

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

Левин М.И., Матросова К.А.

**Исследование, моделирование и управление процессами
распространения инноваций
в социально-экономических системах**

Москва 2016

Аннотация. Данная работа посвящена диффузии инноваций. Целью работы является изучение инновационных процессов в экономике, разработка и исследование математических моделей, описывающих взаимосвязанные диффузионные процессы и оптимальное управление на основе этих моделей.

This paper is an analysis of the diffusion of innovation. The aim of the study is to elaborate comprehensive survey involving many carefully consistent peculiarities or different approaches of innovative diffusion and to create an original model of innovative processes.

Левин М.И., заведующий кафедрой микроэкономического анализа экономического факультета Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Матросова К.А., старший преподаватель кафедры микроэкономического анализа экономического факультета Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Ключевые слова: инновации, диффузия инноваций, внешние эффекты, имитационное моделирование, атрибуты, эволюционная теория

Key words: innovation, diffusion of innovation, externalities, simulation analysis, attributes, evolutionary theory

Данная работа подготовлена на основе материалов научно-исследовательской работы, выполненной в соответствии с Государственным заданием РАНХиГС при Президенте Российской Федерации на 2015год.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
I. Особенности диффузии инноваций	6
1.1 Типология инновационных процессов.....	6
1.2 Эффекты запаздывания при распространении инноваций.....	6
1.3 Одномерные модели диффузий инновации	7
1.4 Многомерные модели диффузий и замещение инноваций.....	9
1.5 «Эффекты перелива» в инновационных процессах.....	16
1.6 Эффекты неопределенности и их моделирование при управлении инновационными процессами.....	23
1.7 Сравнительная статика и качественный анализ при управлении диффузионными процессами	27
1.8 Методы оптимального управления диффузионными процессами	36
II. Диффузия инноваций. Количественный подход	40
2.1 Модели управления инновациями продукта и технологий.....	40
2.2 Описание модели	42
2.3 Имитационные эксперименты.....	44
2.4 Краткие выводы	48
III. Диффузия инноваций. Качественный подход	49
3.1 Инновации в пространстве характеристик. Подход К. Ланкастера.....	49
3.2 Эволюционный подход к исследованию экономических явлений	51
3.3 Описание модели	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65

ВВЕДЕНИЕ

Диффузия инноваций определенно является быстрорастущей областью исследований. Более того, многие из вопросов, поднятых в ходе анализа диффузии, лежат в основе самой экономической теории, потому что они затрагивают критичные вопросы, относящиеся к экономической координации и экономической динамике. Предмет нашего исследования является диффузия инноваций, она относится к фундаментальным вопросам, затрагивающим отраслевую динамику, международную конкурентоспособность, производительность и рост производительности. Весьма разнообразные классы моделей в настоящий момент конкурируют в интерпретации инноваций, диффузии и их эффектов. В нашей работе наравне с построением оригинальной модели внедрения и распространения инноваций будут проанализированы существующие разработки зарубежных и отечественных авторов как классические, так и более современные.

Подготовка и постепенное осуществление инновационных изменений, то есть инновационный процесс, складывается из взаимосвязанных и взаимообусловленных отдельных элементов, которые образуют единое комплексное целое. Поэтому, рассматривая рост производства или расширение сферы нововведения, мы должны учитывать влияние на него не только различных факторов внешней среды, но и уже существующих продуктов или технологий. Mahajan, Wind [1] предположили следующие типы взаимосвязей между нововведениями:

- независимые нововведения (например, лекарственный препарат и сталеплавильный процесс);
- дополняющие (стиральные и сушильные машины);
- «комплектные» (техническое и математическое обеспечение ЭВМ);
- замещаемые нововведения (черно-белые и цветные телевизоры).

Знания о типе взаимосвязей между нововведениями являются очень важным, так как они помогают понять ситуацию на рынке и направления дальнейшего развития нововведения.

Работа состоит из трех разделов. Первый раздел посвящен особенностям диффузии инноваций: эффекту запаздывания, эффекту перелива, эффекту неопределенности; комлементарности инноваций, а также описывает несколько примеров методов оптимального управления распространения нововведений и эмпирических работ по теме. Далее представлены две оригинальные модели

инновационных процессов: первая об инновациях в пространстве количеств недифференцируемых товаров (второй раздел), вторая – для инноваций, происходящих в пространстве признаков или характеристик продуктов (третий раздел). В каждой из моделей анализируются основные проблемы диффузии инноваций, а также различные подходы в моделировании диффузионных процессов, включающих в себя количественные эффекты распространения инноваций и изменения качеств инновационных продуктов и технологий.

1. Особенности диффузии инноваций

1.1 Типология инновационных процессов

Первое наиболее полное описание инновационных процессов ввел в экономическую науку Й. Шумпетер. В своей работе 1911 года «Теория экономического развития» он выделил пять типичных изменений в развитии: (1) введение нового продукта или качественное изменение существующего продукта (продуктовая инновация); (2) процессная инновация – новая для отрасли; (3) открытие нового рынка; (4) разработка новых источников - обнаружение и/или разработка новых источников сырья или других составляющих материальных затрат; (5) реорганизация отрасли.

В работах 30-х годов он ввел понятие «инновация», подразумевая изменения с целью внедрения и использования новых видов потребительских товаров, новых производственных, транспортных средств, рынков и форм организации в промышленности.

После Шумпетера исследователи неоднократно пытались создать различные классификации инноваций. В качестве признака классификации мы можем выбрать степень радикальности или новизны (радикальные, усовершенствования и т.п.), по характеру применения (продуктовые или процессные), по источникам появления (развитие науки, потребности потребления или производства), по сферам применения (технические, технологические, организационные, экономические, внепроизводственные).

1.2 Эффекты запаздывания при распространении инноваций

Исследуя инновации и их диффузию невозможно игнорировать эффект, не позволяющий нововведениям мгновенно распространяться, даже если новая технология или продукт дешевле и качественней. Все исследования, посвященные диффузии нововведений, учитывают эффект запаздывания в своих моделях, чаще не выделяя его. В данном разделе авторы приведут несколько работ, в которых исследователи обратили более пристальное внимание на этот феномен.

Одним из первых исследований в сфере инноваций и влияния эффекта запаздывания стала работа [2], посвященная запаздыванию между получением патента и внутренними НИОКР. Эффект запаздывания также подробно рассмотрен в работах [3,4], анализирующих запаздывание между получением патента и расходами на внутренние НИОКР. в первой из них авторы обнаружили U-образную структуру

задержки в оценке случайных эффектов. В своей работе [5] Gurmu, Pérez-Sebastián обнаружили, что эффект запаздывания для патентов оказывается намного значительнее, чем предполагалось в более ранних работах.

В своей статье Young [6] рассматривает три широких класса моделей диффузии – «инфекционный», социальное влияние, и социальное обучение – и показывает, как включить гетерогенность при высоком уровне общности. Каждый тип модели оставляет характерный след на форме кривой принятия инноваций, что служит основой для эмпирического поиска различий между ними. Подход иллюстрируется с помощью классического исследования Райан и Гросс [7] на диффузию гибридной кукурузы.

Одной из последних работ, посвященных эффекту запаздывания, стала статья Wang, Hagedoorn [8]. Основной целью исследования ее авторы выбрали совершенствование классического подхода к исследованию структуры задержки в отношениях патенты-НИОКР. Wang, Hagedoorn [8] анализируют воздействие внутренних НИОКР на патентования фирм на примере мировой фармацевтики в период 1986-2000 гг. Эмпирический анализ включал модель задержки и динамическую линейную модель обратной связи. Авторам удалось выявить наличие эффекта запаздывания в текущих НИОКР, а также долгосрочном инвестировании в ранние периоды выбранного интервала и запаздывание инновационного процесса в поздние периоды.

1.3 Одномерные модели диффузий инновации

Рассуждая о различных рыночных структурах, мы имеем ввиду, так называемый, «рынок» для заданного блага. Данное утверждение показало, что рынок весьма «статичен» в том плане, что нечто в прошлом привело к существованию определенных рынков для вполне определенных товаров, и в настоящее время изменения не предвидятся. Так или иначе, все, что происходит на рынке, различные рыночные структуры разделяют общий излишек между покупателями, продавцами и, возможно, безвозвратными потерями. В этом статичном мире фирмы обречены просто производить изобретенные кем-то товары, будучи уверенными, что они эффективно расходуют свои ресурсы, пытаясь найти источник дополнительного дохода.

Однако реальный мир постоянно меняется, фирмы «из кожи вон лезут», пытаясь найти новые и более современные технологии производства, изменяя качество и характеристики существующих и новых продуктов, и восприятие самого продукта

через рекламу. В реальном мире нет того статичного остатка. Реальный мир динамичен, постоянно изменяется и подстраивается под новые условия. Фирмы, стараются дифференцировать то, что создают, и внедрить инновации для создания новых рынков, где фирмы смогут более эффективно соответствовать спросу потребителей, захватив определенную рыночную власть для большей прибыли. Именно процесс товарной дифференциации и инноваций обсуждается в данной главе.

С самого начала необходимо признать, что модели «инноваций» – это не то же самое, что естественным образом следует из модели, стремящейся описать «равновесное» поведение. Как только мы ориентируемся на понятие равновесия в типичной модели, то, на самом деле, сосредотачиваемся на описании состояния мира, в котором все «работают с максимальной отдачей, учитывая то, что делают остальные». Внедряя дифференциацию товара *на рынке*, можно утверждать, что у фирмы появляются стимулы выделиться из числа других фирм. При написании данной главы авторы обратились к книге Nechyba 2011 года [9]. Во-первых, отойдем от допущения, что олигополии поставляют на рынок идентичный товар, более того, допустим, что олигополистические фирмы дифференцируют свою продукцию с целью снижения ценовой конкуренции. В разделе 3 рассматривается вопрос о том, насколько сильным является Бертановское предположение об изменении равенства цены и предельных издержек при изменении вида конкуренции для дифференцированного товара. Затем представлены два разных типа дифференцирования товаров: первый касается олигополистов, которые, в первую очередь, нацелены на выбор характеристик товара (3.2), а второй для рынков с более высоким уровнем конкуренции, но при этом с дифференциацией товаров (3.3). Данные модели позволяют оценить товарную дифференциацию не только как способ, к которому прибегают фирмы для смягчения конкуренции на рынке, но и метод, благодаря которому через инновации более эффективно отражается потребительский спрос. Все это подталкивает к изучению модели *монополистической конкуренции* – рыночной структуры, где товары каждой фирмы немного различаются, и фирмы обладают некоторой рыночной властью (3.4). В то же время, необходимо проанализировать, как это соотносится с тем, что данные фирмы получают нулевую прибыль, входя на рынок, на котором есть некие фиксированные затраты на вход. Тогда получается, что монополистическая конкуренция является рыночной структурой между олигополией и совершенной конкуренцией – структурой, в которой осуществляется бесплатный, или практически бесплатный, вход и выход с рынка (весьма похоже на совершенную конкуренцию), при

этом фирмы получают небольшую монополию над товаром через его дифференциацию и инновации. В рамках такого подхода возможно детально обсудить реальный динамический мир инноваций как ситуацию, при которой фирмы пытаются усилить свою монопольную власть через поиск новых, более эффективных методов для удовлетворения потребительского спроса. Также необходимо учитывать тот факт, что очевидные безвозвратные потери общества от рыночной власти при данной ситуации превышают дополнительную выгоду, которую получает общество от инноваций.

1.4 Многомерные модели диффузий и замещение инноваций

А. Обзор литературы по комплементарности инноваций¹

В свете комплементарности различных видов деятельности сложно понять принимаемое фирмой решение о том, как организовать индивидуальную транзакцию, не беря во внимания другие виды деятельности, которые фирма осуществляет в рамках собственной инновационной стратегии. Например, принимая решение о покупке технологической лицензии, фирма должна проанализировать, согласуется ли это с ее существующей деятельностью. С точки зрения фирмы в целом покупка технологии и проведение собственных НИОКР могут являться комплементарными видами деятельности. Аспект согласованности видов деятельности имеет более общий характер, чем вопрос видов деятельности в рамках инновационной стратегии [11]. Наиболее исследованным является вопрос согласованности деятельности в области управления человеческими ресурсами и стратегии фирмы. Ghemawat [12] изучает случай Nucor, американской сталелитейной фирмы, совмещающей инновационный менеджмент в сфере персонала со стратегией поддержания низких издержек. Аналогичным образом, Ichniowski и др. [13] 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 удастся должным образом совмещать эти виды деятельности, значительно превосходят по показателям своих конкурентов в отрасли. Таким образом, понимание комплементарности между этими видами деятельности играет решающую роль в производительности фирмы и, в конечном счёте, в определении коэффициентов выживаемости фирмы.

¹ Для подготовки данного подраздела была использована статьи [10].

Ряд исследований описывают эмпирические факты, согласующиеся с комплементарностью видов инновационной деятельности. Например, исследование Sappho [14] определило успешные осуществляющие инновации фирмы как те, что лучше развили сети внутренних и внешних коммуникаций, позволяющих более эффективно использовать внешние технологии. Изучая ключевые факторы успеха 40 инноваций, Freeman [15] обнаружил, что внешняя экспертиза, совмещённая с внутренними фундаментальными исследованиями играли критическую роль в объяснении успеха инновации. Отсюда логично предположить сильное комплементарное соотношение между внутренними фундаментальными знаниями и внедрением внешних знаний. Аналогичным образом фирмы, осуществляющие внутренние исследования в большей степени опирались на государственные исследовательские организации, сформировавшиеся после Второй Мировой Войны в Великобритании. Эти исследовательские организации были нацелены на консультирование фирм в технических вопросах. Ожидалось, что фирмы, не имеющие внутренних исследовательских отделов, будут наиболее активно пользоваться услугами данных исследовательских организаций. Однако, напротив, исследовательские организации послужили важным комплементарными источниками научной и технической информации для фирм, осуществляющих внутренние НИОКР. Дальнейшие доказательства комплементарности могут быть получены на основе изучения потоков платежей за лицензии, где в основном наблюдаются потоки между фирмами, осуществляющими внутренние НИОКР, а не от фирм без какого-либо НИОКР потенциала к фирмам с сильными программами по внутренним НИОКР.

Комплементарность между использованием внутренних и внешних источников более строго исследована в [16], где авторы определяют два эффекта от внутренних ноу-хау. 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, Arora и Gambardella 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 [17] 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. Фундаментальные исследования служат важным движущим фактором комплементарности при рассмотрении способности эффективно усваивать внешнюю информацию для использования в рамках внутренней инновационной деятельности. Blonigen и Taylor [18] определяют две возможные гипотезы эффекта деятельности фирмы по НИОКР на ее стратегию поглощения. В то время как внутренние НИОКР и внедренные технологии являются субститутами, что приводит к отрицательному соотношению между ними, внутренние НИОКР стимулируют синергетические выгоды от потенциальных целей, что предполагает положительную взаимосвязь. Обе гипотезы подтверждаются на панельных данных по американским фирмам электроники с использованием таких регрессоров, как интенсивность НИОКР для проверки первой гипотезы и расходы на НИОКР для второй. Veugelers и Cassiman [19] также предоставляют свидетельства в пользу комбинирования фирмами разработки внутренних ноу-хау и использования внешних источников и показывают, что выбор типа инновационной деятельности во многом зависит от возможностей присвоения.

Veugelers [20] рассматривает обратное отношение, заключающееся в том, что использование внешних источников стимулирует расходы на внутренние НИОКР, по крайней мере, в случае фирм с внутренними НИОКР отделами. Наконец, Arora & Gambardella [21] изучают комплементарность стратегий использования внешних источников на примере крупных фирм биотехнологической промышленности. Они рассматривают четыре типа стратегий использования внешних источников для крупных химических и фармацевтических компаний в биотехнологии (соглашения с другими фирмами, университетами, целевые инвестиции и поглощение новых биотехнологической фирм). Они находят доказательства комплементарности всех типов стратегий использования внешних источников даже после учета всего набора характеристик фирм. Более того, коррекция на характеристики фирм показывает, что крупные фирмы с более высоким уровнем внутренних знаний, измеряемых числом патентов, активнее участвуют в осуществлении стратегий с внешними взаимосвязями.

Многочисленные взаимосвязи между потенциалом внутренних НИОКР и внедрением внешних технологий предполагают, что использование внешних источников обычно встроено в более широкую инновационную стратегию фирмы. В рамках более широкой инновационной стратегии фирмы существуют другие виды деятельности помимо традиционно рассматриваемой покупки технологии с помощью

лицензии или заключения контракта на проведения НИОКР, которые фирма может использовать для построения и использования собственной технологической базы. По сравнению с рыночными транзакциями и внутренними разработками, кооперация в НИОКР предлагает более быстрый, менее дорогой и характеризующийся меньшим риском способ оценивания новой технологии, совмещённый с использованием комплементарности фирмы-партнера и активным управлением перехода ноу-хау между фирмами-партнерами [22]. Присущая этому методу взаимосвязь позволяет управлять риском оппортунизма фирмы-партнера, снижая транзакционные издержки [23]. Granstrand et al. [24] также показали, что инновационная стратегия, включающая кооперации в НИОКР, может рассматриваться как доказательство одновременной деятельности фирмы по покупке и продаже технологий.

Большинство исследований приводят веские доводы в пользу того, что активные в области НИОКР фирмы больше вовлечены в сотрудничество в этой сфере (см. например [25,26])[27]. Тем не менее, они обнаруживают отрицательную корреляцию, которую относят скорее к необходимости защищать «неявное ноу-хау» (“tacit know how”). Ни одна из данных работ при оценке причин и эффектов не учитывает должным образом возникающую из комплементарности одновременность собственных НИОКР и кооперации в НИОКР. Kaiser [28] при помощи системы одновременных уравнений обнаруживает положительный, но лишь слабо значимый эффект влияния сотрудничества на собственные расходы на НИОКР. Cassiman, Veugelers [29] предоставляют серьезные подтверждения существования сильного положительного эффекта собственной деятельности по НИОКР на сотрудничество в НИОКР, но после учета эндогенности этот эффект оказывается менее значимым.

