

Устойчивость инноваций и анализ патентной активности российских компаний¹

В статье рассматривается феномен устойчивости инновационной деятельности и характеризующие его факторы. Для базы из 860 российских патентов вычисляются оценки Каплана–Мейера, показывающие долю фирм, инновационная активность которых остается устойчивой в данный момент времени. На основе регрессии Вейбулла определены характеристики устойчивого инноватора: это фирма, обладающая патентами в нескольких патентных классах в начале периода, специализирующаяся на химической промышленности и имеющая четыре патента. Результаты расчетов не подтвердили гипотезу о том, что устойчивость инновационной деятельности растет с числом патентов у фирмы в начальный период («успех рождает успех»).

Ключевые слова: устойчивость; инновационная активность; патент; оценка Каплана–Мейера; регрессия Вейбулла.

JEL classification: O31; C46; L20.

1. Введение

В 1942 г. вышла в свет книга Й. Шумпетера «Капитализм, социализм и демократия», в которой автор утверждал, что технологические изменения, лежащие в основе экономического роста, являются результатом инноваций и деятельности предпринимателей (Шумпетер, 2007). Новые технологии, в свою очередь, базируются на новых знаниях, вложениях в человеческий капитал и НИОКР, и компенсируются за счет временной ренты от внедрения новых результатов. Это исследование положило начало развитию школы экономической мысли, получившей название «теория инновационной экономики» и изучающей роль технологий, феномен инноваций и их влияние на экономическую систему. В рамках данной школы также анализировались характеристики инноваций и инновационных процессов.

Вопрос устойчивости инноваций в качестве самостоятельной темы в экономической науке стал рассматриваться после публикации основополагающей работы Geroski et al. (1997).

Устойчивость инновационной деятельности определяется как создание инновации в двух последовательных периодах времени: t и $t + 1$. В таблице 1 показано четыре возможных типа инновационного поведения.

Из таблицы 1 следует, что в случае 1 инновационная деятельность фирмы устойчива, тогда как в случае 2 или случае 3 она неустойчива. В случае 4 фирма вообще не является инновационной. Необходимо отметить, что случаи 2 и 3 отнюдь не эквивалентны друг другу. Так, случай 3 менее вероятен, чем случай 2. Случай 3 может описывать ситуацию, в которой фирма в период t не производит инновационную продукцию, не инвестирует в НИОКР, а также не создает организационную структуру, необходимую для успешной реализации технологических проектов. Такая фирма имеет меньше шансов выжить в период времени

¹ Статья подготовлена в рамках программы фундаментальных исследований Президиума РАН №35 «Экономика и социология науки и образования».

Таблица 1. Инновационное поведение фирмы в двух временных периодах: четыре случая

Действия фирмы в период $t + 1$	Действие фирмы в период t	
	Создание инновации	Отказ от создания инновации
Создание инновации	Случай 1	Случай 3
Отказ от создания инновации	Случай 2	Случай 4

Источник: (Le Bas, Latham, 2006).

$t + 1$ и еще меньше шансов создать и вывести на рынок инновационную продукцию. Случай 2, в свою очередь, описывает фирму, которая столкнулась с рыночной неудачей (неуспехом) инновационного продукта, созданного ей в период времени t . Факт неудачи удерживает фирму от создания инноваций в период $t + 1$.

Существует второе, более строгое определение устойчивости инноваций, связанное со специализацией фирмы, т. е. с технической сферой, в которой фирма функционирует. А именно, под устойчивостью (в строгом смысле) понимается создание инновации в двух последовательных периодах времени в рамках одной и той же технической сферы (см. табл. 2).

Таблица 2. Инновационное поведение фирмы в двух временных периодах в технической сфере j : четыре случая

Действия фирмы в период $t + 1$	Действие фирмы в период t	
	Создание инновации в сфере j	Отказ от создания инновации в сфере j
Создание инновации в сфере j	Случай 5	Случай 7
Отказ от создания инновации в сфере j	Случай 6	Случай 8

Источник: (Le Bas, Latham, 2006).

Согласно этому, более строгому определению феномен устойчивости инновационной деятельности соответствует случаю 5, в котором фирма создает инновации в технической сфере j в моменты времени t и $t + 1$. Случай 6 соответствует выходу фирмы из области специализации j , а случай 7, наоборот, появлению новой специализации у фирмы. Случай 8 описывает ситуацию, в которой фирма имеет специализацию, отличную от сферы j .

