](#)



(аналогично инвестициям в инновации продукта), однако исходя из условий первого порядка можно отметить, что затраты на рекламу будут вытеснять инвестиции в инновации технологического прогресса, но не инвестиции в инновации продукта (рис. 7).

Итак, в данном разделе рассмотрена модель оптимального управления инноваций продукта и технологического процесса при наличии рекламы и комплементарности общественного и частного уровня технологий.

Имитационные расчеты на основе модели позволяют сделать вывод, что в случае высокотехнологичного общества фирма недостаточно инвестирует в инновации как продукта, так и технологического процесса, однако в случае низкотехнологичного общества фирма переносит большую часть этих затрат на потребителя через повышение цены на продукт. Также инвестиции в инновации продукта тем выше, чем больше требовательность потребителей к качеству. Кроме того, наблюдается эффект замещения инноваций технологического процесса рекламой: чем выше эффективность рекламы, тем меньше фирма будет инвестировать в инновации технологического процесса.

### Заключение

Диффузия инноваций определенно является одной из наиболее быстро развивающихся областей исследований. Более того, многие из вопросов, поднятых в ходе анализа диффузии, лежат в основе самой экономической теории, поскольку затрагивают критичные вопросы, относящиеся к экономической координации и экономической динамике. Весьма разнообразные классы моделей в настоящий момент конкурируют в интерпретации инноваций, диффузии и их эффектов.

Одной из перспективных задач для дальнейшего исследования инновационных процессов является анализ неравновесных ситуаций, когда спрос на инновации не совпадает с их предложением. В этом случае баланс знаний, о котором шла речь выше, или баланс качеств инноваций, модели которого предстоит создать, отсутствует, и возникает проблема поиска узких мест в системе из инновационных процессов. Приведенные в работе модели управления инновационными процессами и эволюционные модели, представленные в статье [Букин, 2015], можно рассматривать как фрагменты для конструирования возможных неравновесных моделей на рынке инновационных товаров. Но это уже тема для дальнейшей работы.

### Литература

1. Букин К. А. Диффузия инноваций: модель эволюционных процессов // Экономическая политика. 2015. № 6. С. ???—???
2. Леонтьев В. В. Баланс народного хозяйства СССР. Методологический разбор работы ЦСУ // Плановое хозяйство. 1925. № 12. С. 254—258.
3. Макаров В. Л. Баланс научных разработок и алгоритм его решения // Оптимизация: Сб. трудов ИМ СО АН. 1973. Вып. 11. С. 37—45.