В статье Cassiman, Schoola и Veugelers [10] впервые систематически исследуется комплементарность между различными видами деятельности инновационной стратегии фирмы: использование внутренних источников, приобретение внешних ноу-хау и сотрудничество в НИОКР с внешними партнёрами (в статье [30] Mohnen и Röller анализируют воздействие различных барьеров для инноваций на выбор фирмами способа осуществления инноваций, чтобы оценить комплементарность между мерами инновационной политики, нацеленных на устранение этих барьеров для инноваций). Этой работе будет посвящена одна из глав данного раздела. Выходя за пределы установления комплементарности, анализ Cassiman, Schoola и Veugelers [10] также будет сфокусирован на источниках комплементарности. В связанной работе Cockburn et al. [31] объясняют источник наблюдаемой комплементарности между

предоставлением мощных стимулов к проведению фундаментальных исследований и прикладных разработок среди исследовательских групп фармацевтических компаний. Предоставление оптимальных стимулов для многомерного выбора уровня усилий исследователями подразумевает обеспечение равных предельных стимулов, т.е. мощных или маломощных, для всевозможных видов деятельности, осуществляемой исследователем, приводя к комплементарности типов схем стимулирования, наблюдаемых в рамках одной группы [32]. В случае инновационной деятельности, исследования предполагают, что направленность НИОКР фирмы и режим присваивания могут быть важными кандидатами в источники наблюдаемой комплементарности.

В. Комплементарность в инновационной стратегии фирмы: внутренние vs. внешние технологии

Успешность инноваций зависит от развития и интеграции новых знаний в инновационном процессе. Поэтому даже крупнейшие и технологически самодостаточные организации нуждаются в знаниях, выходящих за их собственные границы. Для получения доступа к альтернативным источникам знаний, инновационная стратегия фирмы содержит в себе различные виды инновационной деятельности. В дополнение к проведению собственных исследований и разработок, фирмы обычно участвуют в торговле знаниями на рынке технологий и сотрудничестве с другими фирмами и исследовательскими организациями в НИОКР. Данная глава посвящена оптимальному распределению ресурсов фирмы между проведением собственных исследований и сотрудничеством с другими фирмами. Для рассмотрения этого вопроса была выбрана работа 2002 года Cassiman, Schoola и Veugelers [10], ниже приводятся основные положения.

Большая часть литературы, основанной на трансакционных издержках, посвящена рассмотрению выбора между использованием внутренних и внешних источников для индивидуальных трансакций с точки зрения возможностей замещения создания инноваций [22,33]. Хотя доступность внешних технологий может служить заменой собственных инвестиций в исследовательскую деятельность со стороны фирмы-получателя, существуют также аргументы в пользу комплементарности между внутренними НИОКР и внешними ноу-хау в соответствии с работами 1990-х гг. (см. например [16,24,34]).

Если принято решение о покупке некой технологии, то проведение собственных НИОКР, тем не менее, имеет ряд преимуществ. Первое, это позволяет фирме-

получателю лучше оценивать окружение для поиска существующих технологий, то есть фирме необходимо обладать некими компетенциями для поиска наиболее подходящей для нее технологии. Второе, при обнаружении подходящей технологии, фирма с внутренними возможностями для проведения НИОКР может точнее оценить технологию. Третье, зачастую внешние технологии оказываются доступны только на основе обмена, что приводит к формированию множества кооперативных типов использования ресурсов. Четвертое, когда фирма решат купить технологию, собственные исследования также позволяют ей лучше интегрировать технологию, поскольку внешние источники знаний не сразу определяют место в инновационном процессе фирмы. Хотя понятие «потенциала освоения», введенное Cohen & Levinthal [35] и далее развитое Kamien & Zang [36], выделяет важность предварительно накопленных знаний для эффективного усвоения внешних ноу-хау. В то же время доступ к внешним ноу-хау может оказывать давление на производительность деятельности по внутренним НИОКР, по крайней мере, в тех случаях, когда организация демонстрирует желание перенимать внешне идеи [20]. Наконец, пятое, внутренние источники НИОКР могут играть роль способности к присваиванию (*appropriation capacity*), например, за счет увеличения сложности новой продукции/процесса или установления времени освоения (*lead time*). Наличие внутренних источников укажет на то, легко ли распространиться новым технологиям, или фирмам потребуются дополнительные активы для внедрения инновационной стратегии [37].

Таким образом, важной задачей инновационного менеджмента является оптимальная интеграция внутренних и внешних знаний в инновационный процесс фирмы, позволяющая получить выгоды от положительного влияния одного вида инновационной деятельности на другую. Если виды инновационной деятельности фирмы комплементарны, фирма, выбравшая роль инноватора, а не имитатора, совмещая разные виды деятельности в рамках инновационной стратегии, сможет добиться более высокой вероятности разработки инновационного продукта. С другой стороны, ограничиваясь одним видом деятельности, будь то проведение некоторого самостоятельного НИОКР или покупка технологии на внешнем рынке технологий, фирма имеет меньшую вероятность успеха в отсутствии поддерживающих (комплементарных) видов инновационной деятельности.

В работе [10] представлен эмпирический анализ комплементарности между видами деятельности в рамках инновационной стратегии, ограничивающийся рассмотрением собственных НИОКР, внедрением внешних технологий и кооперации в

рамках НИОКР. Авторы интересуют ответы на два главных вопроса. Во-первых, действительно ли виды инновационной деятельности являются комплементарными? Во-вторых, почему различные виды инновационной деятельности комплементарны?

Как установление комплементарности, так и определение источников комплементарности являются важными задачами в управлении инновационной стратегией. Обнаружение комплементарности видов инновационной деятельности приводит к тому, что одновременное осуществление лишь одной деятельности оказывается менее эффективным. Успешное экспериментирование с данными по видам инновационной деятельности требует перестройки всей стратегии. Также это приводит к тому, что копирование инновационной стратегии успешного игрока затрудняется ввиду ее повышенной сложности [38]. Таким образом, инновационный процесс, например, управление комплементарностью видов инновационной деятельности, может послужить важным источником устойчивого конкурентного преимущества. Данные результаты, полученные Cassiman, Schoola и Veugelers [10], не только согласуются с литературой по системам деятельности в стратегии управления, но также расширяют ресурсный подход к рассмотрению фирм. Ресурсный подход к рассмотрению фирм связывает производительность фирмы с ресурсами, используемыми ею в ходе собственной деятельности (см. [39,40]).

Используемые ресурсы ограничены, и их сложно воспроизвести. Способность управлять сложной инновационной стратегией может рассматриваться как такой ресурс. Существование такой способности к инновационному управлению в действительности представляет объяснение наблюдаемой комплементарности инновационной деятельности, поскольку комбинирования различных типов инновационной деятельности позволяет лучшим образом капитализировать эту способность.

Cassiman, Schoola и Veugelers [10] использовали данные «Community Innovation Survey» по фирмам обрабатывающей промышленности Бельгии и оценили, являются ли различные виды инновационной деятельности комплементарными и какие характеристики фирм могут служить объяснением этой комплементарности [10]. Используя несколько различных подходов, они обнаружили свидетельства комплементарности различных видов инновационной деятельности в рамках инновационной стратегии. Подход с точки зрения продуктивности подтверждает, что фирмы, совмещающие деятельность по самостоятельному созданию и покупке технологии (стратегия *make and buy*), имеют более высокие показатели инновационной

деятельности. Обнаружено, что приобретение внешних технологий значительно улучшает показатели инновационной деятельности, только когда фирма параллельно занимается внутренней деятельностью по НИОКР. В соответствии с комплементарностью внедренческий подход указывает, что наличие собственных исследований сильно коррелирует с приобретением внешних технологий. Более того, проверка на ориентации фирмы на фундаментальные НИОКР и условий присвоения инноваций позволяет избавиться от остаточной корреляции между видами инновационной деятельности. Таким образом, Cassiman, Schoola и Veugelers [10] выдвигают гипотезу о том, что данные переменные являются важными факторами, определяющими наблюдаемую комплементарность между видами инновационной деятельности [10]. Данные результаты далее подтверждаются при помощи оценки мультиномиальной логистической регрессии, в которой эти переменные в значительной степени объясняют совместное осуществление видов деятельности *make and buy*.

Результаты, полученные в данной статье, выдвигают интересные предложения для дальнейшей теоретической работы, в рамках которой комплементарность видов инновационной деятельности является ключевым фактором, определяющим успешность инноваций. В то же время требуется большее число эмпирических работ для усиления предсказательной силы и уровней значимости и проверки робастности этих результатов, в особенности для системного подхода, включающего уравнения производительности и внедрения.

1.5 «Эффекты перелива» в инновационных процессах

А. Эндогенные переливы НИОКР и локационный выбор в смешанной олигополии

Конкуренция между государственными и частными компаниями очень распространена (смешанные олигополии распространены в Канаде, Китае, Европе и Японии [41]). Возникает вопрос: являются ли государственные фирмы более активными в области инноваций, чем частные? Этот вопрос становится еще более интересным, если рассматривать случай с наличием экстерналий. Типичным примером являются попытки борьбы с атипичной пневмонией. 17 марта 2003 года незамедлительно после вспышки атипичной пневмонии в Китае Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) обратилась к 11 лабораториям в 9 странах с призывом начать совместный исследовательский проект по диагностированию

атипичной пневмонии [42]. С этого момента государственные институты во многих странах прилагают значительные усилия для разработки вакцин и лекарств против вируса атипичной пневмонии. Частные компании, не будучи уверенными в продолжительности существования этого рынка, поначалу не решались инвестировать в исследование атипичной пневмонии [43]. Впоследствии, привлеченные государственными субсидиями и ожиданиями краткосрочных прибылей, некоторые из них переключили свое внимание на эту инфекционную болезнь [44]². Данный пример подчеркивает возможность того, что государственные компании больше склонны вкладывать в НИОКР при наличии положительных экстерналий. Oehmke [45] сравнивает деятельность в сфере НИОКР в государственном и частном секторах. Он приходит к выводу, что университеты являются активными в НИОКР касательно растительных биотехнологий для важных, но малых рынков, в которых частные фирмы мало заинтересованы. В результате этого приватизация государственных фирм может привести к более низкому уровню НИОКР и, как следствие, снижению благосостояния. Что касается вложений в инновации, Munari [46] приходит к выводу, что государственный вид собственности предпочтительнее частного. Munari и Sobrero [47] приходят к аналогичному результату.

Работа Zhang и Li [48] имеет три цели. Во-первых, авторы исследуют влияние технологических переливов на мотивацию фирм к проведению инноваций. Во-вторых, в ней рассматривается то, как фирмы размещают свои основные производственные средства в условиях технологических переливов. Наконец, третьей целью является изучение влияния приватизации государственной компании на уровень благосостояния.

В процессе исследования Zhang и Li [48] пришли к ряду выводов. В качестве первого можно отметить то, что инвестиции в НИОКР государственной компании выше, чем у частной компании, если перелив достаточно велик. Однако если перелив мал, то может быть верно обратное. Для максимизации общественного благосостояния государственная фирма имеет более сильную мотивацию заниматься инновациями, если перелив НИОКР большой. С другой стороны, для максимизации своих собственных прибылей, частная компания имеет слабую мотивацию заниматься НИОКР по ряду причин: во-первых, расходы на НИОКР являются типичными

² Другим примером является конкуренция в сфере НИОКР вокруг "проекта генома" между национальными институтами и частными фирмами [59]. Проект был запущен правительством США в 1986 году и перешел на стадию международного сотрудничества в 1990-х. Государственные институты играли ключевые роли в ускорении процесса исследования и предотвратили возможность того, что частные фирмы получат монополию на результаты исследований.

издержками инвестора. Во-вторых, чем больше перелив, тем ниже мотивация частной фирмы заниматься НИОКР. Наконец, жесткая конкуренция, вызванная конкуренцией в сфере НИОКР, негативно влияет на прибыли фирм.

В качестве второго вывода можно отметить то, что фирмы делают выбор внутри локаций. Расстояние между двумя фирмами критично зависит от величин параметров. Наконец, третьим и последним выводом является то, что приватизация государственной компании может быть невыгодной для всего общества, потому что это может привести к неэффективному размещению и недостаточному инвестированию в НИОКР.

Таким образом, данная работа в значительной степени связана с работами о конкуренции в сфере НИОКР. Начиная с работ Шумпетера, существует возрастающий интерес, направленный на изучение отношений между структурой некой отрасли и активностью НИОКР в этой отрасли. Оригинальный вклад в исследование конкуренции в сфере НИОКР внесли такие работы, как [49–57]. Однако эти работы оставляют без внимания пространственную конкуренцию между фирмами. В смешанной олигополии, Nishimori и Ogawa [58], Ishibashi и Matsumura [59] показали, что государственные компании более активно участвуют в НИОКР, чем частные компании. Cato [60] расширяет модель Nishimori и Ogawa [58] на случай, где имеются переливы НИОКР. Однако эти работы не учитывают пространственную конкуренцию, что является основным объектом изучения данной работы. Matsumura и Matsushima [41] используют модель Хотеллинга и приходят к выводу, что государственная компания участвует в НИОКР менее активно, чем частная. Однако они не учитывают переливы НИОКР между компаниями, что является другим важным объектом рассмотрения данной работы. Недавние исследования показывают, что перелив НИОКР играет важную роль в локационных решениях фирм [61–63]. Таким образом, важно рассмотреть с теоретической точки зрения то, как перелив НИОКР влияет на локационные выборы фирм.

Данная работа также тесно связана с литературой, в которой анализируется применимость принципа минимальной дифференциации Хотеллинга. Во-первых, D'Aspremont et al. [64], Neven [65] утверждают, что локация фирмы демонстрирует скорее максимальную, нежели минимальную дифференциацию. Во-вторых, Economides [66] показывает, что максимальная дифференциация выполняется, только если функции транспортных издержек сильно выпуклые. Irmen и Thisse [67], Tabuchi [68] утверждают, что когда компании конкурируют на пространстве со множеством

характеристик, они максимизируют дифференциацию по доминантной характеристике, но минимизируют дифференциацию по другим характеристикам, делая предположение Хотеллинга практически верным. В модели смешанной олигополии Matsushima и Matsumura [69] показывают, что частные компании всегда агломерируют в одной и той же точке. Наконец, Tabuchi [70], Mai и Peng [71], Zhou и Vertinsky [72] показывают, что и максимальная, и минимальная дифференциация могут быть равновесным результатом. Некоторые работы приводят схожие результаты, но при других условиях [73–75]. Однако эти работы не учитывают НИОКР. Из-за важности НИОКР [76] имеет смысл интегрировать их в модель пространственной конкуренции. Некоторые работы фокусируются на локационном выборе фирм в моделях частной олигополии. Добавляя НИОКР в модель товарной вариативности (product variety model), Harter [77] обнаруживает различные варианты равновесия при изменении издержек на НИОКР. Используя модель с НИОКР и переливами, Piga и Poyago-Theotoky [78] демонстрируют, что расположения фирм зависят в первую очередь от транспортных расходов (расширение дифференциации продукта). Данная статья также имеет отношение к работам, в которых изучается уровень благосостояния, как с приватизацией государственных компаний, так и без нее. Cremer et al. [79] показывает, что смешанная дуополия является социально предпочтительной по сравнению с частной дуополией. Anderson et al. [80] утверждает, что в краткосрочной перспективе приватизация имеет негативные последствия из-за роста цен, однако в долгосрочной перспективе суммарный эффект является положительным, если потребительские предпочтения по разнообразию достаточно высоки. Matsumura и Matsushima [41] демонстрируют, что приватизация может компенсировать потери, вызванные излишними инвестициями частной компании, направленными на снижение издержек, и тем самыми привести к улучшению благосостояния. White [81], Kato и Tomaru [82], Fjell и Heywood [83] изучают приватизацию при наличии субсидирования. Pal и White [84] изучают влияние приватизации посредством интегрирования политики стратегической торговли.

Модель смешанной олигополии с НИОКР, направленными на улучшение качества, и эндогенными переливами рассмотрена Zhang и Li [48]. Перелив НИОКР зависит от локационных выборов фирм на рынке по модели Хотеллинга. Zhang и Li [48] показали, что в равновесии государственная компания участвует в НИОКР активнее, чем частная фирма, если перелив велик. Более того, равновесные локации фирм не показывают ни минимальной, ни максимальной дифференциации. Кроме того,

приватизация государственной компании может быть невыгодной для общества, потому что это привести к неэффективному расположению фирм и недостаточному инвестированию.

В. Эффекты распространение «обучения на практике»

Ниже рассматриваются S-образные пути инноваций и анализируется оптимальный момент входа на рынок новой продукции с учетом эффекта обучения на практике. Обзор подготовлен с использованием материалов работы [85].

Ранний вход имеет преимущество, заключающееся в более высоких прибылях на единицу продукта уже на ранней стадии. Поздний вход несет свою выгоду – возможность учиться на опыте участников, вошедших раньше, что дает более низкие производственные издержки. Эти преимущества сбалансированы в непрерывном по времени равновесии с совершенным предвидением. Конкуренция порождает S-образный разброс (диффузию) и смещенное расположение входов и выходов. Монополист будет создавать меньше инноваций, чем конкурентная отрасль, однако инновации монополиста будут более ранними.

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, или степень использования или владения новой технологией, или число производителей нового товара, графики по времени демонстрируют S-образную кривую разброса. Эта эмпирическая связь отмечена в работах [86–88], среди прочих; теперь это общий факт.

Существует класс нестратегических моделей касательно решений о заимствовании или входе, который порождает S-образную кривую разброса как результат предположения о гетерогенности среди потенциальных "заимствователей", что, однако, определяется произвольно. Такие пробит-модели определяют размер фирмы, предпринимательские настроения и распределение капитала определенного срока как релевантные источники гетерогенности в решении о заимствовании. Другие нестратегические модели, создающие S-образные кривые разброса, являются так называемыми "моделями эпидемии", в которых информация о новой технологии распространяется посредством личного контакта между пользователями и не-пользователями. Скорость диффузии зависит от частоты межличностного контакта, что, опять-таки, определяется экзогенно.