Если фирма создает инновацию в технической сфере j в период t и затем создает инновацию в момент $t + 1$, но уже в другой технологической области (например i), то, согласно строгому определению, фирма не является устойчивым инноватором, а ее действия будут соответствовать случаю появлению у фирмы новой специализации. В работе (Malerba, Orsenigo, 1999) фирмы, чьи действия соответствуют вышеописанному сценарию, названы «побочными» или латеральными (lateral) инноваторами. В настоящей статье будет использоваться первое, более общее определение устойчивости инновационной деятельности.

2. Теоретические объяснения существования устойчивости инноваций

Экономисты-теоретики, изучающие инновации, указывают на то, что устойчивость инноваций зависит от ряда факторов. Активное появление новых фирм соответствует модели

«созидательного разрушения» или первой модели Й. Шумпетера, тогда как устойчивость является характерной чертой процесса «созидательного накопления» или второй модели Й. Шумпетера.

Существуют три основных теоретических объяснения (гипотезы) существования устойчивости инновационной деятельности.

1. Распространенная гипотеза *«успех рождает успех»*. Согласно этой гипотезе успешные инновации фирмы увеличивают ее рыночную власть и создают более благоприятные условия для последующих инноваций компании. Другое объяснение связано с информационной асимметрией, существующей между инноватором и внешними инвесторами. Это приводит к тому, что первые инновации компания финансирует за счет внутренних источников. Успех инноваций улучшает репутацию компании в глазах потенциальных инвесторов и облегчает доступ компании к финансовому капиталу, который впоследствии используется для финансирования НИОКР и создания новых инноваций.

2. Вторая гипотеза основывается на предположении о *накоплении знаний во времени*. Эволюционная теория инноваций утверждает, что в основе инноваций лежат технологические возможности фирмы. В свою очередь, технологические возможности зависят от человеческого капитала, т. е. знаний, умений и креативности работников компании. Опыт создания и внедрения инноваций увеличивает человеческий капитал посредством того, что называется процессом обучения на собственном опыте (*learning-by-doing*), и повышает вероятность успеха реализации инноваций в будущих периодах. Таким образом, свойство знаний накапливаться во времени стимулирует устойчивость инновационной активности.

3. Гипотеза *невозвратных затрат на НИОКР* является третьим теоретическим объяснением существования эффекта устойчивости инноваций. Согласно данной гипотезе решения о проведении НИОКР обычно требуют от фирмы существенных первоначальных затрат на покупку необходимого оборудования, найма высококвалифицированных сотрудников, проведение тренингов для поддержания их квалификации. По сути, данные затраты являются невозвратными и представляют собой своеобразный барьер для входа фирм в наукоемкие отрасли. Точно так же, объясняют сторонники данной гипотезы, невозвратные затраты являются барьером для выхода для фирм, уже начавших научно-исследовательскую и инновационную деятельность. В том случае, если фирма остановит НИОКР и инновационную деятельность, ей придется повторно нести затраты, если она захочет возобновить данную деятельность позднее. В такой ситуации желание минимизировать издержки приводит к «непрерывности» (устойчивости) инновационной деятельности фирмы (Peters, 2006).

3. Вопрос устойчивости инноваций в российской литературе

В российской экономической литературе вопросы устойчивости инновационной деятельности в том смысле, в котором она была определена во введении, не поднимались. Однако существует множество работ, посвященных микро- и макроэкономическим факторам, способствующим инновационной деятельности предприятий.

К микроэкономическим факторам, позволяющим фирмам успешно внедрять инновации в течение ряда лет, относят размер предприятия, его специализацию, технологический уровень производства, возможность и эффективность взаимодействия с потребителями.

Гончар (2009), Гохберг и Кузнецова (2009) утверждают, что к инновациям более всего расположены крупные, экономически состоятельные организации, имеющие достаточные финансовые, кадровые и интеллектуальные ресурсы (например собственные отделы НИОКР). Данные фирмы диверсифицированы, лучше позиционированы для нетривиальных разработок, имеют доступ к внешнему финансированию. Российская статистика подтверждает вывод авторов: в 2011 г. уровень инновационной активности был тесно связан с размером фирмы и рос пропорционально ему от 3.2% (в компаниях с численностью работников до 49 чел.) и 10.6% (100–199 чел.) до 25.5% (500–999 чел.) и 68.1% (5000–9999 чел.) (Индикаторы инновационной деятельности..., 2013).