4. Розоноэр Л. И., Седых Е. И. О механизмах эволюции самовоспроизводящихся систем. I // Автоматика и телемеханика. 1979а. № 2. С. 110—119.
5. Розоноэр Л. И., Седых Е. И. О механизмах эволюции самовоспроизводящихся систем. II // Автоматика и телемеханика. 1979b. № 3. С. 119—130.
6. Розоноэр Л. И., Седых Е. И. О механизмах эволюции самовоспроизводящихся систем. III // Автоматика и телемеханика. 1979с. № 5. С. 137—148.
7. Русман И. Б., Болдырев Р. Л., Щепина И. Н. Труды конференции «Математическое моделирование систем. Методы, приложения и средства». Воронеж: Изд-во ВГУ. 1998. С. 53—58.
8. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Предисл. В. С. Автономова. М.: Эксмо, 2007.
9. Щепина И. Анализ инновационной деятельности регионов России: многоуровневый подход. Дисс. ... д. э. н. М.: ЦЭМИ РАН, 2012.
10. Arora A., Gambardella A. Evaluating technological information and utilizing it: Scientific knowledge, technological capability and external linkages in biotechnology // Journal of Economic Behavior and Organisation. 1994. Vol. 24. No 1. P. 91—114.
11. Athey S., Schmutzler A. Product and process flexibility in an innovative environment // Rand Journal of Economics. 1995. Vol. 26. No 4. P. 557—574.
12. Bayus B. L. Optimal dynamic policies for product and process innovation // Journal of Operations Management. 1995. Vol. 12. No 3. P. 173—185.
13. Blonigen B., Taylor C. R&D activity and acquisitions in high technology industries: evidence from the US electronics industry // Journal of Industrial Economics. 2000. Vol. 47. No 1. P. 47—71.
14. David P. A., Foray D. Dynamics of competitive technology diffusion through local network structures: The case of EDI document standards // New Developments in Technology Studies / L. Leydesdorff (ed). Amsterdam: Elsevier, 1994. P. 63—78.
15. Davies S. The diffusion of process innovations. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
16. Dosi G. The research on innovation diffusion. Some introductory remarks // Rivista Internazionale di Scienze Sociali. 1992. Vol. 100. No 3. P. 219—226.
17. Easingwood C. J., Mahajan V., Muller E. A Nonuniform influence innovation diffusion model of new product // Marketing Science. 1983. Vol. 2. No 3. P. 273—295.
18. Farrell J., Saloner G. Standardization, compatibility, and innovation // Rand Journal of Economics. 1985. Vol. 16. No 1. P. 70—83.
19. Fisher J. C., Pry R. H. A simple substitution model of technological change // Technological Forecasting and Social Change. 1971. Vol. 3. No. 2. P. 75—88.
20. Gebhardt A., Hatzold O. Numerically controlled machine tools // The diffusion of new industrial processes / L. Nasbeth, G. F. Ray (eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 1974. P. 22—57.
21. Ghemawat P. Commitment to a process innovation: Nucor, USX, and thin-slab casting // Journal of Economics and Management Strategy. 1993. Vol. 2. No 1. P. 135—161.
22. Gold B., Peirce W. S., Rosegger G. Diffusion of major technological innovations in US iron and steel manufacturing // Journal of Industrial Economics. 1970. Vol. 18. No 3. P. 218—241.
23. Gort M., Klepper S. Time paths in the diffusion of product innovations // Economic Journal. 1982, Vol. 92. No 367. P. 630—653.
24. Griliches Z. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change // Econometrica. 1957. Vol. 25. No. 4. P. 501—522.
25. Hakanson S. Special presses in paper-making // The diffusion of new industrial processes / L. Nasbeth, G. F. Ray (eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 1974. P. 58—104.
26. Ichniowski C., Shaw K., Prennushi G. The effects of human resource management practices on productivity: A study of steel finishing lines // American Economic Review. 1997. No 87. No. 3. P. 291—313.
27. Jovanovic B., Lach S. Entry, Exit, and Diffusion with Learning by Doing // American Economic Review. 1989. Vol. 79. No 4. P. 690—699.