С другой стороны, модели заимствования, базирующиеся на теории игр, воспринимают заимствователей как гомогенный класс и сосредотачиваются на вопросе

существования процесса диффузии как такового (т.е. решения о заимствовании являются смещенными, а не одновременными) вместо его специфических качеств, таких как S-образная форма. См. Paul Stoneman [89], обзор стратегических и нестратегических моделей в литературе. В данной работе авторы показывают, что S-образная диффузия естественным образом появляется в окружении, в котором агенты с гомогенными предпочтениями обучаются в процессе работы подобно тому, как это описано в работе Kenneth Arrow [90]. Обозначим акт заимствования новой технологии и/или начала производства нового товара как вход, тогда как прекращение такого производства как выход. В данной модели потенциальные заимствователи (производители) идентичны, нулевого размера и обладают совершенным предвидением. Они несут фиксированные издержки в момент входа и имеют переменные производственные издержки. Оба типа издержек задаются для определенного периода. Благодаря обучению в процессе работы издержки снижаются с накоплением новых участников. Однако такое снижение издержек не накапливается лишь "местными" фирмами, а "переливается" в том числе и к потенциальным новым фирмам. Поскольку цена продукта также снижается, откладывание входа имеет свои плюсы и минусы. Вступив на рынок, фирма будет производить до тех пор, пока цена ее продукта превышает предельные издержки. Поскольку предельные издержки являются фиксированными (для данного периода), фирма покинет рынок, если цена продукта существенно снизится. Равновесием является кривая диффузии, на которой фирмы, входящие на рынок, получают нулевую чистую прибыль и безразличны к дате входа.

Авторы хотят показать, что равновесная кривая диффузии приближается к эндогенно заданному размеру суммарного числа новых фирм, подразумевая, что в конце концов установится вогнутость. Важно отметить, что начальный выпуклый участок зависит от скорости, с которой уменьшается выигрыш от обучения в процессе работы. Для того, чтобы наблюдать начальную выпуклость кривой разброса, достаточно (но не необходимо), чтобы выигрыш от обучения в процессе работы уменьшался достаточно быстро. Более того, точная S-образная форма получается, когда обучение в процессе работы имеет постоянную эластичность, как предполагается в работе Arrow [90]. Кроме того, авторы показывают, что чем лучше обучение в процессе работы, тем дольше времени потребуется процессу диффузии, чтобы исчерпать себя. Иными словами, увеличение степени переливов замедляет процесс диффузии.

В состоянии равновесия вход пропорционален текущему потоку прибыли, что сходно с отношением, заданным экзогенно в работе Brock [91]. Число выходов всегда

меньше, чем число входов, так что чистый вход всегда неотрицателен. Наконец, чистый вход постепенно уменьшается со стабилизацией числа фирм и выпуска отрасли.

Обучение в процессе работы является основной двигательной силой в данной модели, однако является ли оно эмпирически важным? Отмечено много случаев, когда обучение в процессе работы значительно влияет на снижение издержек [92–94]. Если такое обучение не может быть полностью присвоено производителями, издержки будут снижаться с увеличением числа производителей. Такие перепады распространены во многих индустриях [95,96]. Существуют иные условия, при которых может возникнуть механизм снижения издержек, такие как значительные экстерналии в системе, или наличие возрастающей отдачи в промышленности, производящей, скажем, оборудование. Хорошим примером всех перечисленных выше пунктов является недавнее значительное снижение издержек на компьютеризацию.

Неудивительно, что перепады приводят к тому, что вход на рынок происходит очень медленно в равновесии. Аналогичное заключение касательно равновесного объема инвестиций приводится в работе Arrow. Что действительно удивляет, так это то, что суммарный вход и выход совпадают со своими общественно оптимальными величинами. Сравнение между конкурентной средой и монополией дает интересные результаты. Монополист, ограничивая выпуск и тем самым общие инвестиции, инвестирует меньше, чем конкурентная отрасль. Но поскольку он интернализирует информационную экстерналию, монополист инвестирует быстрее, чем конкурентная отрасль, что положительно влияет на благосостояние. Чистое влияние на благосостояние может быть как положительным, так и отрицательным. При низком уровне дисконтирования конкуренция дает более высокий уровень благосостояния, но когда спрос достаточно эластичен, монополия более эффективна. Если монополия эффективнее, чем конкуренция, это объясняется причиной, которую Шумпетер считал важной - способностью присваивать экономические выгоды (имеются в виду экономия на издержках, а не монополистические выгоды).

В работе [85] показано, что диффузия скорее всего является S-образной с идентичными фирмами, входящими на рынок и которые извлекают выгоду из обучения в процессе работы, осуществленного другими фирмами. Три ключевыми элементами рассуждения являлись: обучение в процессе работы, мгновенные перепады и совершенное предвидение. Помимо S-образной диффузии, также предполагается: (а) строго возрастающий выпуск отрасли, (б) строго убывающая цена товара и (в) строго убывающая скорость получения прибыли для каждого поколения новых фирм. Модель

[85] частично упрощена ради понятности за счет игнорирования гетерогенности и стратегического поведения. Эти два элемента на самом деле могут быть важными, но аналитически они размывают способность распознавать другие силы в экономической системе, которые могут создавать S-образные кривые диффузии. В данном случае авторы хотели объяснить свою гипотезу наиболее простым способом, однако ее эмпирическая важность по отношению к другим гипотезам является темой для будущих исследований.

Также в [85] показано, что монополист будет разрабатывать новые технологии быстрее, чем конкурентная отрасль, и что монополия дает более высокий уровень благосостояния, чем конкуренция, при условии, что дисконтирование и эластичность спроса достаточно велики. Причина заключается в том, что монополист может присвоить выгоды от обучения в процессе работы, что дает более высокую скорость инновационных разработок. Подобно аргументам в работе Шумпетере, аргументы авторов данной работы строятся вокруг способности присваивать, но не монополистические выгоды, а выгоды от уменьшения издержек.

1.6 Эффекты неопределенности и их моделирование при управлении инновационными процессами

Часто утверждается, что тенденция распространения инноваций имеет конкретные характеристики. Кривую распространения инноваций определяет доля пользователей внедривших инновацию, как функцию от времени, измеримую с момента первого внедрения. Многие эмпирические факты, полученные экономистами и другими специалистами в области общественных наук, показали, что вышеуказанные кривые почти всегда имеют две явные характеристики: они S-образные (доля фирм, внедривших инновации, является возрастающей функцией от времени, которая с некоторого момента меняет выпуклость на вогнутость) или же имеют тенденцию правостороннего смещения (точка перегиба наблюдается в точке, где значение функции меньше 0.5, т.е. функция является выпуклой в меньшей части наблюдаемого времени; собственно, временами приходится считать функцию везде вогнутой, из-за сильного смещения вправо) (см. Lekvall и Wahlbin [97], Mansfield [98,99], Nasbeth и Ray [100], или Rogers и Shoemaker [101], для примеров кривых распространения).

Большинство работ на тему распространения инноваций посвящены идентификации детерминантов скорости распространения или характеристикам фирм

определяющих задержку, с которой они внедряют инновацию (см. например Davies [87], Mansfield [98,99] Gold [102]). К основополагающим учениям относятся работа гибридного зерна (Griliches [86]) и изучение 12 промышленных инноваций (Mansfield [98]). Эти и многие другие исследователи сходятся во мнении, что чем выше прибыльность инновации, тем выше скорость распространения и больше спектр фирм пытающихся как можно скорее внедрить данную инновацию. Некоторые учения (такие как, Mansfield [98], Herregat [103]), последовавшие работе социолога Rogers [101], пытались выявить эффект информации и менеджмента в отношении к инновациям на скорость распространения. Тем не менее, все эти попытки были неуспешными из-за явных вычислительных проблем. Основным недостатком данного способа исследований является отсутствие эффективных моделей теории принятия решений.

Следуя Мэнсфилду, большинство авторов предполагают, что вероятность внедрения инноваций определенной фирмой в определенное время положительно зависит от количества(доли) фирм в промышленности, которые успели к тому времени уже внедрить данную инновацию. Основанием этого предположения может прослужить гипотеза имитации Шумпетера (восприятие возможностей для получения прибыли положительно зависит от успешного опыта других на рынке). Тем не менее, практические модели, основанные на этом предположении, являются лишь приложением в медицинской теории эпидемий (см. Davies [87] для демонстрации взаимосвязи между этими моделями). Данное предположение может быть выражено в виде дифференциального уравнения, решения которого принимают вид логистической (S-образной) кривой распространения. Несмотря на пригодность эмпирических данных, данное описание совокупного промышленного поведения никак не объясняет решение фирмы внедрять инновацию, а, следовательно, не предоставляет поведенческое объяснение относительно более быстрого внедрения инноваций некоторыми фирмами.

С другой стороны, подходы теории принятия решений к поведению внедрения инноваций частными фирмами имеют тенденцию ограничивать самих себя в объяснении как и насколько долго фирмы будут внедрять ту или иную материализованную в капитал инновацию. В таких моделях фирмы задерживают внедрение по двум причинам: они находятся в ожиданиях того, пока их капитал не ухудшится в плане эффективности, что сделает внедрение прибыльным, или же пока инновации не станут достаточно прибыльными, что заставит принять решение внедрения. Главными недостатками данных подходов являются их ограничения в изучении материализованных в капитал инноваций, потому что, тем самым, они

игнорируют влияние информации и менеджмента в отношении к инновациям на решения фирм внедрять или нет и не учитывают связь между поведением внедрения и скоростью распространения инновации в промышленности.

Целью работы Jensen [104] является развитие модели теории принятия решений частными фирмами, которая может быть использована в получении ожидаемой кривой распространения с выше указанными характеристиками. Автором использовал подход, который иллюстрирует проблему введением в модели принятия решений условия неопределенности для будущей прибыли. Т.е. когда возникает новая инновация, то фирма не знает будет ли внедрение прибыльным, но тем не менее неопределенность может быть уменьшена посредством ожидания и накопления информации. Далее Jensen формализует проблему принятия решения в виде задачи оптимизации, в котором фирма может рискнуть и принять ожидаемую прибыль или ожидать наблюдения прибыльности инновации и получить ожидаемую дисконтированную, но гарантированную прибыль. В течение ожидания фирма получает много информации про инновацию: т.е. все начинается с того, что фирма рассматривает возможную прибыльность инновации, но эта вера корректируется каждый раз, как она получает новую информацию с помощью применения правила Байеса. Правило оптимального внедрения основанное на текущих представлениях фирмы насчет прибыльности инновации выводится и применяется, чтобы указать на склонность фирмы задерживать внедрения, если ее представления достаточно низки. Данное правило также использовано для того, чтобы сгенерировать результаты, относящиеся к вероятности внедрения на или до определенной даты, к параметрам модели.

Jensen [104] конструирует модель, в котором фирмы отличаются только своими исходными представлениями насчет прибыльности инновации. Далее определена соответствующая функция распространения и применена к типичным эмпирическим сведениям, что высокоприбыльные инновации распространяются гораздо быстрее. График вышеуказанной функции имеет или S-образный, или вогнутый вид, тогда как первоначальные представления распределены равномерно и что подтвержденная доля наблюдений равна истинной (для прибыльной инновации). Несмотря на то, что эти предположения несколько ограничительны, это довольно важный результат. И это не потому что только впервые была выведена S-образная кривая, а потому что, как оказывается, различия у фирм в первоначальных представлениях насчет прибыльности инноваций могут прослужить достаточным объяснением типичному порядку распространения.

Фирмы могут задерживать внедрение инновации, если они не знают, хорошая ли это инновация (выгодная) или для того, чтобы собрать информацию и снизить риски связанные с неопределенностью. В такой ситуации фирмы имеют субъективные представления насчет прибыльности инновации при появлении последней, которые будут отличаться из-за различий в экспертизе и отношения лиц, принимающих решения о внедрении, и различий в опыте работы с аналогичными инновациями. Те фирмы, которые не внедряют сразу же, будут пересматривать свои представления, так как они будут накапливать информацию про прибыльность нововведения, пока они не станут достаточно оптимистичными принять решение о внедрении. Часто, наблюдаемая картина диффузии (S-образная кривая диффузии), может быть объяснена исключительно за счет разницы между фирмами в исходных убеждениях касательно прибыльности нововведения.

Надо признать, что результат Jensen [104] ограничен специальными предположениями, сделанными для его получения. Среди них есть некоторые, которые были достойны внимания, в частности, предположение о равномерном распределении первоначальных представлений в отрасли и предположение, что фирма, которая никогда не внедряет может продолжать зарабатывать свою пред-инновационную прибыль. Априори, нет причин, считать, что исходные параметры отрасли не будут иметь конкретное распределение. С другой стороны, так как результат Jensen [104] имеет место, по крайней мере, для одного типа распределения, то можно было бы получить тот же самый результат для более общего класса распределений. Было бы более реалистично, включить соперничество, позволяя фирме, которая никогда не внедряет инновацию, выиграть (проиграть) относительно своей пред-инновационной позиции, в случае, если конкурирующая фирма внедряет плохую (хорошую) инновацию. Попытка такого анализа уже была сделана Jensen в 1980 году [105]. Flaherty [106] и Reinganum [107] независимо проанализировали поведение внедрения в дуополиях в условиях определенности, когда цена предложения инновации падает сквозь время, и получили очень интересный результат, что внедрение инновации одной фирмой может снизить вероятность внедрения для ожидающей фирмы.

1.7 Сравнительная статика и качественный анализ при управлении диффузионными процессами

А. Инновации и обучение: две стороны НИОКР

Экономисты обычно думают о НИОКР как о генераторе лишь одного продукта: новой информации. Ниже предполагается, что НИОКР генерирует не только новую информацию, но также повышает способность фирмы усваивать и использовать существующие данные. В этой главе рассматриваются последствия двойной роли НИОКР для стимула фирмы инвестировать в НИОКР. Признание второй роли НИОКР предполагает, что простота и характер обучения в рамках отрасли влияет как на расходы НИОКР и состояние влияния присвоаемости, так и на технологические условия возможностей НИОКР. Например, показывается, что вопреки традиционному результату внутриотраслевой избыток может стимулировать равновесное отраслевое НИОКР инвестирование. Ниже будет представлен анализ по мотивам работы [35].

Исследователи, изучающие технологические изменения, заметили, что фирмы инвестируют в собственное НИОКР, чтобы иметь возможность использовать информацию, которая доступна извне (см. [108–110]). В другом контексте [111] пришли к аналогичному выводу, когда они заметили, что международная передача сельскохозяйственной техники зависит, в частности, от собственных исследовательских усилий получателей. Соответственно, в то время, как НИОКР, очевидно, порождают инновации, они также разрабатывают способность фирм узнавать, ассимилировать и эксплуатировать знания из окружающей среды – то, что часто называют «изучающая» или «поглощающая» способность фирм. Охватывая возможность фирмы подражать новому процессу или продукту инноваций, поглощающая способность также включает в себя возможность фирмы использовать внешние знания промежуточного рода такие, как основные результаты исследований, которые обеспечивают базу для последующих прикладных исследований и разработок. Кроме того, в свете зависимости промышленных инноваций относительно заочных знаний, поглощающая способность представляет собой важную часть способности фирмы создавать новое знание. Согласно [112] большинство инноваций в компьютерной индустрии возникло за пределами отрасли, в частности, в отрасли полупроводников. В своем исследовании алюминиевой промышленности [113] приходит к аналогичному выводу. В исследовании 27 крупных изобретений 1946–1955 гг. [114] показал, что 20 из них пришли из источников, бывших за пределами

промышленных R&D лабораторий. В другом исследовании по 25 открытий, совершенных американской компанией DuPont, [115] отметил, что, несмотря на репутацию компании в новаторских исследованиях, 15 этих открытий возникли благодаря работе, проделанной за пределами компании. В своем изучении использования информации для технологических инноваций [116] пришли к выводу, что информация, полученная за пределами компании, бывает полезнее, чем там, которая уже имеется.

В связи с этим, поглощающая способность представляет собой некоего рода обучение, но оно отличается от обучения в процессе работы (см. [117,118]). Обучение в процессе работы, как правило, относится к автоматическому процессу, посредством которого фирма становится более практичной и, следовательно, эффективнее выполняет то, что и так уже умеет. Поглощающая способность, наоборот, помогает фирме приобрести знания извне, что позволяет ей сделать нечто новое, отличное от старого.

Роли, которую НИОКР играет в обучении, уделялось мало внимания в прошлом, поскольку, согласно [119] и [120], экономисты полагали, что технологические знания являются общественным благом, так как находятся в общественном достоянии. Считалось, что как радиосигнал или задымление, его эффекты и последствия будут известны всем фирмам, расположенным в окрестности его излучения. Когда экономисты думают о затратах на передачу знаний, то они, как правило, определяют их как немедленную обработку информации или имитацию расходов. В предположении того, что технологические знания – это общественное благо, Эрроу и другие экономисты не отрицают существование расходов, но утверждают, что они, как правило, малы по сравнению с расходами на создание нового знания. Этот аргумент, однако, вызывает вопрос о том, что определяет эти непосредственные затраты на поглощение технологического знания. Если предположить, что затраты являются относительно небольшими, то именно в силу значительного НИОКР, уже проведенного фирмами в непосредственной близости от «излучения»; фирма уже вложила в развитие своей поглощающей способности в соответствующей области. Достаточно сравнить, например, непосредственные затраты фирм на обратный инжиниринг продукта и значительные расходы, понесенные в течение долгого времени, на приобретение опыта и основы, необходимых для выполнения задачи

Таким образом, долгосрочные затраты на обучение могут быть существенными. Во-вторых, большая часть этой стоимости несет в себе развитие начальных знаний,

которые определяют поглощающую способность фирмы. В-третьих, существенным преимуществом НИОКР является его вклад в эту базу знаний. Таким образом, стимулы изучения должны влиять на расходы НИОКР. Эти стимулы могут быть сформированы по количеству знаний, чтобы в дальнейшем усвоиться и способствовать легкому обучению. Легкость обучения, в свою очередь, зависит от характеристик основополагающих технологических и научных знаний, от которых зависят инновации в данной отрасли.

Для изучения последствий двойной роли НИОКР для инвестирования в эту сферу ниже построена простая теоретическая модель создания технологического знания фирмы. Эта модель рассматривает основные источники технологического знания, используемого фирмой: собственный НИОКР; знание, создающееся избытком НИОКР конкурентов (избыток необходим, чтобы включить любые оригинальные, ценные знания, появляющиеся в процессе исследований, которые становятся общедоступными, будь то знание, полностью характеризующее инновации, или знание промежуточного рода); знание, появляющееся за пределами отрасли. Модель предполагает, что способность фирмы поглощать знания извне зависит от ее НИОКР усилий.