Предприятия высокотехнологичных отраслей — производство аппаратуры для радио, телевидения и связи, производство компьютеров, авиастроительная и космическая промышленность — в целом более инновационны, чем предприятия средне- и низкотехнологичных отраслей, и способны оставаться таковыми в течение более длительного периода времени. Кроме того, для всех трех типов отраслей характерна одна особенность: предприятия, осуществляющие модернизацию параллельно с производством и внедрением инноваций, характеризуются более высокой производительностью и являются более конкурентоспособными по сравнению с фирмами, проводящими эти процессы последовательно (Гончар, 2011). На устойчивость инновационного процесса также влияют связи с потребителями, поскольку именно они во многих случаях являются источниками идей по усовершенствованию существующих продуктов и внедрению инноваций.

По мнению Монастырного и Грика (2010), для успешного функционирования инновационной фирмы и ее способности внедрять инновации в течение длительного периода времени на мезо- и макроуровне должна быть создана инновационная инфраструктура, включающая в себя такие формализованные и неформализованные институты, как мобильность высококвалифицированных специалистов, механизмы защиты прав собственности, сети трансфера технологий, непротиворечивые и исполняемые законы и нормы. В том случае, когда подобная инфраструктура отсутствует на национальном уровне, она может быть создана в рамках региональных кластеров и территорий регионального развития (наукограды, академгородки).

Уровень развития территории, измеряемый как ВРП на душу населения, также способен косвенно влиять на устойчивость инновационной активности фирмы, поскольку он определяет модель инновационного поведения предприятия в долгосрочном периоде. Согласно авторам статьи (Голиченко, Балычева, 2012), только при достижении определенного уровня благосостояния территории фирма будет способна сама создавать инновации, а не заниматься нелегальным заимствованием и реинжинирингом инноваций, созданных на других территориях. В случае ухудшения экономического положения фирма будет вынуждена изменить стратегию создания инноваций на стратегию заимствования, нарушив тем самым устойчивость инновационного процесса.

4. Предыдущие исследования в области моделирования устойчивости инноваций

Исследования в области моделирования устойчивости инноваций, появившиеся после 1997 г., можно условно разделить на три широких класса в зависимости от того, как авторы статей измеряют инновационную активность фирмы: 1) на основе патентной

активности, 2) на основе затрат на НИОКР и 3) на основе объемов выпущенной инновационной продукции.

Статья (Geroski et al., 1997), положившая начало исследованиям в области устойчивости инноваций, относится к первой категории исследований. Авторы рассматривают данные о британских промышленных предприятиях, запатентовавших как минимум одно изобретение в Американском бюро по регистрации патентов и торговых марок (United States Patent and Trademark Office, USPTO) в период с 1969 по 1988 гг. Изучаемой переменной в этой статье была длина инновационного периода, определяемая как число лет, в течение которых фирма патентует как минимум одно изобретение в год. На основе регрессионных уравнений авторы показали, что длина инновационного периода зависит от количества патентов, которыми фирма владеет в начальный момент времени, а вероятность окончания инновационного периода растет с течением времени. Исследование, аналогичное исследованию (Geroski et al., 1997), но на основе данных о 22 000 патентах французских компаний, оформленных в USPTO с 1969 по 1985 гг., было проведено в работе (Cabagnoles et al., 2006). Malerba и Orsenigo (1999) расширили число рассматриваемых стран до шести (Франция, Германия, Италия, Япония, США и Великобритания), собрав в единую выборку фирмы, запатентовавшие хотя бы одно изобретение в Европейском патентном офисе в период с 1978 по 1991 гг. Согласно полученным результатам, лишь небольшое число фирм характеризовалось устойчивой инновационной деятельностью. Авторы также показали, что размер фирм положительно влиял на устойчивость, т. е. фирмы, которые росли, увеличивая количество персонала и объем выпуска, могли сохранять инновационную активность в течение более длительного периода времени, нежели малые компании. Необходимо также отметить, что ряд авторов, в том числе Duguet и Monjon (2004), подчеркивают, что патенты являются более строгим критерием устойчивости, нежели объемы НИОКР или объем выпуска инновационной продукции, поскольку они измеряют не столько устойчивость инновационной деятельности, сколько устойчивость инновационного лидерства.