28. *Kamien M., Oren S., Tauman Y.* Optimal Licensing of Cost Reducing Innovation // Journal of Mathematical Economics. 1992. Vol. 21. No 5. P. 483—508.
29. *Katz M. L., Shapiro C.* Network externalities, competition, and compatibility // American Economic Review. 1985. Vol. 75. No 3. P. 424—440.
30. *Katz M. L., Shapiro C.* Product introduction with network externalities // Journal of Industrial Economics. 1992. Vol. 40. No 1. P. 55—83.
31. *Katz M. L., Shapiro C.* Systems competition and network effects // Journal of Economic Perspectives. 1994. Vol. 8. No 2. P. 93—115.
32. *Katz M. L., Shapiro C.* Technology adoption in the presence of network externalities // Journal of Political Economy. 1986. Vol. 94. No 4. P. 822—841.
33. *Lacci L.A., Davies S.W., Smith R.* Tunnel kilns in brickmaking // The diffusion of new industrial processes / L. Nasbeth, G. F. Ray (eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 1974. P. 105—145.
34. *Lambertini L., Mantovani A.* Process and product innovation by a multiproduct monopolist: a dynamic approach // International Journal of Industrial Organization. 2009. Vol. 27. No 4. P. 508—518.
35. *Lancaster K. J.* A new approach to consumer theory // Journal of Political Economy. 1966. Vol. 74. No 2. P. 132—157.
36. *Lancaster K. J.* Change and innovation in the technology of consumption // American Economic Review. 1966. Vol. 56. No 2. P. 14—23.
37. *Mansfield E.* Industrial research and technological innovation: An economic analysis. N.Y.: W.W. Norton, 1968.
38. *Mansfield E.* Technological change: Measurement, determinants, and diffusion // Report to the President by the National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress. 1966. February. Appendix vol. II. Washington, DC. P. 97—25.
39. *Mansfield E., Rapoport J., Romeo A., Villani E., Wagner S., Husic F.* The production and application of new industrial technology. N.Y.: W.W. Norton, 1977.
40. *Mantovani A.* Complementarity between product and process innovation in a monopoly setting // Economics of Innovation and New Technology. 2006. Vol. 15. No 3. P. 219—234.
41. *Pan X., Li S.* Dynamic optimal control of process—product innovation with learning by doing // European Journal of Operational Research. 2016. Vol. 248. No 1. P. 136—145.
42. *Pine II B. J., Victor B.* Making mass customization work // Harvard Business Review. 1993. Vol. 71. No 5. P. 108—117.
43. *Porter M.* What's strategy // Harvard Business Review. 1996. Vol. 74, No. 6. P. 61—78.
44. *Robinson R., Lakhani C.* Dynamic price models for new product planning // Management Sciences. 1975. Vol. 21. No 10. P. 1113—1122.
45. *Rosegger G.* The economics of production and innovation: an industrial perspective. N.Y.: Pergamon Press, 1980.
46. *Rosenberg N.* Why do firms do basic research (with their own money)? // Research Policy. 1990. Vol. 19. No 2. P. 165—174.
47. *Silverberg G., Dosi G., Orsenigo L.* Innovation, diversity and diffusion: A self-organisation model // Economic Journal. 1988. Vol. 98. No 393. P. 1032—1054.
48. *Smith R. J.* Shuttleless looms // The diffusion of new industrial processes / L. Nasbeth, G. F. Ray (eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 1974. P. 251—293.
49. *Stoneman P.* The economics of technological diffusion. Oxford: Wiley-Blackwell, 2001.
50. *Thirtle C. G., Ruttan V.* The role of demand and supply in the generation and diffusion of technical change. London: Harwood Academic Publishers, 1987. **нет ссылки в тексте!**
51. *Veugelers R., Cassiman B.* Make and buy in innovation strategies: Evidence from belgian manufacturing firms // Research Policy. 1999. Vol. 28. No 1. P. 63—80.
52. *Veugelers R.* Internal R&D expenditures and external technology sourcing // Research Policy. 1997. Vol. 26. No 3. P. 303—316.
53. *Wozniak G. D.* The adoption of interrelated innovations: A human capital approach // Review of Economics and Statistics. 1984. Vol. 66. No 1. P. 70—79.

**Mark LEVIN**<sup>1,2</sup>, Dr. Sci. (Econ.), professors. E-mail: mlevin05@gmail.com.  
**Ksenia MATROSOVA**<sup>1,2</sup>. E-mail: matrosova.k@gamil.com.

<sup>1</sup> National Research University Higher School of Economics (26, Shabolovka ul., Moscow, 119049, Russian Federation).

<sup>2</sup> Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (82, Vernadskogo prosp., Moscow, 119571, Russian Federation).

### Diffusion of Innovation and Beyond

#### Abstract

This paper is an analysis of the diffusion of innovation. The first section provided an overview of the issues and analyzed the problems of diffusion of innovations, the tools used in the economy of innovation. The second section is devoted to the problems of the diffusion of innovations in the concept of K. Lancaster, in which innovations are considered primarily as changes in quality (attributes) of goods. The final section the model of the optimal control of diffusion processes is proposed and using it by the methods of simulation analysis.