Хотя трудно указать все соответствующие характеристики поддержания и развития поглощающей способности априори, предполагается, что они будут включать сложность освоения знаний и степень, в которой внешние знания направлены на потребности и интересы фирмы. Когда внешние знания менее ориентированы на конкретные потребности и проблемы фирмы, собственный НИОКР фирмы становится более значимым в признании, усвоении и использовании ценного знания. Источники, которые производят меньше целевого знания, включают в себя, например, университетские лаборатории, участвующие в фундаментальных исследованиях, а более целенаправленное знание может быть получено путем заключения контрактов с исследовательскими лабораториями или поставщиками. Кроме того, степень, в которой отрасль является кумулятивной или темп развития отрасли также должны влиять на важность НИОКР для развития поглощающей способности. Темпы развития отрасли также влияют на важность НИОКР для развития поглощающей способности, потому что чем выше скорость генерирования знаний, тем больше требуется сотрудников, чтобы быть в курсе развития. Павит [121] в своем анализе влияния политики на использование технологий также уделял основное внимание характеристикам знания, включая сложность и кумулятивность.

Модель включает еще одно предположение: фирма не может усвоить то, что не стало общедоступно. Также фирма не может пассивно усваивать внешние знания. Она должна инвестировать в собственный НИОКР, чтобы поглотить результаты НИОКР своих конкурентов. В этом смысле не только поглощающая способность является эндогенной, но и достойная рента, связанная с изобретательской деятельностью, также является эндогенной.

Еще одним важным фактором, определяющим НИОКР, является технологическая возможность, которую можно иначе определить как то, насколько затратным для фирмы будет достижение технического прогресса в данной отрасли. Две детерминанты технологической возможности включены в модель. Одной из них является количество технологического знания из других отраслей. Примерами могут служить итоги исследований в государственных и университетских лабораториях или знания, полученные от поставщиков оборудования. Как и усвоение НИОКР конкурентов, усвоение фирмами внешних знаний также сдерживается поглощающей способностью³. Еще один аспект технологической возможности – это степень, в которой новые знания, улучшают технологическую производительность производства фирмой новых процессов или продуктов. И чем больше знание способствует технологической производительности, тем больше это увеличивает прибыль (см. [122]).

Пусть есть n фирм в отрасли с симметричной НИОКР политикой. Каждая фирма выбирает свой уровень НИОКР, чтобы максимизировать прибыль, принимая уровни НИОКР других фирм как данные. Таким образом, моделируется симметричное равновесие по Нэшу в уровнях НИОКР. Соответственно, фирмы могут предвидеть воздействия изменений их НИОКР инвестирования на уровень знания своих конкурентов и, в свою очередь, влияние этих изменений на свою собственную прибыль. В результате, прибыль фирмы зависит не только от своего собственного знания, но и от технологических знаний всех фирм в отрасли. Чтобы показать эффект соперничества, предполагается, что увеличение знаний конкурентов уменьшит прибыль конкретной фирмы и ее предельную выгоду. Когда знание имеет большое влияние на технологическую производительность, увеличение уровня знаний конкурентов наносит ущерб собственной прибыли. В дополнение к функции приращения уровня знаний фирм предполагается, что прибыль, связанная с НИОКР, также является функцией условий спроса (подробнее в работе [35]).

³ Для простоты будем считать, что все результаты исследований в других отраслях публично обнародованы, подразумевая, что параметр избытка знаний в этих отраслях равен единице.

В процессе анализа авторы [35] показали, что поскольку обучение становится более зависимым от собственного НИОКР, то увеличение технологической возможности или избытков приведет, как правило, к большим НИОКР усилиям, при прочих равных условиях. Действительно, наличие эндогенной поглощающей способности может изменить качественный эффект этих детерминантов изобретательской деятельности. В частности, избытки могут стимулировать НИОКР при некоторых условиях.

Фирмы инвестируют в НИОКР не только для проведения непосредственно нового инновационного процесса и продукта, но также для развития и поддержания их широких возможностей усваивания и использования внешней доступной информации. Признание двойной роли НИОКР предполагает, что факторы, которые влияют на характер и легкость обучения, будут влиять на стимулы фирм для проведения НИОКР. В начале авторы [35] также предположили, что такие факторы включают в себя степень, в которой знание является ориентированным на потребности фирмы, и, в целом, характер знаний в каждой из научных и технологических областей, от которых зависят инновации. Аналитическая модель предполагала, что эти факторы должны осуществлять прямое влияние на изобретательскую деятельность и условия влияния более традиционно рассмотренных детерминантов.

Помимо спроса на рынке, экономисты-практики определили технологическую возможность и соответствие в качестве главных индустриальных факторов, определяющих изобретательской деятельности фирмы [122]. Однако, поскольку эффект обоих этих классов переменных зависит от усвоения внешнего знания, их влияние опосредовано способностью фирмы понять, усвоить и использовать информацию. Таким образом, те переменные, которые влияют на легкость и характер обучения должны, в свою очередь, оказать влияние на то, как технологическая возможность и условия соответствия влияют на НИОКР расходы. Эмпирические результаты в целом подтверждают, что влияние технологических условий и условий соответствия зависит от детерминант легкости обучения, в частности направленных на качество знаний. Это, в свою очередь, предполагает, что характеристики знания, которые влияют на легкость обучения фирмы, могут представлять важный класс детерминантов НИОКР инвестиций.

Наблюдение, что НИОКР создает возможность для усвоения и эксплуатирования нового знания, проливает новый свет на ряд вопросов. Например, она обеспечивает готовое объяснение того, почему некоторые фирмы инвестируют в

фундаментальные исследования, даже если преобладающее число открытий становится общественным достоянием. В частности, фирмы могут проводить фундаментальные исследования для получения менее конкретных результатов, чем стараться выявлять и использовать потенциально полезное научно-техническое знание, которого генерируется в университетах или государственных лабораториях, и, таким образом, получить лидирующее преимущество в использовании новых технологий. Точно так же фундаментальные исследования могут разрешить фирмам выступать в качестве второго двигателя в лице излишков от инноваций конкурентов. Эта перспектива предполагает, что переменные, которые влияют на стимулы фирмы к изучению, должны влиять на стимулы для проведения фундаментальных исследований. Например, поскольку автомобилестроение все больше зависит от области, как микроэлектроника и керамика, которые в значительной степени опираются на фундаментальные науки, мы ожидаем, что производители будут расширять свои основные усилия исследований в физике и химии, чтобы оценить и использовать новые открытия в этих областях. Подобным образом, поскольку технический прогресс фирм зависит от увеличивающегося числа областей фундаментальной науки, фирмы будут увеличивать свои фундаментальные исследования, так как это монтирует усилия в каждой области. Таким образом, даже если фирма не является широко диверсифицированной, знания, релевантные к техническому прогрессу, являются более разнообразными, мы можем ожидать увеличение фундаментальных исследований. В отличие от этого, Нельсон [120] предполагает, что фирмы, которые более диверсифицированы в плане товарных рынков, будут инвестировать в большей степени в области фундаментальных исследований, потому что, предполагая несовершенство рынка информации, они смогут лучше использовать потенциально широкие выводы.

Признание двойной роли НИОКР также имеет важные последствия для анализа внедрения и распространения инноваций. Хотя важность различных форм обучения была выделена в распространенной литературе, она не была широко оценена в контексте того, что НИОКР фирмы способствует ее способности к обучению⁴. Перспектива предполагает, что легкость обучения и, таким образом, технология принятия зависит от характера знаний. Например, было предположено, что инновация, которая чисто воплощается в капитал, является менее дорогостоящей, чем более

⁴ Важным исключением является Мэнсфилд и др. [99], чьи выводы, состоявшие в том, что диффузия появляется быстрее в отраслях с более интенсивным R&D, поддерживает наш основной аргумент. См. [162,163] для обзора литературы по внедрению и распространению. Обе работы кратко описывают, каким образом понятие обучения было обработано в этой литературе.

бестелесные инновации, которые требуют дополнительных усилий и опыта в области. Другое предположение было в следующем: инновационный продукт, разработанный на основе хорошо организованного базового знания, будет распространяться быстрее среди пользователей, чем продукт на основе недавно разработанного научно-технологического знания. Наконец, вклад НИОКР в поглощающую способность также предполагает, что, особенно для новых промежуточных товаров, которые требуют существенных дополнительных НИОКР усилий на часть приемников, расходы НИОКР инновационных отраслей и отраслей-приемников совместно определяются в долгосрочной перспективе.

Экономисты уже давно предупредили политических деятелей о потере благосостояния от проведения таких видов политики, как патенты, которые, с одной стороны, уменьшают негативные эффекты для потребителей от временной монополии, но, с другой стороны, уменьшают стимулы для фирм внутри отрасли за счет снижения излишка производителя при монополии. Спэнс [123] осветил стоимости разного рода. Через увеличение ренты соответствия за счет новых знаний общество забывает о социально полезных производительных эффектах излишков, связанных с уменьшением избыточных НИОКР усилий. Приведенный выше анализ той роли, которую НИОКР играет в обучении фирм, добавляет еще одно измерение к оценке влияния на благосостояние патентов и аналогичных политик. В частности это означает, что отрицательные стимулирующие эффекты излишков и, таким образом, выгоды от политик, предназначенных для смягчения этих эффектов, могут быть не так велики, как предполагается.

В. Инновационность государственных и частных фирм

За прошлое десятилетие исследования смешанных олигополий, характеризующиеся конкуренцией между государственными и частными фирмами, привлекли повышенное внимание. Во многих странах этот тип соревнования широко распространён в ряде отраслей промышленности, например, телекоммуникаций, банковского дела, образования и почтовых служб. Большой пласт теоретической литературы был посвящен инвестициям в НИОКР на смешанных рынках. В работе [124] исследуется роль максимизирующей благосостояние государственной фирмы в регулировании инновационной активности при полностью присваиваемых инвестициях в НИОКР. Авторы показывают, что государственная фирма может быть инструментом преодоления чрезмерного капиталовложения в частной дуополии. Nishimori и Ogawa [58] показывают, что появление частных фирм оказывает негативное влияние на

стимулы государственного сектора к проведению инноваций. Если предположить, что и государственная и частная фирма могут эндогенизировать собственные предельные издержки с помощью инвестиций в инновации, Matsumura и Matsushima [41] обнаруживают, что стратегические взаимодействия между такими фирмами влекут за собой более высокие издержки для государственной фирмы, чем для частной.⁵

Долгое время внимание было сосредоточено на том, производят ли государственные фирмы неэффективно или менее эффективно, чем частные фирмы, в смешанной олигополии. В соответствии со здравым смыслом, многие исследования обнаружили, что частные фирмы имеют большую эффективность по сравнению с государственными фирмами (см. например [129]). В частности, Nett [130] рассматривает смешанную дуополию, в которой частная и государственная фирма решают, инвестировать ли в производственные инновации с фиксированными расходами. Будучи вдохновленным Rees [131], Nett предполагает, что государственная фирма управляется чиновником, который хочет максимизировать собственное производство при ограничении на неотрицательность бюджета. Однако, если чиновник не может обеспечить по крайней мере нулевую прибыль, он придерживается стратегии максимизации прибыли. В такой постановке, Нетто обнаруживает, что частная фирма должна вести себя более инновационно активно, чтобы сосуществовать с этим агрессивным конкурентом, ведущим себя некооперативно. Lin и Ogawa [132] получают схожий результат, предполагая, что инвестиции в снижение издержек не требуют никаких фиксированных издержек.

Однако упомянутые выше исследования основываются на предположении, что инновации могут быть полностью присвоены. Фактически для инноватора почти невозможно полностью присвоить прибыль со своих инвестиций в НИОКР инновационного процесса. Как только фирма берет на себя технологические обязательства, конкуренты могут с выгодой для себя осуществлять имитации из-за технологических перетоков. Литература по стимулам к инвестициям на уменьшение издержек в присутствии таких информационных перетоков насчитывает большое количество источников (см. например [48,52,133]).

Вопреки широко распространенному мнению о том, что государственный фирмы менее инновационно активны, чем частные, Zhang и Zhong [134], используя постановку Нетто (Nett, 1994a), показывает, что обратное может быть верно в случае,

⁵ Подобные вопросы обсуждались в работах [125–128].

когда во внимание принимается эффект технологических перетоков. Вслед за работой [52] они предполагают, что инвестиции одной фирмы приносят выгоды не только ей самой, но также способствуют сокращению предельных издержек её конкурента из-за информационных перетоков. Zhang и Zhong [134] разработали двухэтапную игру, где на первом этапе каждая фирма решает, внедрить ли новую технологию, чтобы уменьшить свои предельные издержки, понеся при этом некоторые дополнительные расходы, а на втором этапе разыгрывается стандартная игра Курно. Оказывается, что в предположении о слабых инновациях при довольно слабых информационных перетоках и умеренных фиксированных издержках, стимул к инвестициям в НИОКР у частной фирмы оказывается больше, чем у государственной фирмы, что является прямым обобщением результатов Nett. Однако Zhang и Zhong [134] также обнаруживают, что при сильных перетоках частная фирма оставит деятельность по НИОКР своему конкуренту и будет затем извлекать выгоду из технологических перетоков, в то время как государственная фирма примет решение инвестировать для получения большей доли рынка. Кроме того, оказывается, что частная фирма всегда более эффективна, чем государственная фирма, когда они сосуществуют на этом рынке.

В работе Zhang и Zhong [134] анализируется, является ли максимизирующая выпуск государственная фирма менее инновационно активной, чем максимизирующая прибыль частная фирма при учёте технологических перетоков. Из работы [130], следует, что частная фирма всегда имеет больше стимулов инвестировать в НИОКР в случае идеальной технологической защиты. Однако Zhang и Zhong [134] показали, что его результат распространяется только на случай со слабыми перетоками. Если эффект перетока достаточно сильный, то государственная фирма получает мощный стимул вводить инновации для получения большей доли на рынке, в то время как частная фирма примет решение извлекать выгоду из технологических перетоков в смешанной дуополии.

В смешанной дуополии, в которой проводящая инновации государственная фирма конкурирует против не осуществляющей инноваций частной фирмы, даже если государственная фирма всегда производит с более высокими средними издержками, чем её конкурент, внедрение инноваций остается более эффективной стратегией, чем сохранение технологии с более высокими предельными производственными издержками. Однако для частной фирмы, инвестиции в НИОКР могут в некоторых случаях далее увеличить её экономическую эффективность производства по сравнению

с ситуацией бесплатного использования перетекающей информации. В смешанной дуополии, где инвестирует только частная фирма, частная фирма не менее эффективна, чем общественная, но нельзя утверждать, что общественная фирма производит неэффективно.

1.8 Методы оптимального управления диффузионными процессами

А. Выбор между двумя инновациями. Модель Джесена

Кривая распространения инновации задает зависимость количества пользователей от времени. Обычно такие кривые являются S-образными, с чем в основном согласны исследователи, занимающиеся распространением инноваций (примеры можно посмотреть в [87,100,135])⁶. Чтобы быть точным, кривая распространения является S-образной, когда количество пользователей есть возрастающая функция от времени (по направлению увеличения времени), выпуклая вначале и переходящая в вогнутую по прохождении точки перегиба и затем асимптотически стремящаяся к 1. Теоретическое объяснение такой формы обычно сводится к так называемому «эффекту демонстрации». Коротко, этот эффект говорит о том, что по мере увеличения числа пользователей, увеличиваются конкуренция и популярность инновации, что увеличивает и вероятность того, что новая фирма использует инновацию. На практике это означает, что отношение количества фирм, внедряющих инновацию в данный момент времени, к количеству фирм, которые уже ее внедрили, постоянно равно некоторой константе, не зависящей от времени. Такое предположение приводит к дифференциальному уравнению, решением которого является логистическая функция, соответствующая кривой распространения (см. [87,100,135], чтобы увидеть примеры аргументации, по всей видимости, впервые приведенной Мансфилдом). Очевидно, такое предположение никак не опирается на анализ принятия оптимального решения фирмами. Тем не менее, в [104,136] авторы получили S-образную форму кривой, используя модели, основанные на рациональном выборе потенциальных пользователей⁷. Поскольку оба этих подхода опираются на использования внешних источников информации, хочется выяснить зависит ли S-образная форма кривой распространения от некоторой формы эффекта демонстрации. У этой главы две цели: во-первых, найти оптимальную стратегию фирмы, когда ей необходимо выбрать одну из двух инноваций при условии, что она не знает, какая

⁶ Экономические географы и социологи также согласны с таким подходом (см. [101,164]).

⁷ Рейганум [165] показывает, что кривая распространения уменьшающей издержки инновации будет в некоторых случаях почти S-образной. Этот подход отличается от представленного в [104,136], где совершенство информации предполагается, чтобы анализировать стратегические аспекты распределения.

лучше; во-вторых, показать, что S-образная форма кривой распространения может быть получена из модели оптимального принятия решения, при отсутствии какого либо внешнего эффекта демонстрации (то есть любого эффекта демонстрации, происходящего из любого ресурса, отличного от самой фирмы).

В работе [137] представлена модель фирмы, встречающей выбор из двух конкурирующих инноваций. Обе инновации являются таковым в том смысле, что их заимствование увеличит приведенную стоимость фирмы по сравнению с доинновационным уровнем. Предполагается, что одна из инноваций определенно лучше другой, но фирма не знает, какая (хотя фирма изначально может выдвинуть предположение о том, что какая-то лучше). Таким образом, задача фирмы заключается в том, чтобы определить, какая инновация лучше, исходя из результатов собственных испытаний. Испытание может привести как к успеху, так и к провалу, и модель устроена так, что лучшая инновация та, у которой вероятность успеха выше вероятности провала. Таким образом модель достаточно общая, чтобы характеризовать и новые технологии (такие как устройства с неизвестным процентом расстройств), и новые товары (которые могут быть или не быть куплены клиентами). Принятие фирмой решения сформулировано в виде задачи двурукого бандита и получено оптимальное правило принятия решения. Это правило дает фирме критерий того, какая инновация должна быть выбрана в любой данный момент времени, в зависимости от текущего апостериорного мнения о том, какая из инноваций лучше. Модель устроена так, что фирма, в конце концов, узнаёт, какая инновация лучше и внедряет ее (то есть повторяет испытания на ней бесконечно). Далее автором составлена модель индустрии, в которой имеется континуальное число фирм, поставленных перед той же самой задачей и различающихся только исходными представлениями о том, какая инновация лучше. Возможность присутствия какого либо внешнего эффекта демонстрации исключена предположениями о том, что издержки на успех или провал постоянны (поэтому не может возникнуть никакого конкурентного давления), и о том, что фирма может учиться только на своих испытаниях инновации (поэтому отсутствует эффект популярности). Затем показано, что ожидаемая кривая распространения для лучшей инновации имеет S-образную форму для некоторого класса распределения исходных предпочтений в индустрии. Таким образом показано, что внешний эффект демонстрации не требуется для объяснения S-образной формы кривой.