Manez Castillejo et al. (2004) выбрали в качестве основной характеристики устойчивости объемы НИОКР испанских промышленных предприятий за период 1990–2000 гг. С помощью количественных методов они показали, что прошлый опыт по реализации НИОКР является одной из важнейших характеристик устойчивости, подтвердив таким образом гипотезу невозвратных затрат на НИОКР, объясняющую существование устойчивости.

Многие авторы в своих исследованиях связывают устойчивость с инновационной активностью предприятий. Так, Peters (2006) утверждает, что понятие устойчивости должно быть рассмотрено более широко, и инновационно устойчивыми могут быть также названы фирмы, которые осуществляют затраты на инновационную деятельность последовательно в течение ряда лет. Подобное определение позволяет рассмотреть устойчивость фирм в секторе услуг, которые, как правило, характеризуются низкой патентной активностью или объемами НИОКР. На основе динамической пробит-модели автор подтверждает тезис о том, что фирма, осуществляя инновационные затраты в прошлом, накапливает положительный опыт, который облегчает ей задачу внедрения инноваций в будущем. Antonelli et al. (2010) используют классическое определение устойчивости, в основе которого лежит тезис о внедрении инноваций в годы t и $t + 1$. Индикатор, характеризующий устойчивость в работе (Antonelli et al., 2010), это бинарная переменная, которая равна 0, если фирма не внедряла инновации в период t , и 1, если инновации были внедрены. Используя, как и в Peters (2006), динамическую пробит-модель и разделяя все инновации на продуктовые и процессные,

Antonelli et al. показывают, что продуктовые инновации более устойчивы, чем процессные. Наконец, Triguero, Corcolers и Cuerva (2012) в анализе факторов устойчивости инноваций испанских промышленных предприятий рассматривают, как и Geroski et al. (1997), в качестве основной переменной длину инновационного периода. Однако определения данной переменной в этих работах различаются между собой: в (Geroski et al., 1997) длина инновационного периода измеряется числом лет, в течение которых фирма непрерывно *патентует* изобретения, тогда как в (Triguero et al., 2012) длина периода измеряется числом лет, в течение которых фирма непрерывно *разрабатывает и внедряет* инновации. Согласно расчетам (Triguero et al., 2012) на основе выборки из 3252 промышленных предприятий Испании, действовавших в период с 1990 по 2008 гг., средняя продолжительность инновационного периода составляла три года, и лишь 30% предприятий из выборки имели длину инновационного периода больше пяти лет. Также было показано, что устойчивость положительно зависела от длины предыдущего инновационного периода и возрастала с течением времени.

5. Цель и методология исследования

На настоящий момент автору неизвестны работы отечественных экономистов в области моделирования устойчивости инновационной активности компаний. Настоящее исследование является одной из первых работ в этой области.

Исследование находится в русле первого направления работ по тематике устойчивости (см. раздел 4), в которых феномен устойчивости рассматривается через призму патентной активности компаний. Таким образом, целью настоящей статьи является анализ патентной активности российских компаний и выявление факторов, влияющих на устойчивость инновационной деятельности, т. е. на решение определенной фирмы последовательно, в течение ряда лет оформлять международные патенты.

Методология статьи аналогична методологии анализа базы французских патентов, описанной в (Cabagnoles et al., 2006), и базы британских патентов, рассматриваемых в статье (Geroski et al., 1997). Новизна работы заключается в том, что известные методы статистического и эконометрического анализа впервые применяются для базы российских патентов.

6. Характеристика выборки

Базой для анализа послужили патенты базы Freepatentsonline, поданные в Американское бюро по регистрации патентов и торговых марок и находящиеся в свободном доступе на сайте <http://www.freepatentsonline.com>.

Патент представлен в виде текстового файла, содержащего информацию, приведенную в табл. 3.

Среди всех патентов базы Freepatentsonline были выбраны только те, в которых изобретатель и правопреемник были российскими юридическими или физическими лицами. Всего в базе оказалось 860 патентов, оформленных 568 российскими компаниями, включая предпринимателей (изобретателей) без образования юридического лица (76). Первый год патентования в базе — 1991, последний — 2012.