*Key words: diffusion of innovation, attributes, simulation analysis*

*JEL: C02, C31, C63.*

#### References

1. Bukin K. A. Diffusion of innovations: a model of the evolutionary processes. *Ekonomicheskaya Politika*. 2015, No. 6, pp. ???–???
2. Leontiev V. V. The balance of the national economy of USSR. Methodological analysis of the Central Statistical Office's work. *Planovoe Khozyajstvo*, 1925, no. 12, pp. 254-258.
3. Makarov V. L. The balance of scientific developments and the ability of its solutions. *Optimizaciya*, 1973, no. 11, pp. 37-45.
4. Rozonoehr L. I., Sedyh E. I. About the mechanisms of evolution of self-replicating systems. I. *Avtomatika i Telemekhanika*. 1979a, no. 2, pp. 110-119.
5. Rozonoehr L. I., Sedyh E. I. About the mechanisms of evolution of self-replicating systems. II. *Avtomatika i Telemekhanika*. 1979b, no. 3, pp. 119-130.
6. Rozonoehr L. I., Sedyh E. I. About the mechanisms of evolution of self-replicating systems. III. *Avtomatika i Telemekhanika*. 1979c, no. 5, pp. 137-148.
7. Russman I. B., Boldyrev R. L., Shchepina I. N. Conference materials "Mathematical modeling of systems. Methods and means of application". Voronezh: VGU Publ., 1998, pp. 53-58.
8. Schumpeter J. *The theory of economic development*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934.
9. Shchepina I. *Analysis of innovative activity of regions of Russia: A multilevel approach*. Dissertasion. 2012.
10. Arora A., Gambardella A. Evaluating technological information and utilizing it: Scientific knowledge, technological capability and external linkages in biotechnology. *Journal of Economic Behavior and Organisation*, 1994, vol. 24, no. 1, pp. 91-114.
11. Athey S., Schmutzler A. Product and process flexibility in an innovative environment. *Rand Journal of Economics*, 1995, vol. 26, no. 4, pp. 557-574.
12. Bayus B. L. Optimal dynamic policies for product and process innovation. *Journal of Operations Management*, 1995, vol. 12, no. 3, pp. 173-185.
13. Blonigen B., Taylor C. R&D activity and acquisitions in high technology industries: evidence from the US electronics industry. *Journal of Industrial Economics*, 2000, vol. 47, no. 1, pp. 47-71.

14. David P. A., Foray D. Dynamics of competitive technology diffusion through local network structures: The case of EDI document standards. In: L. Leydesdorff (ed). *New Developments in Technology Studies*. Amsterdam: Elsevier, 1994, pp. 63-78.
15. Davies S. *The diffusion of process innovations*. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.
16. Dosi G. The research on innovation diffusion. Some introductory remarks. *Rivista Internazionale di Scienze Sociali*, 1992, vol. 100, no. 3, pp. 219-226.
17. Easingwood C. J., Mahajan V., Muller E. A Nonuniform influence innovation diffusion model of new product. *Marketing Science*, 1983, vol. 2, no. 3, pp. 273-295.
18. Farrell J., Saloner G. Standardization, compatibility, and innovation. *Rand Journal of Economics*, 1985, vol. 16, no. 1, pp. 70-83.
19. Fisher J. C., Pry R. H. A simple substitution model of technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 1971, vol. 3, no. 2, pp. 75-88.
20. Gebhardt A., Hatzold O. Numerically controlled machine tools. In: L. Nasbeth, G. F. Ray (eds.). *The diffusion of new industrial processes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1974, pp. 22-57.
21. Ghemawat P. Commitment to a process innovation: Nucor, USX, and thin-slab casting. *Journal of Economics and Management Strategy*, 1993, vol. 2, no. 1, pp. 135-161.
22. Gold B., Peirce W. S., Rosegger G. Diffusion of major technological innovations in US iron and steel manufacturing. *Journal of Industrial Economics*, 1970, vol. 18, no. 3, pp. 218-241.
23. Gort M., Klepper S. Time paths in the diffusion of product innovations. *Economic Journal*, 1982, Vol. 92, no. 367, pp. 630-653.
24. Griliches Z. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. *Econometrica*, 1957, vol. 25. No. 4, pp. 501-522.
25. Hakanson S. Special presses in paper-making. In: L. Nasbeth, G. F. Ray (eds.). *The diffusion of new industrial processes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1974, pp. 58-104.
26. Ichniowski C., Shaw K., Prennushi G. The effects of human resource management practices on productivity: A study of steel finishing lines. *American Economic Review*, 1997, no. 87. No. 3, pp. 291-313.
27. Jovanovic B., Lach S. Entry, Exit, and Diffusion with Learning by Doing. *American Economic Review*, 1989, vol. 79, no. 4, pp. 690-699.
28. Kamien M., Oren S., Tauman Y. Optimal Licensing of Cost Reducing Innovation. *Journal of Mathematical Economics*, 1992, vol. 21, no. 5, pp. 483-508.
29. Katz M. L., Shapiro C. Network externalities, competition, and compatibility. *American Economic Review*, 1985, vol. 75, no. 3, pp. 424-440.
30. Katz M. L., Shapiro C. Product introduction with network externalities. *Journal of Industrial Economics*, 1992, vol. 40, no. 1, pp. 55-83.
31. Katz M. L., Shapiro C. Systems competition and network effects. *Journal of Economic Perspectives*, 1994, vol. 8, no. 2, pp. 93-115.
32. Katz M. L., Shapiro C. Technology adoption in the presence of network externalities. *Journal of Political Economy*, 1986, vol. 94, no. 4, pp. 822-841.
33. Lacci L.A., Davies S.W., Smith R. Tunnel kilns in brickmaking. In: L. Nasbeth, G. F. Ray (eds.). *The diffusion of new industrial processes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1974, pp. 105-145.
34. Lambertini L., Mantovani A. Process and product innovation by a multiproduct monopolist: a dynamic approach. *International Journal of Industrial Organization*, 2009, vol. 27, no. 4, pp. 508-518.
35. Lancaster K. J. A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, 1966, vol. 74, no. 2, pp. 132-157.
36. Lancaster K. J. Change and innovation in the technology of consumption. *American Economic Review*, 1966, vol. 56, no. 2, pp. 14-23.
37. Mansfield E. *Industrial research and technological innovation: An economic analysis*. N.Y.: W.W. Norton, 1968.