Стоит отметить, что все результаты в модели Джесена [137] в решающей степени зависят от предположения о том, что существуют только два состояния

природы, определенных так, что в одном из них *A* лучшая инновация, а в другом *B* лучшая инновация. Как было замечено ранее, это предположение было сделано для того, чтобы гарантировать то, что лучшая инновация будет, в конце концов, внедрена, и, следовательно, можно будет анализировать процесс распространения. Ослабив это предположение и позволив μ_A и μ_B принимать больше возможных значений, мы бы пришли к тому, что внедрение неудачной инновации может случиться с положительной вероятностью. В действительности, подходящая интерпретация задачи двурукого бандита в модели ценообразования Ротшильда [138] дала бы именно такой результат. Вот почему ослабление этого предположения не принесло бы ничего нового. Главный результат модели Джесена [137] не подразумевает, что эффект демонстрации и различия между фирмами, иные чем исходные ожидания, не имеют влияния на распространение инноваций. Однако он показывает, что часто наблюдаемая S-образная форма кривых распространения не обязательно является результатом какого-либо внешнего эффекта или различий между фирмами, отличными от исходных ожиданий. Так как этот вид информационного эффекта и другие характеристики фирм, безусловно, влияют на процесс распространения, возможно, наиболее интересный из оставшихся без ответа вопросов – это могут ли они быть встроены в модель оптимального принятия решений таким образом, чтобы давать S-образную форму кривой.

В. Примеры и анализ подходов к управлению процессами распространения инноваций в социально-экономических системах

Российскими авторами написан ряд работ, посвященных особенностям распространения нововведений в России, среди них хочется выделить несколько работ В. К. Фальцмана. В первой работе «Мобильность экономики» [139], в которой основное внимание уделяется измерению скорости диффузии для 23 технологий, относящихся к различным типам ресурсосбережения, автор получает ряд важных выводов:

1) Средняя скорость распространения рассмотренных технологий едва превышает 1%, то есть насыщение новой технологией будет проходить 80-90 лет. Наиболее высокая скорость диффузии присуща технологиям, позволяющим наращивать выпуск, а не обеспечивающим большую эффективность.

2) Средняя скорость диффузии зависит от типа нововведения.

3) Скорость диффузии слабо зависит от стадии ее распространения.

4) Средняя скорость распространения инноваций в СССР ниже, чем в США, Великобритании, Японии или других развитых странах.

5) Показатель средней скорости усвоения технологий имеет тенденцию к снижению.

Все эти эмпирические факты объясняют нараставшее технологическое отставание СССР. Следствием этого, как замечает Фальцман, является «ресурсоемкая структура производства с гипертрофированным сырьевым сектором... <и> низкая производительность труда, составляющая в промышленности 55%, в сельском хозяйстве менее 20% уровня США»[139, с. 23–24]. Особенности распространения инновационных технологий в СССР автор связывает с инвестиционными факторами (например, неоправданно высокой продолжительностью строительства объектов, низким качеством машиностроительной продукции и пр.) и анти-инновационность советской экономики: «давление» централизованного плана и затратный характер экономики, когда на каждом уровне «выгоднее» завышать затраты [139, с. 25].

В своей одноименной работе Фальцман [140] рассматривает факторы спроса на отраслевую науку. Отдельное внимание уделяется рынкам научной продукции и инвестиционному потенциалу отрасли, рассматривается взаимовлияние стадии нововведения (степени готовности) и схемы реализации инновации, а также цены нововведения и доли затрат на исследования. При подготовке работы мы также использовали книгу Фальцмана «Экономический рост. От прошлого к будущему» [141].

2. Диффузия инноваций. Количественный подход

2.1 Модели управления инновациями продукта и технологий

В данном разделе рассматривается 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 [142–145].

Kamien, Oren, Tauman [146] проанализировали общий эффект от инноваций как конкурентного преимущества для рынка с олигополистической структурой. Pine и Victor [147] накладывают еще больше структурных ограничений на рынок, чтобы проанализировать фирмы которые могут осуществлять как инновации продукта, так и инновации технологий. Athey, Schmutzler [148] 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 НИОКР) и внешних (покупка технологии) источников нововведений. Например, в работе [16] 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 и Gambardella [16] 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 [17] 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 и Taylor [18] также определяют две возможные гипотезы эффекта деятельности фирмы по НИОКР на ее стратегию поглощения. В то время как внутренние НИОКР и внедренные внешние технологии являются субститутами, что приводит к отрицательному

соотношению между ними, внутренние НИОКР стимулируют синергетические выгоды от потенциальных целей, что предполагает положительную взаимосвязь.

Заметим, 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 Mantovani [143] исследовал комплементарность между инновациями, направленными на улучшение качества продукта, и инновациями, направленными на улучшение технологического процесса. А Lambertini и Mantovani [144] исследовали проблему монополии с дифференцированными продуктами при учете обоих типов инноваций. Chenavaz [145] разработал 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 [85], одна из последних – статья [149], в которой Pan Li строят 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 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.

2.2 Описание модели⁸

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)

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

ρ - 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 ϕ (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:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{p(t), u(t), v(t)} \int_0^T e^{-\rho t} [(p(t)-c(t)) f(p(t), q(t), \phi(t)) - u - v - \phi] dt \\ \dot{c} = s(h(t), c(t)) \\ \dot{h} = r(h, h_{-i}, v) \\ \dot{q} = g(q, q_{-i}, u) \\ \dot{h}_{-i} = r(h, h_{-i}, \alpha) \\ \dot{q}_{-i} = g(q, q_{-i}, \beta) \end{array} \right. \quad (2.1)$$

⁸ Раздел 3.2-3.3 подготовлен М.Л. Фреером, аспирантом Департамента Экономики, Университета им. Джорджа Мейсона (PhD student in Economics, George Mason University Graduate Research Assistant at Interdisciplinary Center for Economic Studies GMU)

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:

$$\dot{h} = r(h, h_{-i}, v); \dot{h}_{-i} = r(h, h_{-i}, \alpha) \quad (2.2)$$

$$\dot{q} = g(q, q_{-i}, u); \dot{q}_{-i} = g(q, q_{-i}, \beta) \quad (2.3)$$

где α и β – экзогенные уровни инвестиций в инновации производственного процесса и товара соответственно.

Сначала запишем гамильтониан для данной задачи:

$$H = (p - c)f(p, q, \phi) - u - v + \lambda_1 s(h, c) + \lambda_2 r(h, h_{-i}, v) + \lambda_3 g(q, q_{-i}, u) + \lambda_4 r(h, h_{-i}, \alpha) + \lambda_5 g(q, q_{-i}, \beta) \quad (2.4)$$

Тогда условия первого порядка будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} (\hat{p} - c) \frac{f(\hat{p}, q, \hat{\phi})}{\partial p} + f(\hat{p}, q, \hat{\phi}) &= 0; \\ -1 + \frac{\partial f(\hat{p}, q, \hat{\phi})}{\partial \phi} &= 0 \\ -1 + \lambda_3 \frac{\partial g(q, q_{-i}, \hat{u})}{\partial u} &= 0; \\ -1 + \lambda_2 \frac{\partial r(h, h_{-i}, \hat{v})}{\partial v} &= 0 \end{aligned} \quad (2.5)$$

При условии следующих ограничений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{c} = s(h(t), c(t)) \\ \dot{h} = r(h, h_{-i}, v) \\ \dot{q} = g(q, q_{-i}, u) \\ \dot{h}_{-i} = r(h, h_{-i}, \alpha) \\ \dot{q}_{-i} = g(q, q_{-i}, \beta) \\ \dot{\lambda}_1 = \rho\lambda_1 + f(p, q, \phi) - \lambda_1 \frac{\partial s(c, h)}{\partial c} \\ \dot{\lambda}_2 = \rho\lambda_2 - \lambda_1 \frac{\partial s(c, h)}{\partial h} - \lambda_2 \frac{\partial r(h, h_{-i}, v)}{\partial h} - \lambda_4 \frac{\partial r(h, h_{-i}, \beta)}{\partial h} \\ \dot{\lambda}_3 = \rho\lambda_3 - (p - c) \frac{\partial f(p, q, \phi)}{\partial q} - \lambda_3 \frac{\partial r(q, q_{-i}, u)}{\partial q} - \lambda_5 \frac{\partial r(q, q_{-i}, \alpha)}{\partial q} \\ \dot{\lambda}_4 = \rho\lambda_4 - \lambda_2 \frac{\partial r(h, h_{-i}, v)}{\partial h_{-i}} - \lambda_4 \frac{\partial r(h, h_{-i}, \beta)}{\partial h_{-i}} \\ \dot{\lambda}_5 = \rho\lambda_5 - \lambda_3 \frac{\partial r(q, q_{-i}, u)}{\partial q_{-i}} - \lambda_5 \frac{\partial r(q, q_{-i}, \alpha)}{\partial q_{-i}} \end{array} \right. \quad (2.6)$$

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, показана 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 отличаются начальным уровнем q_{-i}, h_{-i} , для первого они выше, чем соответствующее уровни технологий фирмы, а во втором – ниже.

Теперь перейдем к описанию и анализу результатов симуляции модели.

2.3 Имитационные эксперименты

А. Уровень и эффективность технологий

Рассматривается влияние начального уровня технологий в обществе на оптимальное решение. Начнем с высокотехнологичного 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.

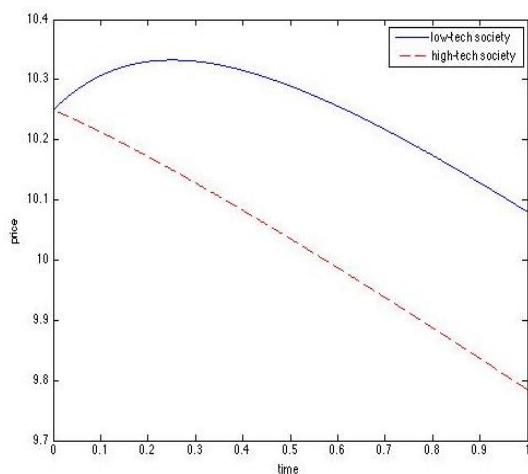


Рисунок 2.1 - Оптимальный уровень цены

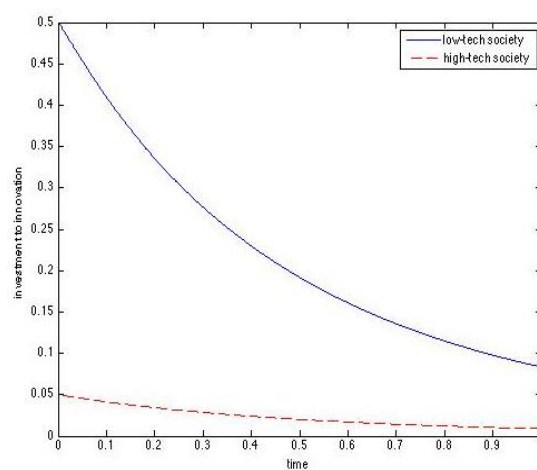


Рисунок 2.2 - Оптимальный уровень инвестиций в инновации

На рис. 2.1 и 2.2 показано, что в случае низко-технологичного общества фирма больше инвестирует в инновации. Однако, поскольку фирма является монополистом, то значительную долю этих затрат перекладывает на потребителя, поэтому цена для низко-технологичного общества выше, чем цена для высокотехнологичного.

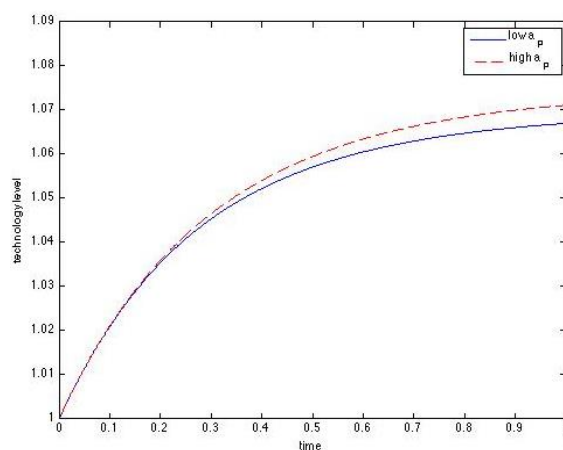


Рисунок 2.3 - Оптимальный уровень технологий

Также стоит рассмотреть реакцию фирмы на требовательность потребителей к уровню качества продукта, которая в нашей спецификации модели выражено через

$a_q = \frac{\partial f}{\partial q}$. На рис. 2.3 изображен оптимальный уровень технологий, но поскольку при прочих равных уровень технологий будет тем выше, чем выше уровень инвестиций в инновации (модель не является стохастической). Заметим, что чем выше спрос на качество продукта, тем больше фирма будет инвестировать в инновации (рис. 2.3). Также отметим, что в результате значимые различия по качеству наблюдается не мгновенно, а лишь по истечении определенного времени.

Заметим, 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.

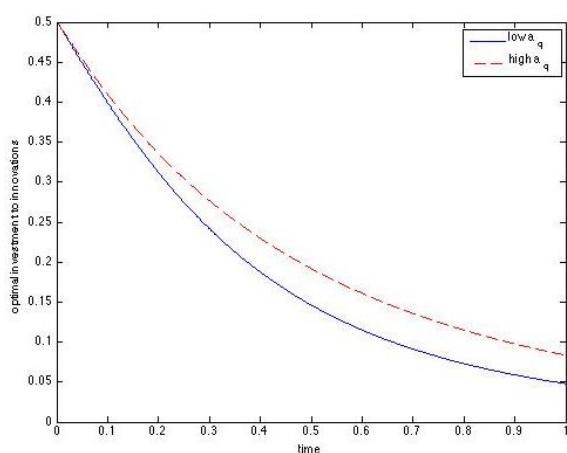


Рисунок 2.4 - Уровень инвестиций в качество продукта

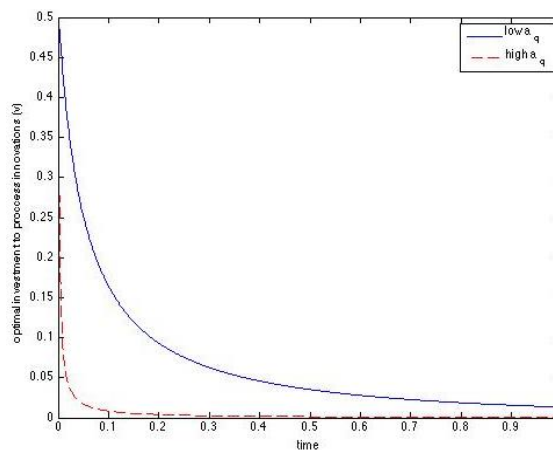


Рисунок 2.5 - Уровень инвестиций в производственный процесс

Интересным фактом, также является то, что инвестиции в качество продукта и инвестиции в производственный процесс являются субститутами. На рис. 2.4 и 2.5 видно, 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 большую прибыль просто повышая цену на товар при более высоком его качестве, при этом предельная прибыль от инвестиций в качество продукт превышает предельную прибыль от инвестиций.

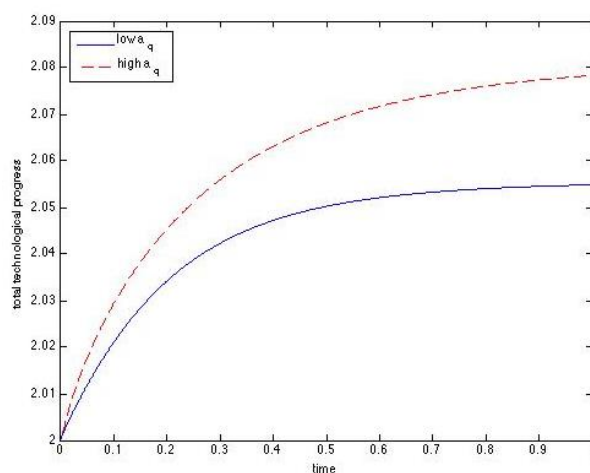


Рисунок 2.6 - Суммарный уровень технологического прогресса

Исходя из того факта, что разные типы инвестиций в инновации являются субститутами, стоит обратить внимание на общий уровень инноваций. На рис. 2.6 видно, 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.

В. Инновации и реклама

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

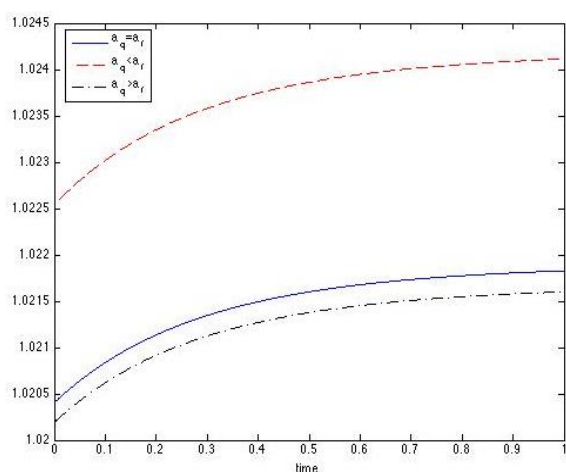


Рисунок 2.7 - Оптимальный уровень затрат на рекламу

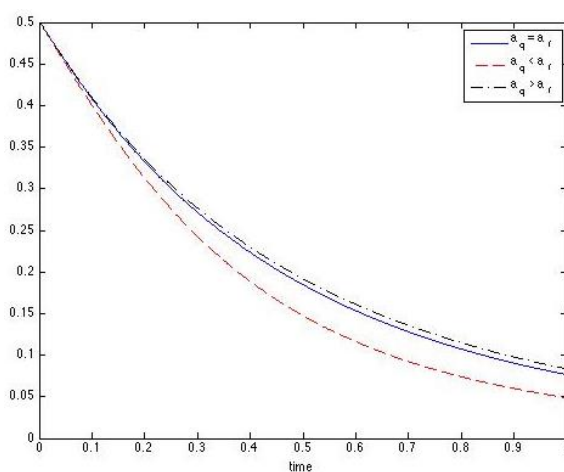


Рисунок 2.8 - Оптимальный уровень инвестиций в инновации

На рис. 2.7 изображены затраты на рекламу при различных уровнях ее предельной эффективности. Нижняя кривая соответствует низкому уровню предельной эффективности рекламы (ниже, чем предельная 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 (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. 2.7).

2.4 Краткие выводы

В данной главе 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.