Таблица 3. Разделы патента

Title	Наименование патента
Abstract	Аннотация
Inventors	Изобретатели
Application number	Номер заявки
Publishing date	Дата публикации
Filing date	Дата подачи патента
Export citation	Ссылка на данный патент
Assignee	Правопреемник
Primary class	Основной класс согласно патентной классификации
Other classes	Другие классы
International classes	Международные классы
Field of search	Области поиска
View patent images	Изображения патентуемого изобретения
US Patent Reference	Ссылки на патенты США
Primary examiner	Главный инспектор
Claims	Патентная формула
Description	Описание изобретения

Таблица 4 позволяет охарактеризовать компании, патентующие изобретения, разделив их на группы в зависимости от длины инновационного периода и числа полученных патентов. Под инновационным периодом понимается период непрерывного (или с разрывом в один год) патентования одной компанией. Так, если компания X запатентовала два изобретения в 2005 и 2007 гг., то длина инновационного периода составит три года. В соответствии с определением устойчивости можно заключить, что чем длиннее инновационный период фирмы, тем более устойчива ее инновационная деятельность.

Таблица 4. Характеристики фирм в зависимости от длины инновационного периода и числа патентов

Наименование группы	Определение	Число фирм и их доля	Число патентов и их доля
Единовременные патентодержатели	Один инновационный период (не более трех лет), число патентов не более двух	512 (90.2%)	579 (67.3%)
Средние патентодержатели	Один инновационный период, число патентов — от 3 до 10	23 (4%)	90 (10.4%)
Спорадические патентодержатели	Более одного инновационного периода	27 (4.8%)	77 (8.9%)
Высокопроизводительные патентодержатели	Инновационный период (более 6 лет), число патентов не менее 5	5 (0.8%)	97 (11.3%)
Другие	Не попавшие в первые четыре категории	1 (0.2%)	17 (1.9%)
Всего		568 (100%)	860 (100%)

Как следует из табл. 4, абсолютное большинство российских фирм за период с 1991 по 2012 гг. патентовали лишь одно или два изобретения в течение периода, не превышающего трех лет. Лишь для 4% компаний число патентов, оформленных за один период, составляло от 3 до 10. Наконец, лишь пять компаний попали в группу высокопроизводительных патентодержателей: в течение периода 6 или более лет они запатентовали не менее 5 изобретений. Лидером по числу патентов стала компания ЗАО «Касперский», запатентовавшая за 7 лет 60 изобретений.

Данные о патентах использовались для проведения эконометрического анализа с целью выявления факторов, от которых зависит длина инновационного периода. Все патенты были разделены на технологические категории согласно классам существующей патентной классификации США. Отнесение к определенной технологической категории проводится на основе класса, указанного в патенте (primary class). В работе (Hall et al., 2001) имеется таблица соответствия между патентными классами и технологическими категориями. Кроме того, данная информация доступна на сайте Бюро по регистрации патентов и торговых марок США (USPTO)².

Распределение выборки российских патентов по технологическим категориям представлено в табл. 5.

Таблица 5. Распределение патентов по технологическим категориям (всего 860 патентов)

Технологические категории	Число патентов	% от общего числа
Химия (А)	203	23.6
Компьютеры и средства коммуникации (В)	80	9.3
Медицинские препараты и технологии (С)	114	13.3
Электрические и электронные устройства (D)	143	16.6
Механика (Е)	140	16.2
Интернет и обработка данных (F)	48	5.6
Другие технологии (G)	132	15.4

Как показано в табл. 5, наибольшее число патентов российских фирм (почти четверть от общего числа патентов) относятся к области «Химия». По 16% приходится на области «Электрические и электронные устройства» и «Механика».

Таблица 6 характеризует длину инновационного периода и число соответствующих инновационных периодов в выборке из 860 патентов.

Самый длинный инновационный период, 14 лет, соответствует Институту катализа СО РАН, период в 9 лет — инновационной биотехнологической компании «Евроген», а период в 7 лет — ЗАО «Касперский». Из таблицы 6 видно, что абсолютное большинство инновационных периодов являются одногодичными, т. е. компания патентует изобретение в каком-то году и не патентует никаких других изобретений в течение последующих двух лет.

7. Оценка Каплана–Мейера

Как определить, какая доля компаний остается устойчивым инноватором в каждом последующем году? Для ответа на этот вопрос используется показатель, называемый оцен-

² <http://www.uspto.gov/web/patents/classification/index.htm>.