38. Mansfield E. *Technological change: Measurement, determinants, and diffusion*. Report to the President by the National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress, 1966. February. Appendix vol. II. Washington, DC, pp. 97-25.
39. Mansfield E., Rapoport J., Romeo A., Villani E., Wagner S., Husic F. *The production and application of new industrial technology*. N.Y.: W.W. Norton, 1977.
40. Mantovani A. Complementarity between product and process innovation in a monopoly setting. *Economics of Innovation and New Technology*, 2006, vol. 15, no. 3, pp. 219-234.
41. Pan X., Li S. Dynamic optimal control of process-product innovation with learning by doing. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 248, no. 1, pp. 136-145.
42. Pine II B. J., Victor B. Making mass customization work. *Harvard Business Review*, 1993, vol. 71, no. 5, pp. 108-117.
43. Porter M. What's strategy. *Harvard Business Review*, 1996, vol. 74, No. 6, pp. 61-78.
44. Robinson R., Lakhani C. Dynamic price models for new product planning. *Management Sciences*, 1975, vol. 21, no. 10, pp. 1113-1122.
45. Rosegger G. *The economics of production and innovation: an industrial perspective*. N.Y.: Pergamon Press, 1980.
46. Rosenberg N. Why do firms do basic research (with their own money)? *Research Policy*, 1990. vol. 19, no. 2, pp. 165-174.
47. Silverberg G., Dosi G., Orsenigo L. Innovation, diversity and diffusion: A self-organisation model. *Economic Journal*, 1988, vol. 98, no. 393, pp. 1032-1054.
48. Smith R. J. Shuttleless looms. In: L. Nasbeth, G. F. Ray (eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 1974, pp. 251-293.
49. Stoneman P. *The economics of technological diffusion*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2001.
50. Thirtle C. G., Ruttan V. *The role of demand and supply in the generation and diffusion of technical change*. London: Harwood Academic Publishers, 1987. **нет ссылки в тексте!**
51. Veugelers R., Cassiman B. Make and buy in innovation strategies: Evidence from Belgian manufacturing firms. *Research Policy*, 1999, vol. 28, no. 1, pp. 63-80.
52. Veugelers R. Internal R&D expenditures and external technology sourcing. *Research Policy*, 1997, vol. 26, no. 3, pp. 303-316.
53. Wozniak G. D. The adoption of interrelated innovations: A human capital approach. *Review of Economics and Statistics*, 1984, vol. 66, no. 1, pp. 70-79.