3. Диффузия инноваций. Качественный подход

3.1 Инновации в пространстве характеристик. Подход К. Ланкастера

Перечисленные выше модели и подходы игнорировали дифференциацию товаров. В действительности товар представляет собой совокупность характеристик, которые приносят полезность агентам. Впервые эту идею сформулировал Lancaster [150]. 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, из которых товар состоит. 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 [151]. 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 продукт. 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, подчеркнув, что сложность производственной структуры не подразумевает разнообразия конечной продукции (СССР); но в развитой экономике (при большом выборе товаров) технологии производства будут сложными. Но ошибочно полагать, что количество (разнообразие) товаров связано с количеством предлагаемых совокупностью товаров характеристик: эти две величины не связаны. При этом количество факторов производства и разнообразие произведенных товаров взаимосвязаны.

С другой стороны, 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 КПВ), 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, то 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 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 потому для каждой необходим собственный анализ и оценка изменений.

3.2 Эволюционный подход к исследованию экономических явлений

Интересом к направлению, речь о котором ниже, авторы работы обязаны Л.И. Розоноэру, который еще в середине 1980-х годов предложил М.И. Левину распространить эволюционные биологические модели на экономику инноваций.

Эволюционная экономическая теория, по-видимому, насчитывает около 100 лет, если считать ее началом вышедшую в 1911 году работу Й. Шумпетера «Теория экономического развития». Он писал: «... под развитием следует понимать лишь такие изменения хозяйственного кругооборота, которая экономика сама порождает, т.е.

случайные изменения «предоставленного самому себе», а не приводимого в движение импульсами извне народного хозяйства». [152]

Подробный анализ аспектов эволюционной теории Шумпетера приведен в ставшей классической монографии Нельсона Р.Р. и Уинтера С. Дж. «Эволюционная теория экономических изменений» [153].

Начиная с 1990-х годов эволюционную теорию стали применять в теории игр, что позволило разрешить проблему выбора конкретного равновесия в играх с множественными равновесиями по Нэшу. Эти исследования были стимулированы работами биологов. В частности, применение «биологического» подхода позволяет отказаться или ослабить требование о рациональности или совершенной информированности игроков. Кроме того, эволюционный подход позволил игрокам совершенствовать свои стратегии, основываясь на методе «проб и ошибок». Дальнейшее развитие эволюционной теории игр связано с введением мутаций, понимаемых как последовательность небольших стохастических шоков. Одна из наиболее известных работ в этой области принадлежит Kandori, Mailath и Rob [154]. Используя наработки биологов, они предположили, что агенты при выборе стратегий не обязаны моментально реагировать на изменения окружающей среды (что может быть определено как инертность), действуют недальновидно, и существует возможность случайной смены ими стратегий под воздействием мутаций.

В работе [155] обращается внимание на важность мутаций при выборе агентами имитационных стратегий, при этом они имитируют лишь те стратегии, которые ранее использовались в игре и приводили к успеху.

Нельзя не отметить использование эволюционных подходов в экспериментальной экономике. Показательной является работа [156] по проведению эксперимента, в котором участвовали две группы агентов, представлявшие взаимодействующие популяции.

Игра под названием «скромность и распущенность» была исследована математическими биологами еще в конце 1970-х годов и описана с помощью системы дифференциальных уравнений. Целью исследования было построение фазовых портретов. Интересно, что полученные исследователями фазовые портреты игры, в которой участвовали по 8 добровольцев, с каждой из двух сторон оказались близкими к тем, которые были получены компьютерным моделированием соответствующих систем дифференциальных уравнений.

Класс эволюционных моделей процесса создания инноваций также рассматривается в работе [157].

3.3 Описание модели

В отличие от цитировавшихся ранее работ, нами будет выбрана математическая модель, описывающая эволюционные процессы, но в отличие от подхода Нельсона Р.Р. и Уинтера С. Дж. [153], которые рассматривали в качестве агентов фирмы, осуществляющие имитационную или инновационную деятельность, мы будем опираться на эволюционные процессы, происходящие в пространстве признаков или характеристик продуктов. При таком моделировании экономические агенты, отвечающие за инновационную деятельность неявно присутствуют, но их параметры при математической формализации фигурируют лишь в виде «диффузионных» членов уравнений.

В цикле работ [158–160] рассматриваются математические модели, описывающие процесс видообразования, или если перейти от «биологической» интерпретации к более широкой «естественнонаучной», то речь в этих работах идет об описании эволюции самовоспроизводящихся систем.

Наиболее общее уравнение, описывающее процессы эволюции задано следующим образом:

$$\frac{\partial n}{\partial t}(x, t) = f(x, \{n(\xi, t)\})n(x, t) + M(x, \{n(\xi, t)\}) \quad (3.1)$$

где $n(x, t)$ - плотность эволюционирующей среды, f - слагаемое правой части уравнения (1), отвечающее за самовоспроизведение и конкуренцию элементов среды. Отметим, что аргумент в фигурных скобках $\{n(\xi, t)\}$ является оператором от плотности $n(\xi, t)$, и в дальнейшем этот оператор будет задаваться в виде интеграла $\int K(x, \xi)n(\xi, t)d\xi$, причем в зависимости от выбора ядра $K(x, \xi)$ можно промоделировать широкий класс взаимодействий элементов самовоспроизводящейся системы. Второе слагаемое в правой части уравнения $M(x, \{n(\xi, t)\})$ отвечает за «мутации», то есть случайные изменения среды, не описываемые направленным отбором или каким-либо иным воздействием окружающей среды на систему.

Насколько обосновано использование этой модели для описания процесса диффузии инноваций? Нам представляется, что модель может быть адекватным описанием процесса создания и конкуренции инновационных продуктов. В данном случае плотность $n(x, t)$ рассматривается в пространстве потребительских свойств продуктов (это конечномерное пространство, например, можно взять R^N , или же какое-либо из его множеств). С таким же успехом модель применима для описания диффузии инновационных процессов и технологий, все зависит от интерпретаций пространства свойств (в [158–160] аналогичное пространство называется пространством признаков).

Одной из задач данной работы является демонстрация того, что за счет «мутационного» члена уравнения (3.1), отвечающего в нашей интерпретации за инновационное создание продуктов с принципиально новыми свойствами, решения уравнения (3.1) имеют более высокую размерность носителя (более строгое описание будет предоставлено ниже), чем размерность носителя начальной функции, а именно $n(x, 0)$.

Чтобы конкретизировать модель, обратимся к уравнению (3.2), заимствованному из [160].

$$\frac{\partial n}{\partial t} = [u(x) - \int K(x, \xi)n(\xi, t)d\xi]n(x, t) + D\Delta n \quad (3.2)$$

Это уравнение является нелинейным интегро-дифференциальным второго порядка и представляет собою частный случай уравнения (3.1).

«Мутационный» член, отвечающий за возникновение новых свойств, имеет вид $D\Delta n$, где по аналогии с уравнением теплопроводности (оно же уравнение диффузии), коэффициент $D > 0$ будем называть коэффициентом диффузии, а $\Delta = \sum_{i=1}^N \frac{\partial^2}{\partial x_i^2}$ — оператор Лапласа.

Слагаемое $[u(x) - \int K(x, \xi)n(\xi, t)d\xi]n(x, t)$ уравнения (3.2) нуждается в подробной интерпретации. Экзогенно задаваемая функция $u(x)$ на эволюционном языке называется «рельефом отбора», и призвана отражать априорные тенденции в видообразовании (например, утолщение слоя подкожного жира млекопитающих в ответ на изменение климата и т.д.).

Так как нашей задачей является выяснение вопроса о возникновении новых свойств, а не совершенствование уже существующих, то проще всего положить $u(x) = \text{const}$, что будет свидетельствовать об «однородности», то есть независимости темпов роста от x . Другими словами, все существующие и будущие свойства одинаково ценны.

Это условие принято с целью упрощения математического моделирования и может быть впоследствии ослаблено, т.к. на практике априорные тенденции совершенствовании технологий не задаются константой и обычно известны, в отличие от фундаментальной науки, в которой происходят спонтанные, заранее не планируемые открытия.

Интегральный оператор $\int K(x, \xi)n(\xi, t)d\xi$ характеризует взаимодействие элементов системы (здесь предполагается, что ядро $K(x, \xi) > 0$). Подавление эволюционирования элементов системы обеспечивается знаком минус в правой части уравнения (3.2). Под подавлением эволюционирования понимается как наложение законодательных ограничений, препятствующих нововведениям, так и конкурентная борьба между инновационными продуктами, приводящая к вытеснению менее передовых продуктов.

В работе [160] особое внимание уделяется интегральному оператору типа свертки, когда интеграл имеет вид $\int K(x - \xi)n(\xi, t)d\xi$. Подобный вид оператора позволяет симитировать «локальный» характер конкуренции, то есть взаимодействие элементов системы лишь с близкими признаками. Кроме того, уравнение, содержащее свертку двух функций при использовании известных интегральных преобразований Фурье или Лапласа, допускает в ряде случаев явное аналитическое решение.

А. Диффузия в случае однородной среды и локальной конкуренции

Выбрав уравнение (3.3) в качестве основной математической модели, описывающей диффузию инноваций, нам предстоит обсудить следующие вопросы: в каком классе функций будем искать решение? Каковы свойства ядра оператора свертки? Каковы начальные условия?

$$\frac{\partial n}{\partial t}(x, t) = \left[a - \int K(x - \xi)n(\xi, t)d\xi \right] n(x, t) + D\Delta n \quad (3.3)$$

Здесь $a = \text{const} > 0$, $D > 0$.

В работах [158,159] предполагалось, что плотность в пространстве признаков принадлежит классу C^2 при $t > 0$, а начальная функция $n(x,0)$ кусочно-непрерывна.

Нам потребуется расширение класса функций, в котором ищется решение уравнения (3.3).

Здесь следует отметить, что в случае биологического видообразования плотность популяции является функцией, заданной в конечном (пусть и большом) числе точек N -мерного пространства (дискретная, а не непрерывная плотность).

Моделирование процесса видообразования с помощью интегро-дифференциального уравнения типа (3.3) имеет ряд неоспоримых преимуществ перед системой обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих эволюцию популяции во времени. Так, например, «мутационный» член уравнения (3.3) в виде оператора Лапласа гораздо точнее описывает случайную изменчивость видов, чем его дискретный аналог [158]. Не говоря уже о том, что интегро-дифференциальные уравнения в частных производных позволяют также моделировать направленную эволюцию, чего дискретный аналог не предполагает.

Мы предлагаем максимально расширить класс исследуемых решений уравнения (3.3), а именно, исходным классом функций будем считать класс обобщенных функций медленного роста. Это позволит «перебросить мостик» между непрерывными и дискретными плотностями, используя в качестве начальных функций дельта-функции.

Мы предлагаем без ограничения общности считать, что инновационные продукты обладают лишь двумя свойствами. Замена общего случая на R^2 не ограничивает общности, но при этом технически проще работать в пространстве двух измерений. Другим упрощением, имеющим чисто технический характер, является работа со всем R^2 , а не только с неотрицательным квадрантом (что было бы логичным) R_+^2 . При рассмотрении уравнения (3.3) в неотрицательном квадранте R_+^2 пришлось бы пользоваться преобразованием Лапласа обобщенных функций. Техника такой работы вполне успешно зарекомендовала себя при решении уравнений в частных производных с постоянными коэффициентами [161]. Мы же воспользуемся в качестве исходного класса функций пространство обобщенных функций медленного роста, определенных на R^2 , и будем пользоваться преобразованием Фурье.

На данном этапе будем считать, что ядро свертки $K(x_1, x_2)$ – кусочно-непрерывная, четная, интегрируемая, неотрицательная функция, при этом $(x_1, x_2) \in R^2$.

Под четностью понимается следующее свойство: $K(\pm x_1, \pm x_2) = K(x_1, x_2)$ при любой комбинации знаков перед x_1, x_2 . Пусть дополнительно $\int K(x)dx = \bar{K} > 0$.

Покажем, что инновационный процесс, описываемый уравнением (3.3) приводит к появлению продуктов с новыми свойствами. Однако нелинейность уравнения (3.3) не позволяет непосредственно воспользоваться преобразованием Фурье без его предварительной линеаризации.

Заметим, что уравнение (3.3) имеет нетривиальное решение $u_0 = \frac{a}{\bar{K}}$ (проверяется непосредственной подстановкой, константа $\bar{K}$ была определена выше). Интерпретация этого решения в терминах теории инновационных процессов такова: оно является стационарным (не зависящим от времени) обусловленным тем, что при $u = u_0$ постоянный темп роста популяции a уравнивается противодействием среды (слагаемое в виде свертки $K * u_0$). С точки зрения диффузионных процессов такое стационарное решение является нереалистичным, порожденным допущением о постоянстве темпов роста вне зависимости от расположения инновационного продукта в пространстве свойств, $a = const$ для всех $x \in R^2$. Как отмечалось ранее, постоянный темп роста является вынужденным компромиссом, позволяющим провести линеаризацию уравнения (3.3). В оправдание этого допущения можно отметить, что это допущение может быть ослаблено, если считать, что $a(x) = const$ в окрестности носителя решения уравнения, что вполне оправдано, в частности, если дополнительно предположить, что значения функции быстро стремятся к нулю на бесконечности, или же носитель ядра $K(x)$ компактен.

Рассмотрим динамику решения уравнения (3.3). Для этого представим искомое решение в виде $u(x, t) = u_0 + v(x, t)$. Искомая функция $v(x, t)$ будет предполагаться малой «в среднем», то есть величина интеграла $\int v(x, t)dx$ будет предполагаться малой для всех $t \geq 0$.

Уравнение относительно функции $v(x, t)$ будет иметь вид

$$\frac{\partial v}{\partial t}(x, t) = -K * v(v + u_0) + D\Delta v \quad (3.4)$$

Пренебрежем «квадратичным» членом $(K * v)v$. Получим линеаризованное уравнение

$$\frac{\partial v}{\partial t}(x, t) = -u_0 K * v + D\Delta v \quad (3.5)$$

Пусть $\tilde{v}(\xi, t) = F_x[v(x, t)]$, где F - преобразование Фурье обобщенных функций медленного роста, а $\xi = (\xi_1, \xi_2) \in R^2$.

Преобразуя уравнение (3.5) по Фурье, получим

$$\frac{\partial \tilde{v}}{\partial t} = -[u_0 \tilde{K} + D(\xi_1^2 + \xi_2^2)]\tilde{v} \quad (3.6)$$

Здесь $\tilde{K} = F_x[K(x)](\xi_1, \xi_2)$. Решая это линейное уравнение относительно неизвестной функции $\tilde{v}$, получаем

$$\tilde{v}(\xi, t) = C(\xi) \exp \left\{ -[u_0 \tilde{K} + D|\xi|^2]t \right\}, \quad |\xi|^2 = \xi_1^2 + \xi_2^2 \quad (3.7)$$

Воспользуемся операцией обратного преобразования Фурье для обобщенных функций [161]: $v(x, t) = F_\xi^{-1}[\tilde{v}]$.

Будем считать, что в момент $t = 0$ на рынке инновационных продуктов присутствует лишь один продукт, обладающий только свойством 1, численное значение которого равняется $x_1^0 > 0$, при этом объем выпуска этого продукта равен $\alpha > 0$. «Малость» v регулируется величиной α . Начальная плотность линеаризованного уравнения $v(x_1, x_2, 0) = \alpha \delta(x_1 - x_1^0) \delta(x_2)$, эта функция с точностью до множителя является прямым произведением двух δ -функций.

Тем самым поставлена задача Коши

$$\frac{\partial v}{\partial t}(x, t) = -u_0 K * v + D\Delta v \quad \text{и} \quad v(x, 0) = \alpha \delta(x_1 - x_1^0) \delta(x_2) \quad (3.8)$$

Преобразуем по Фурье начальную функцию $\tilde{v}(\xi, 0) = \alpha \exp(ix_1^0 \xi_1) \mathbf{1}(\xi_2)$, где использовано общепринятое обозначение $\mathbf{1}(x) \equiv 1$.

Опираясь на свойство непрерывности оператора Фурье, мы получим $C(\xi) = \tilde{v}(\xi, 0)$.

Тогда решение исходной задачи Коши представлено в виде интеграла Фурье

$$v(x, t) = F_{\xi}^{-1}[\alpha \exp(ix_1^0 \xi_1) \exp\{-[u_0 \tilde{K} + D|\xi^2|]t\}] \quad (3.9)$$

Чтобы исследовать свойства решения (9), нам потребуется дальнейшая конкретизация свойств ядра $K(x)$. В отличие от выбора ядра в работе [160] в которой предполагалось, что могут взаимодействовать лишь элементы системы, свойства которых не различаются более чем $\delta > 0$ по каждому из признаков в пространстве R^N , мы будем полагать, что инновационные продукты конкурируют даже, если их свойства сильно отличаются. Другое дело, что конкуренция продуктов, далеко отстоящих друг от друга в пространстве признаков будет пренебрежимо мала. Тем самым, мы будем работать с ядрами с неограниченным (не финитным) носителем, но принадлежащими пространству основных функций Шварца $S(R^N)$. Напомним свойства основных функций [161].

Функция $\varphi(x)$ принадлежит $S(R^N)$ при выполнении следующих условий: $\varphi(x)$ бесконечно дифференцируема, убывает вместе со всеми своими производными быстрее любой степени $\frac{1}{|x|}$. Типичным представителем этого класса является $\varphi(x) = \exp(-|x|^2)$.

Преобразование Фурье отображает взаимно однозначно и взаимно непрерывно пространство основных функций $S(R^N)$ на себя. Кроме того, нам понадобится следующее свойство преобразования Фурье: при $\sigma > 0$ $F[\varphi(\sigma x)](\xi) = \frac{1}{\sigma^N} F[\varphi(x)](\frac{\xi}{\sigma})$.

Параметр $\sigma > 0$ позволяет регулировать степень взаимодействия инновационных продуктов в зависимости от меры их близости по своим свойствам. Чем больше σ , тем меньше конкуренция среди близких по своим свойствам продуктов, но не являющихся совершенно идентичными, и наоборот.

Заметим, что для Фурье-образов этих функций большее значение $\sigma > 0$, наоборот означает, что $F[\varphi]$ спадает более плавно.

Так, например, на числовой прямой $F[\exp(-\sigma^2 x^2)] = \frac{\sqrt{\pi}}{\sigma} \exp(-\frac{\xi^2}{4\sigma^2})$, и значение Фурье-образа уменьшается в e раз при $\xi = \pm 2\sigma$.