Таблица 6. Длина и число инновационных периодов для выборки российских патентов из базы Freepatentsonline

Длина инновационного периода, лет	Число периодов	% от общего числа периодов	Кумулятивный %
1	530	88.78	88.78
2	37	6.20	94.97
3	18	3.02	97.99
4	2	0.34	98.32
5	6	1.01	99.33
6	1	0.17	99.50
7	1	0.17	99.66
8	0	0.00	99.66
9	1	0.17	99.83
10	0	0.00	99.83
> 10	1	0.17	100.00
Всего	597	100	100

кой Каплана–Мейера (Kaplan–Meier estimator), с помощью которой оценивается функция выживания (survival function) для данных, связанных с течением времени. В медицинских исследованиях она часто используется для оценки доли пациентов, проживших n лет после лечения. В экономике оценка Каплана–Мейера может использоваться для определения длины периода, в течение которого люди остаются безработными после потери работы (Goel et al., 2010).

Оценка Каплана–Мейера вычисляется следующим образом. Пусть $S(t)$ — это вероятность того, что член группы имеет продолжительность жизни, превышающую t . Для группы, состоящей из N членов, времена жизни можно последовательно записать следующим образом:

$$t_1 \leq t_2 \leq t_3 \leq \dots \leq t_N. \quad (1)$$

Каждому t_i соответствует n_i — число членов группы риска в период до наступления времени t_i , и d_i — число смертей во время t_i .

Тогда индикатор Каплана–Мейера — это непараметрическая оценка максимального правдоподобия функции $S(t)$:

$$\hat{S}(t) = \prod_{t_i < t} \frac{n_i - d_i}{n_i}. \quad (2)$$

В нашем случае n_i — число патентов в начале инновационного периода в момент t_i , а d_i — снижение общего числа патентов в момент времени t_i .

Помимо вычисления оценки Каплана–Мейера известен график Каплана–Мейера, на котором по оси X отложено время, а по оси Y — доля выживших или коэффициент выживаемости (survival rate) в году t (в нашем случае — доля инновационных периодов длиной по крайней мере t лет среди всех инновационных периодов).

Для нашей выборки из 860 патентов была построена функция Каплана-Мейера (рис. 1).

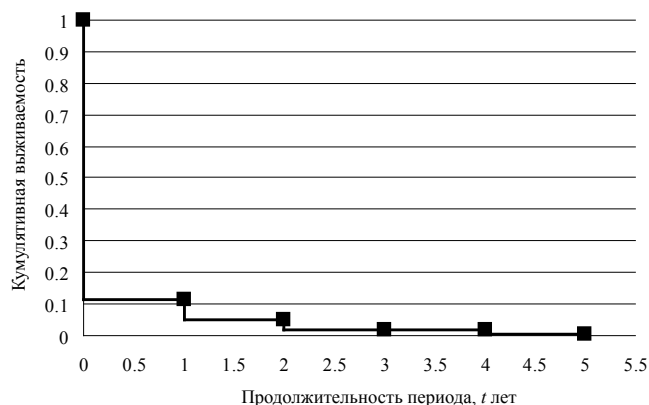


Рис. 1. Функция Каплана–Мейера для выборки российских патентов из базы Freepatentsonline (1991–2012)

На рисунке 1 представлены коэффициенты выживаемости для инновационных периодов различной длины. Согласно графику, абсолютное большинство инновационных периодов длится не более одного года (коэффициент выживаемости для $t = 1$ составляет лишь 12%). Коэффициент выживаемости для инновационного периода длиной два года составляет около 5%. Дальнейшее падение коэффициента выживаемости происходит относительно плавно. Однако справедливо предположить, что динамика устойчивости в нашей выборке различается для фирм с различным числом патентов в начальный период. Ниже приведена таблица оценок Каплана–Мейера в зависимости от числа патентов в начале инновационного периода.

Таблица 7. Оценки Каплана–Мейера (коэффициент выживаемости) для 860 российских патентов

Длина инновационного периода, лет	Число патентов в начале инновационного периода			
	1	2	3	4 и более
1	0.105	0.190	0.167	0.2
2	0.046	0.095	0	0.2
3	0.017	0.048	0	0.2
4	0.013	0.048	0	0.2
5 и более	0.006	0	0	0.2

Из таблицы 7 видно, что увеличение патентов с одного до двух делает фирму более инновационно-устойчивой. В случае четырех и более патентов 20% фирм имеют инновационный период более 5 лет. Исключение составляют фирмы с тремя патентами: их инновационный период обрывается к концу второго года. Подобный результат характеризуется особенностью выборки: для 860 фирм и 597 инновационных периодов лишь шесть фирм обладают тремя патентами в начале периода.