Основной результат этого раздела (о возникновении продуктов с новыми свойствами) мы получим, сформулировав на две леммы. Формулировки даны для $N = 2$, хотя, разумеется, они останутся верными для любого числа свойств N .

Лемма 1.

Пусть ядро $K(x) > 0$ принадлежит пространству основных функций $S(R^2)$ и $\tilde{K} = F[K]$. Тогда для любого $\sigma > 0$ можно найти такое $D > 0$, что $\chi(\xi) = \frac{1}{\sigma^2} \tilde{K}(\xi/\sigma) + D|\xi|^2$ монотонно возрастает относительно конуса R_+^2 . Другими словами $\chi(\xi^2) > \chi(\xi^1)$ при $\xi^2 - \xi^1 \in \text{int } R_+^2$.

Доказательство основано на следующем наблюдении: для любого $M > 0$ и $\sigma > 0$, можно найти такое $D > 0$, что в шаре (круге) $|\xi| \leq M$ минимум $\frac{\partial \chi}{\partial \xi_i}$ (любой из производных) будет больше нуля, за исключением, быть может $\xi = 0$. Тем более эти производные положительны вне указанного шара в силу быстрого убывания производных функции $\tilde{K}$.

Лемма 2.

$$\iint_{R^2} \cos(\beta_1 \xi_1) \cos(\beta_2 \xi_2) \exp[-\chi(\xi_1, \xi_2)] d\xi_1 d\xi_2 > 0 \quad (3.10)$$

для всех β_1, β_2 . Здесь $\chi(\xi) = \frac{1}{\sigma^2} \tilde{K}(\xi/\sigma) + D|\xi|^2$.

Доказательство. В силу четности подынтегральной функции можно ограничиться рассмотрением интеграла по первому квадранту. Квадрант R_+^2 может быть разбит на прямоугольники вида

$$[\frac{\pi}{2\beta_1}(2i_1 - 1), \frac{\pi}{2\beta_1}(2i_1 + 1)] \times [\frac{\pi}{2\beta_2}(2i_2 - 1), \frac{\pi}{2\beta_2}(2i_2 + 1)],$$

где переменные i_1, i_2 принимают целочисленные значения (начальные значения этих переменных равны $1/2$).

Тогда, используя теорему о среднем для интегралов, можно свести интеграл (3.10) к знакопередающемуся ряду, члены которого по модулю монотонно убывают. Неотрицательность суммы такого ряда вытекает из теоремы Лейбница для числовых рядов.

Утверждение 1.

Решение задачи Коши (3.8) положительно для всех $t > 0$ и $x_2 > 0$.

Доказательство.

Нам предстоит доказать, что $v(x, t) = F_{\xi}^{-1}[\alpha \exp(ix_1^0 \xi_1) \exp\{-[u_0 \tilde{K} + D|\xi|^2]t\}] > 0$ для $x_2 > 0$ и $t > 0$. По определению обратного преобразования Фурье

$$v(x, t) = \frac{\alpha}{(2\pi)^2} \iint_{R^2} \exp[-i(x, \xi) + ix_1^0 \xi_1 (-u_0 \tilde{K} - D|\xi|^2)t] d\xi_1 d\xi_2 \quad (3.11)$$

Прежде всего, заметим, что в силу четности K Фурье-образ $\tilde{K}$ тоже является четной функцией. Пользуясь четностью подынтегральной функции по ξ , можно перейти к интегралу по неотрицательному квадранту, кроме того, интегралы от синуса дадут ноль. Поэтому получаем

$v(x, t) = \frac{4\alpha}{(2\pi)^2} \iint_{R_+^2} \cos(x_1 - x_1^0)\xi_1 \cos x_2 \xi_2 \exp[(-u_0 \tilde{K} - D|\xi|^2)t] d\xi_1 d\xi_2$. Применение Леммы 2 дает требуемый результат.

В. Интерпретация

Решение задачи Коши, определяемое формулой (3.11), описывает эволюцию и появление инновационных продуктов во времени. При этом нами доказано, что возможно появление продуктов с новыми свойствами. Форма решения задачи отчетливо показывает, что за появление новых свойств ответственно диффузионное слагаемое $D\Delta$.

С. Конкуренция инновационных продуктов

В этом разделе мы лишь анонсируем еще одно направление исследований, а именно: моделирование с помощью уравнения (3.2) целенаправленного влияния на «видовой отбор», то есть с целью получения улучшенных существующих характеристик или выработки принципиально новых. Так, например, основной

причиной, сдерживающей отказ от двигателей внутреннего сгорания, и заменой их на электромобили, является низкая емкость существующих аккумуляторных батарей. Похоже, что задача по созданию батареи принципиально нового типа откладывается, пока не будет проделана соответствующая работа в области фундаментальной науки – в данном случае химии.

Дальнейшее направление совершенствование характеристик может быть задано с помощью функции $u(x)$ - так называемом «рельефом отбора». Скорее всего, аналитических решений уравнения (3.2) получить не удастся, но можно применить компьютерное моделирование решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние несколько десятков лет существовал постоянно возрастающий научный интерес в сфере инноваций и их диффузии в экономике, но не только в экономике. Причиной этому служит множество факторов, некоторые из которых относятся к научной динамике соответствующей дисциплины, а некоторые другие более явно относятся к числу внешних стимулов, например, так называемая «микроэлектронная революция», «биотехнологическая революция», «революция новых материалов». Все это явно наводит на важность кластеров новой технологии в очерчивании и изменении конкурентной среды, индустриальной организации и, наконец, всего способа работы экономики. Что касается экономики, то несложно заметить, что диффузия лежит в корне многих вопросов, которые задаются экономистами как на уровне микроэкономики, так и на уровне макроэкономики. Модели диффузионных процессов эффективно применяются при исследовании инноваций, анализа распространения и развития в эволюционной экономике и иных социально-экономических, политических процессах.

Предмет нашего исследования относится к фундаментальным вопросам, затрагивающих отраслевую динамику, международную конкурентоспособность, производительность и рост производительности. Весьма разнообразные классы моделей в настоящий момент конкурируют в интерпретации инноваций, диффузии и их эффектов. В то же время мало исследованными оказываются процессы характеризующиеся взаимозаменяемостью, взаимодополняемостью и другими комплексным соотношением между нелинейными диффузионными процессами со структурными особенностями, например, диффузионные процессы с иерархической системой организации. Еще менее исследованы вопросы управления такими процессами. Тем не менее, такого типа системы широко распространены как в экономической, так и в социальной жизни общества, и управление ими есть ежедневная задача, требующая не только практических навыков, но и теоретической обоснованности. И потому изучение соответствующих процессов в экономике, разработка и исследование математических моделей, описывающих взаимосвязанные диффузионные процессы и управление на основе этих моделей, является первоочередной задачей. В текущей работе отражены теоретические вопросы распространения инноваций, рассмотрены ряд классических и современных моделей зарубежных авторов, а также представлены две оригинальные модели диффузионных

процессов, включающие в себя количественные эффекты распространения инноваций и изменения качеств инновационных продуктов и технологий.

Одной из перспективных задач для дальнейшего исследования инновационных процессов является задача анализа неравновесных ситуаций, когда спрос на инновации не совпадает с их предложением. Тогда баланс знаний, о котором шла речь выше, или баланс качеств инноваций, модели которого предстоит создать, не имеет места быть, и возникает проблема поиска узких мест в системе из инновационных процессов. Приведенные в работе модели управления инновационными процессами и эволюционные модели можно рассматривать как фрагменты для конструирования возможных неравновесных моделей на рынке инновационных товаров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Mahajan V., Wind Y. Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance [Text] // Technological Forecasting and Social Change. Cambridge: Ballinger Publishing Company. - 1986. - Vol. 51. - № 2. - 109-132 p.
- 2 Pakes A., Griliches Z. Patents and R&D at the firm level: a first look [Text] // R&D, patents, and productivity / ed. Griliches Z. Chicago: University of Chicago Press. - 1984. - P. 55–72.
- 3 Hausman J., Hall B.H., Griliches Z. Econometric Models for Count Data with an Application to the Patents-R&D Relationship [Text] // Econometrica. - 1984. - Vol. 52. - № 4. - P. 909–938.
- 4 Hall B.H., Griliches Z., Hausman J.A. Patents and R&D: is there a lag? [Text] // International Economic Review. - 1986. - Vol. 27. - № 2. - P. 265–283.
- 5 Gurmu S., Pérez-Sebastián F. Patents, R&D and lag effects: evidence from flexible methods for count panel data on manufacturing firms [Text] // Empirical Economics. - 2008. - Vol. 35. - № 3. - P. 507–526.
- 6 Young H.P. Innovation diffusion in heterogeneous populations: Contagion, social influence, and social learning [Text] // The American economic review. JSTOR. - 2009. - P. 1899–1924.
- 7 Ryan B., Gross N.C. The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities [Text] // Rural sociology. - 1943. - Vol. 8. - № 1. - P. 15–24.
- 8 Wang N., Hagedoorn J. The lag structure of the relationship between patenting and internal R&D revisited [Text] // Research Policy. - 2014. - Vol. 43. - № 8. - P. 1275–1285.
- 9 Nechyba T. Microeconomics: An Intuitive Approach with Calculus [Text]. 1st. Cengage Learning. - 2011. - 1224 p.
- 10 Cassiman B., Schoola I.B., Veugelers R. Complementarity in the Innovation Strategy: Internal R&D, External Technology Acquisition, and Cooperation in R&D [Text]. - 2002.
- 11 Porter M.E. What is strategy? [Text] // Harvard Business Review. - 1996.
- 12 Ghemawat P. Competitive Advantage and Internal Organization: Nucor Revisited [Text] // Journal of Economics & Management Strategy. Wiley Blackwell. - 1995. - Vol. 3. - № 4. - P. 685–717.

- 13 Ichniowski C., Shaw K., Prennushi G. The Effects of Human Resource Management Practices on Productivity: A Study of Steel Finishing Lines [Text] // American Economic Review. - 1997. - Vol. 87. - № 3. - P. 291–313.
- 14 Rothwell R. et al. SAPPHO updated-project SAPPHO phase II [Text] // Research policy. - 1974. - Vol. 3. - № 3. - P. 258–291.
- 15 Freeman C. Networks of innovators: a synthesis of research issues [Text] // Research policy. - 1991. - Vol. 20. - № 5. - P. 499–514.
- 16 Arora A., Gambardella A. Evaluating technological information and utilizing it: Scientific knowledge, technological capability, and external linkages in biotechnology [Text] // Journal of Economic Behavior & Organization. - 1994. - Vol. 24. - № 1. - P. 91–114.
- 17 Rosenberg N. Why do firms do basic research (with their own money)? [Text] // Research policy. - 1990. - Vol. 19. - № 2. - P. 165–174.
- 18 Blonigen B.A., Taylor C.T. R&D activity and acquisitions in high technology industries: evidence from the US electronics industry [Text]. - 1997.
- 19 Veugelers R., Cassiman B. Make and buy in innovation strategies: evidence from Belgian manufacturing firms [Text] // Research policy. - 1999. - Vol. 28. - № 1. - P. 63–80.
- 20 Veugelers R. Internal R & D expenditures and external technology sourcing [Text] // Research policy. - 1997. - Vol. 26. - № 3. - P. 303–315.
- 21 Arora A., Gambardella A. Complementarity and external linkages: the strategies of the large firms in biotechnology [Text] // The Journal of Industrial Economics. JSTOR. - 1990. - P. 361–379.
- 22 Pisano G.P. The R&D Boundaries of the Firm: An Empirical Analysis [Text] // Administrative Science Quarterly. - 1990. - Vol. 35. - P. 153–176.
- 23 Oxley J.E. Appropriability hazards and governance in strategic alliances: A transaction cost approach [Text] // Journal of law, Economics, and Organization. Oxford Univ Press. - 1997. - Vol. 13. - № 2. - P. 387–409.
- 24 Granstrand O. et al. External technology acquisition in large multi-technology corporations [Text] // R&D Management. - 1992. - Vol. 22. - № 2. - P. 111–134.
- 25 Kleinknecht A., Reijnen J.O.N. Why do firms cooperate on R&D? An empirical study [Text] // Research Policy. - 1992. - Vol. 21. - № 4. - P. 347–360.
- 26 Colombo M.G., Garrone P. Technological cooperative agreements and firm's R & D intensity. A note on causality relations [Text] // Research Policy. - 1996. - Vol. 25. - № 6. - P. 923–932.

- 27 Dutta S., Weiss A.M. The relationship between a firm's level of technological innovativeness and its pattern of partnership agreements [Text] // Management science. INFORMS. - 1997. - Vol. 43. - № 3. - P. 343–356.
- 28 Kaiser U. An empirical test of models explaining research expenditures and research cooperation: evidence for the German service sector [Text] // International Journal of Industrial Organization. - 2002. - Vol. 20. - № 6. - P. 747–774.
- 29 Cassiman B., Veugelers R. R&D Cooperation and Spillovers: Some Empirical Evidence from Belgium [Text] // American Economic Review. - 2002. - Vol. 92. - № 4. - P. 1169–1184.
- 30 Mohnen P., Röller L.-H. Complementarities in Innovation Policy [Text] : DP2712. CEPR Discussion Paper. - 2001.
- 31 Cockburn I., Henderson R., Stern S. Balancing incentives: The tension between basic and applied research [Text]. National Bureau of Economic Research. - 2000.
- 32 Holmstrom B., Milgrom P. Multitask Principal-Agent Analyses: Incentive Contracts, Asset Ownership, and Job Design [Text] // Journal of Law, Economics and Organization. Oxford University Press. - 1991. - Vol. 7. - № January 1991. - P. 24–52.
- 33 Williamson O.E. The Economic Institutions of Capitalism: Firms, markets, relational Contracting [Text]. Free Press. - 1985.
- 34 Cockburn I.M., Henderson R.M. Absorptive capacity, coauthoring behavior, and the organization of research in drug discovery [Text] // The Journal of Industrial Economics. - 1998. - Vol. 46. - № 2. - P. 157–182.
- 35 Cohen W.M., Levinthal D. Innovation and Learning: The Two Faces of R&D [Text] // Economic Journal. - 1989. - Vol. 99. - № 397. - P. 569–596.
- 36 Kamien M.I., Zang I. Meet me halfway: research joint ventures and absorptive capacity [Text] // International journal of industrial organization. - 2000. - Vol. 18. - № 7. - P. 995–1012.
- 37 Teece D.J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy [Text] // Research policy. - 1986. - Vol. 15. - № 6. - P. 285–305.
- 38 Rivkin J.W. Imitation of complex strategies [Text] // Management science. INFORMS. - 2000. - Vol. 46. - № 6. - P. 824–844.
- 39 Ghemawat P., Pisano G. Building and sustaining success [Text] // Strategy and Competitive Landscape / ed. Ghemawat P. Prentice Hall. - 1999.

- 40 Teece D.J., Pisano G., Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management [Text] // Strategic management journal. World Scientific. - 1997. - Vol. 18. - № 7. - P. 509–533.
- 41 Matsumura T., Matsushima N. Endogenous cost differentials between public and private enterprises: a mixed duopoly approach [Text] // Economica. - 2004. - Vol. 71. - № 284. - P. 671–688.
- 42 [Electronic resource]. URL: <http://www.who.int/csr/sars/project/en/>
- 43 [Electronic resource]. URL: <http://cmbi.bjmu.edu.cn/news/0305/19.html>
- 44 [Electronic resource]. URL: <http://65.199.186.23/nbt/journal/v21/n7/full/nbt0703-720a.html>
- 45 Oehmke J.F. Biotechnology R&D Races, Industry Structure, and Public and Private Sector Research Orientation [Text] // AgBioForum. - 2001. - Vol. 4. - P. 105–114.
- 46 Munari F. The effects of privatization on corporate R&D units: evidence from Italy and France [Text] // R&D Management. - 2002. - Vol. 32. - № 3. - P. 223–232.
- 47 Munari F., Sobrero M. oThe Effects of Privatization on R&D Investments and Productivity. An Empirical Analysis of European Firms [Text]. pFEEM Working Paper. - 2005.
- 48 Zhang J., Li C. Endogenous R&D spillover and location choice in a mixed oligopoly [Text] // The Annals of Regional Science. - 2013. - Vol. 51. - № 2. - P. 459–477.
- 49 Loury G.C. Market structure and innovation [Text] // Quarterly Journal of Economics. - 1979. - Vol. 93. - P. 395–410.
- 50 Dasgupta P., Stiglitz J. Uncertainty, Industrial Structure, and the Speed of R&D [Text] // Bell Journal of Economics. - 1980. - Vol. 11. - № 1. - P. 1–28.
- 51 Katz M.L. An Analysis of Cooperative Research and Development [Text] // RAND Journal of Economics. - 1986. - Vol. 17. - № 4. - P. 527–543.
- 52 D’Aspremont C., Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers [Text] // The American Economic Review. JSTOR. - 1988. - Vol. 78. - № 5. - P. 1133–1137.
- 53 Dixit A.K. A General Model of R&D Competition and Policy [Text] // RAND Journal of Economics. - 1988. - Vol. 19. - № 3. - P. 317–326.
- 54 Rosen R. Research and Development with Asymmetric Firm Sizes [Text] // RAND Journal of Economics. - 1991. - Vol. 22. - № 3. - P. 411–429.
- 55 Kamien M., Muller E., Zang I. Research Joint Ventures and R&D Cartels [Text] // American Economic Review. - 1992. - Vol. 82. - № 5. - P. 1293–1306.

56 Suzumura K. Cooperative and Noncooperative R&D in an Oligopoly with Spillovers [Text] // American Economic Review. - 1992. - Vol. 82. - № 5. - P. 1307–1320.

57 Suetens S. Cooperative and noncooperative R&D in experimental duopoly markets [Text] // International Journal of Industrial Organization. - 2005. - Vol. 23. - № 1. - P. 63–82.

58 Nishimori A., Ogawa H. Public monopoly, mixed oligopoly and productive efficiency [Text] // Australian Economic Papers. - 2002. - Vol. 41. - P. 185–190.

59 Ishibashi I., Matsumura T. R&D competition between public and private sectors [Text] // European Economic Review. - 2006. - Vol. 50. - № 6. - P. 1347–1366.

60 Cato S. Mixed oligopoly, productive efficiency, and spillover [Text] // Economics Bulletin. AccessEcon. - 2008. - Vol. 12. - № 33. - P. 1–5.

61 Head K., Ries J., Swenson D. Agglomeration benefits and location choice: Evidence from Japanese manufacturing investments in the United States [Text] // Journal of international economics. - 1995. - Vol. 38. - № 3. - P. 223–247.

62 Audretsch D.B., Feldman M.P. R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production [Text] // The American Economic Review. - 1996. - Vol. 86. - № 3. - P. 630–640.

63 Rosenthal S.S., Strange W.C. The determinants of agglomeration [Text] // Journal of urban economics. - 2001. - Vol. 50. - № 2. - P. 191–229.

64 d'Aspremont C., Gabszewicz J.J., Thisse J.F. On Hotelling's "Stability in Competition" [Text] // Econometrica. - 1979. - Vol. 47. - № 5. - P. 1145–1150.

65 Neven D. Two Stage (Perfect) Equilibrium in Hotelling's Model [Text] // Journal of Industrial Economics. Wiley Blackwell. - 1985. - Vol. 33. - № 3. - P. 317–325.

66 Economides N. Minimal and maximal product differentiation in Hotelling's duopoly [Text] // Economics Letters. - 1986. - Vol. 21. - № 1. - P. 67–71.

67 Irmen A., Thisse J.-F. Competition in multi-characteristics spaces: Hotelling was almost right [Text] // Journal of Economic Theory. - 1998. - Vol. 78. - № 1. - P. 76–102.

68 Tabuchi T. Two-stage two-dimensional spatial competition between two firms [Text] // Regional Science and Urban Economics. - 1994. - Vol. 24. - № 2. - P. 207–227.

69 Matsushima N., Matsumura T. Mixed oligopoly and spatial agglomeration [Text] // Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économie. - 2003. - Vol. 36. - № 1. - P. 62–87.

70 Tabuchi T. Urban agglomeration and dispersion: a synthesis of Alonso and Krugman [Text] // Journal of urban economics. - 1998. - Vol. 44. - № 3. - P. 333–351.

- 71 Mai C., Peng S. Cooperation vs. competition in a spatial model [Text] // Regional Science and Urban Economics. - 1999. - Vol. 29. - № 4. - P. 463–472.
- 72 Zhou D., Vertinsky I. Strategic location decisions in a growing market [Text] // Regional Science and Urban Economics. - 2001. - Vol. 31. - № 5. - P. 523–533.
- 73 Pal D., Sarkar J. Spatial competition among multi-store firms [Text] // International Journal of Industrial Organization. - 2002. - Vol. 20. - № 2. - P. 163–190.
- 74 Brekke K.R., Straume O.R. Bilateral monopolies and location choice [Text] // Regional Science and Urban Economics. - 2004. - Vol. 34. - № 3. - P. 275–288.
- 75 Liang W.-J., Mai C.-C. Validity of the principle of minimum differentiation under vertical subcontracting [Text] // Regional Science and Urban Economics. - 2006. - Vol. 36. - № 3. - P. 373–384.
- 76 Howells J. New directions in R&D: current and prospective challenges [Text] // R&D Management. - 2008. - Vol. 38. - № 3. - P. 241–252.
- 77 Harter J.F.R. Differentiated Products with R&D [Text] // Journal of Industrial Economics. Wiley Blackwell. - 1993. - Vol. 41. - № 1. - P. 19–28.
- 78 Piga C., Poyago-Theotoky J. Endogenous R&D spillovers and locational choice [Text] // Regional Science and Urban Economics. - 2005. - Vol. 35. - № 2. - P. 127–139.
- 79 Cremer H., Marchand M., Thisse J.-F. Mixed oligopoly with differentiated products [Text] // International Journal of Industrial Organization. - 1991. - Vol. 9. - № 1. - P. 43–53.
- 80 Anderson S.P., de Palma A., Thisse J.-F. Privatization and efficiency in a differentiated industry [Text] // European Economic Review. - 1997. - Vol. 41. - № 9. - P. 1635–1654.
- 81 White M.D. Mixed oligopoly, privatization and subsidization [Text] // Economics letters. - 1996. - Vol. 53. - № 2. - P. 189–195.
- 82 Kato K., Tomaru Y. Mixed oligopoly, privatization, subsidization, and the order of firms' moves: Several types of objectives [Text] // Economics Letters. - 2007. - Vol. 96. - № 2. - P. 287–292.
- 83 Fjell K., Heywood J.S. Mixed oligopoly, subsidization and the order of firm's moves: the relevance of privatization [Text] // Economics Letters. - 2004. - Vol. 83. - № 3. - P. 411–416.
- 84 Pal D., White M.D. Mixed oligopoly, privatization, and strategic trade policy [Text] // Southern Economic Journal. Southern Economic Association. - 1998. - Vol. 65. - № 2. - P. 264.

- 85 Jovanovic B., Lach S. Entry, Exit, and Diffusion with Learning by Doing [Text] // American Economic Review. - 1989. - Vol. 79. - № 4. - P. 690–699.
- 86 Griliches Z. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change [Text] // Econometrica. - 1957. - Vol. 25. - № 4. - P. 501–522.
- 87 Davies S. The diffusion of process innovations [Text]. Cambridge, England: Cambridge University Press. - 1979.
- 88 Gort M., Klepper S. Time Paths in The Diffusion Of Product Innovations [Text] // The Economic Journal. - 1982. - Vol. 92. - № 367. - P. 630–653.
- 89 Stoneman P.L. Technological diffusion: the viewpoint of economic theory [Text] // Ricerche Economiche. University of Warwick, Department of Economics. - 1986. - Vol. 40. - P. 585–607.
- 90 Arrow K.J. The economic implications of learning by doing [Text] // The review of economic studies. JSTOR. - 1962. - Vol. 29. - P. 155–173.
- 91 Brock W.A. On models of expectations that arise from maximizing behavior of economic agents over time [Text] // Journal of Economic Theory. - 1972. - Vol. 5. - № 3. - P. 348–376.
- 92 Alchian A. Reliability of progress curves in airframe production [Text] // Econometrica. JSTOR. - 1963. - Vol. 31. - P. 679–693.
- 93 Sahal D. Patterns of technological innovation [Text]. London: Addison-Wesley. - 1981. - 381 p.
- 94 Zimmerman M.B. Learning Effects and the Commercialization of New Energy Technologies: The Case of Nuclear Power [Text] // Bell Journal of Economics. - 1982. - Vol. 13. - № 2. - P. 297–310.
- 95 Boston Consulting Group, Cross-Sectional Experience Curves [Text]//Technical Report. - Boston. - 1978.
- 96 Lieberman M.B. The learning curve, pricing, and market structure in the chemical processing industries: a thesis [Text]. Harvard University. - 1982.
- 97 Lekvall P., Wahlbin C. A study of some assumptions underlying innovation diffusion functions [Text] // The Swedish journal of economics. JSTOR. - 1973. - Vol. 75. - P. 362–377.
- 98 Mansfield E. The economics of technological change [Text]. New York: Norton. - 1968.
- 99 Mansfield E. et al. The production and application of new industrial technology [Text]. New York: Norton. - 1977.

- 100 Nasbeth L., Ray G. The Diffusion of New Industrial Processes [Text]. Cambridge: Cambridge University Press. - 1974.
- 101 Rogers E.M., Shoemaker F.F. Communication of innovations [Text]. New York: The Free Press. - 1971.
- 102 Gold B. Research, technological change, and economic analysis [Text]. Lexington Books. - 1977.
- 103 Herregat G. Managerial profiles and investment patterns: an analysis of the international diffusion of the basic oxygen steel process [Text]. Université catholique de Louvain. - 1972. - Vol. 95.
- 104 Jensen R. Adoption and diffusion of an innovation of uncertain profitability [Text] // Journal of economic theory. - 1982. - Vol. 27. - № 1. - P. 182–193.
- 105 Jensen R.A. A Duopoly Model of the Adoption of an Innovation of Uncertainty Profitability [Text] : 434. - 1980.
- 106 Flaherty M.T. Timing patterns of new technology adoption in duopolistic industries [Text] // Unpublished Manuscript, June. - 1977.
- 107 Reinganum J.F. On the Diffusion of New Technology: A Game Theoretic Approach [Text] : 3-12. - 1980. - 395- p.
- 108 Tilton J.E. International diffusion of technology: The case of semiconductors [Text] Washington, D.C.: Brookings Institution Press. - 1971. - Vol. 4.
- 109 Allen T.J. Managing the flow of technology [Text]. Cambridge: MIT Press. - 1977.
- 110 Mowery D.C. The relationship between intrafirm and contractual forms of industrial research in American manufacturing, 1900–1940 [Text] // Explorations in Economic History. - 1983. - Vol. 20. - № 4. - P. 351–374.
- 111 Evenson R.E., Kislev Y. Research and Productivity in Wheat and Maize [Text] // Journal of Political Economy. - 1973. - Vol. 81. - № 6. - P. 1309–1329.
- 112 Brock G.W. The US computer industry: A study of market power [Text]. Cambridge: Ballinger Pub. Co.. - 1975.
- 113 Peck M. Inventions in the postwar American aluminum industry [Text] // The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors / ed. Nelson R.R. Princeton University Press. - 1962. - P. 279–298.
- 114 Hamberg D. Invention in the industrial research laboratory [Text] // The Journal of Political Economy. JSTOR. - 1963. - Vol. 71. - P. 95–115.

115 Mueller W.F. The origins of the basic inventions underlying du pont's major product and process innovations, 1920 to 1950 [Text] // The rate and direction of inventive activity / ed. Nelson R.R. Princeton University Press. - 1962. - P. 323–358.

116 Johnston R., Gibbons M. Characteristics of information usage in technological innovation [Text] // Engineering Management, IEEE Transactions on. IEEE. - 1975. - № 1. - P. 27–34.

117 Spence A.M. The Learning Curve and Competition [Text] // Bell Journal of Economics. - 1981. - Vol. 12. - № 1. - P. 49–70.

118 Lieberman M.B. The learning curve and pricing in the chemical processing industries [Text] // The RAND Journal of Economics. JSTOR. - 1984. - Vol. 15. - № 2. - P. 213–228.

119 Arrow K. Economic welfare and the allocation of resources for invention [Text] // The rate and direction of inventive activity / ed. Nelson R.R. Princeton: Princeton University Press.. - 1962. - P. 609–626.

120 Nelson R.R. The Simple Economics of Basic Scientific Research [Text] // The Journal of Political Economy. - 1959. - Vol. 67. - № 3. - P. 297–306.

121 Pavitt K. The objectives of technology policy [Text] // Science and public policy. Oxford University Press. - 1987. - Vol. 14. - № 4. - P. 182–188.

122 Cohen W.M., Levin R.C. Empirical studies of innovation and market structure [Text] // Handbook of industrial organization / ed. Schmalensee R.C., Willig R. Amsterdam, North-Holland: Elsevier Science Publishers. - 1989. - Vol. 2. - P. 1059–1107.

123 Spence M. Cost Reduction, Competition, and Industry Performance [Text] // Econometrica. - 1984. - Vol. 52. - № 1. - P. 101–121.

124 Delbono F., Denicolo V. Regulating innovative activity: the role of a public firm [Text] // International Journal of Industrial Organization. - 1993. - Vol. 11. - № 1. - P. 35–48.

125 Bárcena-Ruiz J.C. Are the public firms more innovative than the private ones? [Text] // Prague Economic Papers. University of Economics, Prague. - 2008. - Vol. 17. - № 2. - P. 157–167.

126 Heywood J.S., Ye G. Partial privatization in a mixed duopoly with an R&D rivalry [Text] // Bulletin of Economic Research. - 2009. - Vol. 61. - № 2. - P. 165–178.

127 Saha B., Sensarma R. Mixed ownership, managerial incentives and bank competition [Text] // Bulletin of Economic Research. - 2011. - Vol. 63. - № 4. - P. 385–403.

128 Han L., Ogawa H. Market-demand boosting and privatization in a mixed duopoly [Text] // Bulletin of Economic Research. - 2012. - Vol. 64. - № 1. - P. 125–134.

- 129 Netter J.M., Megginson W.L. From State to Market: A Survey of Empirical Studies on Privatization [Text] // Journal of Economic Literature. - 2001. - Vol. 39. - № 2. - P. 321–289.
- 130 Nett L. Why private firms are more innovative than public firms [Text] // European Journal of Political Economy. - 1994. - Vol. 10. - № 4. - P. 639–653.
- 131 Rees R. A positive theory of the public enterprise [Text] // Public Enterprise Performance: Theory and Measurement. Marchand. Amsterdam, North-Holland. - 1984. - P. 179–192.
- 132 Lin M.H., Ogawa H. Cost reducing incentives in a mixed duopoly market [Text] // Economics Bulletin. - 2005. - Vol. 12. - № 6. - P. 1–6.
- 133 Poyago-Theotoky J. R&D competition in a mixed duopoly under uncertainty and easy imitation [Text] // Journal of Comparative Economics. - 1998. - Vol. 26. - № 3. - P. 415–428.
- 134 Zhang Y., Zhong W. Are Public Firms Always Less Innovative than Private Firms? [Text] // Japanese Economic Review. - 2015. - Vol. 66. - № 3. - P. 393–407.
- 135 Mansfield E. Industrial research and technological innovation: an econometric analysis [Text]. New York: Norton. - 1968.
- 136 Allen B. Some Stochastic Processes of Technological Diffusion [Text] : 80-16. - 1980.
- 137 Jensen R. Innovation adoption and diffusion when there are competing innovations [Text] // Journal of Economic Theory. - 1983. - Vol. 29. - № 1. - P. 161–171.
- 138 Rothschild M. A two-armed bandit theory of market pricing [Text] // Journal of Economic Theory. - 1974. - Vol. 9. - № 2. - P. 185–202.
- 139 Фальцман В. Мобильность экономики. // Известия АН СССР. Серия экономическая. - М., 1990. - № 2. - P. 14-27
- 140 Фальцман В., Корепанов Е., Давыдова Л. Факторы спроса на отраслевую науку [Текст] // Вопросы экономики. - 1997.- Vol. 9. - P.69-83
- 141 Фальцман В. К. Экономический рост. От прошлого к будущему [Text] / ed. В. К. Фальцман. - М: Альпина Паблишер. - 2003. - 240 p.
- 142 Bayus B.L. Optimal dynamic policies for product and process innovation [Text] // Journal of Operations Management. - 1995. - Vol. 12. - № 3. - P. 173–185.
- 143 Mantovani A. Complementarity between product and process innovation in a monopoly setting [Text] // Economics of Innovation and New Technology. Taylor & Francis. - 2006. - Vol. 15. - № 03. - P. 219–234.

- 144 Lambertini L., Mantovani A. Process and product innovation by a multiproduct monopolist: a dynamic approach [Text] // International Journal of Industrial Organization. - 2009. - Vol. 27. - № 4. - P. 508–518.
- 145 Chenavaz R. Dynamic pricing, product and process innovation [Text] // European Journal of Operational Research. - 2012. - Vol. 222. - № 3. - P. 553–557.
- 146 Kamien M.I., Oren S.S., Tauman Y. Optimal licensing of cost-reducing innovation [Text] // Journal of Mathematical Economics. - 1992. - Vol. 21. - № 5. - P. 483–508.
- 147 Pine II B.J., Victor B. Making mass customization work [Text] // Harvard business review. Harvard Business School Publishing. - 1993. - Vol. 71. - № 5. - P. 108–117.
- 148 Athey S., Schmutzler A. Product and Process Flexibility in an Innovative Environment [Text] // RAND Journal of Economics. - 1995. - Vol. 26. - № 4. - P. 557–574.
- 149 Pan X., Li S. Dynamic optimal control of process–product innovation with learning by doing [Text] // European Journal of Operational Research. - 2016. - Vol. 248. - № 1. - P. 136–145.
- 150 Lancaster K.J. A New Approach to Consumer Theory [Text] // The Journal of Political Economy. - 1966. - Vol. 74. - № 2. - P. 132–157.
- 151 Lancaster K.J. Change and Innovation in the Technology of Consumption [Text] // American Economic Review. - 1966. - Vol. 56. - № 2. - P. 14–23.
- 152 Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия [Text] / ed. Автономов В.С. Москва: Эксмо. - 2007. - 864 p.
- 153 Нельсон Р.Р., Уинтер С.Д. Эволюционная теория экономических изменений/Пер. с англ [Text]. Москва: Дело. - 2002. - 536 p.
- 154 Kandori M., Mailath G. J., Rob R. Learning, Mutation and Long Run Equilibria in Games [Text] // Econometrica. - 1993. - Vol. 61. - № 1. - P. 29–56.
- 155 Fudenberg D., Imhof L.A. Imitation processes with small mutations [Text] : Discussion Paper № 2050. - 2004. - 251-262 p.
- 156 Xua B., Wang Z. Evolutionary Dynamical Pattern of Coyness and Philandering: Evidence from Experimental Economics [Text] // Proceedings of the Eighth International Conference on Complex Systems. - 2011. - P. 1313–1326.
- 157 Полтерович В.М., Хенкин Г.М. Эволюционная модель взаимодействия процессов создания и заимствования технологий [Text] // Экономика и математические методы. - 1988. - Vol. 24. - № 6. - P. 1071–1083.

158 Розоноэр Л.И., Седых Е.И. О механизмах эволюции самовоспроизводящихся систем. I [Text] // Автоматика и телемеханика. Российская академия наук, Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. - 1979. - № 2. - Р. 110–119.

159 Розоноэр Л.И., Седых Е.И. О механизмах эволюции самовоспроизводящихся систем. II [Text] // Автоматика и телемеханика. Российская академия наук, Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. - 1979. - № 3. - Р. 119–130.

160 Розоноэр Л.И., Седых Е.И. О механизмах эволюции самовоспроизводящихся систем. III [Text] // Автоматика и телемеханика. Российская академия наук, Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления. - 1979. - № 5. - Р. 137–148.

161 Владимиров В.С. Обобщенные функции в математической физике [Text]. 2nd. Москва: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». - 1979. - 320 p.

162 Thirtle C.G., Ruttan V.W. The role of demand and supply in the generation and diffusion of technical change [Text]. Harwood Academic Publishers. - 1987.

163 Stoneman P. The economic analysis of technology policy [Text]. Oxford: Clarendon Press. - 1987.

164 Brown L.A. Diffusion dynamics [Text] // Greelup Working paper. - 1968. - Lund Studies in Geography, Series B 29. - Lund, Sweden.

165 Reinganum J.F. Market Structure and the Diffusion of new Technology [Text]: 360. - 1981.