8. Регрессия Вейбулла и интенсивность отказов

Для эконометрической оценки влияния различных факторов на устойчивость инновационной деятельности в работе (Geroski et al., 1997) было предложено связать длину инновационного периода с функцией интенсивности отказов (hazard rate).

Пусть для случайной величины T с функцией распределения $F(t) = P(T < t)$ существует плотность распределения $f(t) = F'(t)$, а $S(t) = 1 - F(t) = P(T > t)$ есть функция выживания.

Обозначим через $h(t, \Delta)$ вероятность того, что инновационный период закончится на интервале $(t, t + \Delta)$ при условии, что процесс продолжался до момента времени t . Предел величины $h(t, \Delta) / \Delta$ при $\Delta \rightarrow 0$ называется интенсивностью отказа (hazard rate) и традиционно обозначается через $\lambda(t)$, т. е. интенсивность отказа есть:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{P(t < t + \Delta | T > t)}{\Delta} = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta) - F(t)}{\Delta \cdot S(t)} = \frac{f(t)}{S(t)}. \quad (3)$$

Таким образом, интенсивность отказа может быть интерпретирована как предел отношения вероятности прекращения инновационного периода в момент $t + \Delta$ к продолжительности периода Δ при условии, что инновационный период продолжался до момента времени t . Из определения следует, что инновационная деятельность тем более устойчива, чем ниже интенсивность отказов.

Для оценки интенсивности отказов будет использоваться регрессия Вейбулла, в которой зависимость интенсивности отказов от вектора независимых переменных X_i , входящих в регрессию с коэффициентами B_i (оценками β_i) (Rogers, Hanley, 1982), выражается формулой:

$$\lambda(t) = pt^{p-1} \exp\left(\sum_i \beta_i x_i\right). \quad (4)$$

Параметр p называется параметром формы, т. к. именно от его значения зависит вид функции интенсивности отказа. Функция интенсивности отказов монотонно возрастает или убывает в зависимости от значения параметра p . На рисунке 2 показано три вида кривой интенсивности отказа в зависимости от значений коэффициента p .

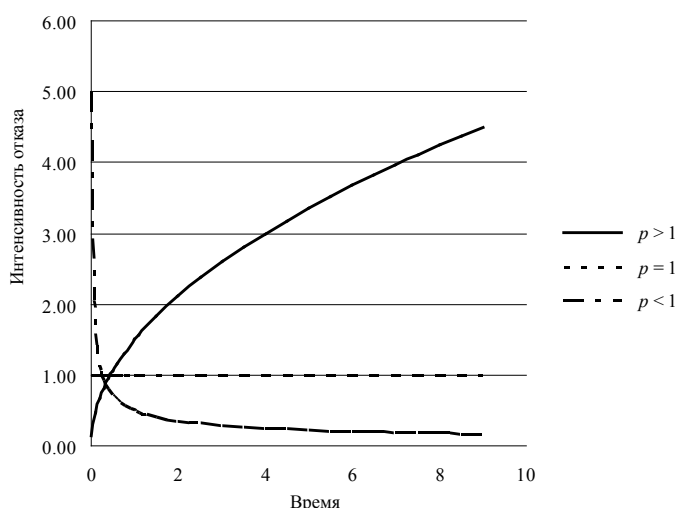


Рис. 2. Интенсивность отказов (ось y) и параметр формы p

Функция Вейбулла связана с функцией выживания $S(t)$ и оценкой Каплана–Мейера (Datwyler, Stucki, 2011). Так, если

$$S(t) = \exp(-\lambda t^p), \quad (5)$$

то

$$-\ln S(t) = \lambda t^p \quad (6)$$

и справедливо соотношение

$$\ln(-\ln S(t)) = \ln \lambda + p \ln t. \quad (7)$$

График функции Вейбулла изображается следующим образом: по оси абсцисс откладывается $\ln t$, а по оси ординат — $\ln(-\ln \hat{S}(t))$, где $\hat{S}(t)$ — оценка Каплана–Мейера.

Для построения регрессии Вейбулла необходимо определить независимые переменные, которые характеризовали бы длину инновационного периода и в то же время не зависели от его длины. Другими словами, независимые переменные не должны изменяться от начала до конца инновационного периода. Так, например, число патентов, полученных в течение инновационного периода, не может служить независимой переменной, поскольку ясно, что число патентов увеличивается по мере продления инновационного периода (Cabagnoles et al., 2006). Переменные, выбранные в качестве независимых, приведены в табл. 8.

Таблица 8. Регрессия Вейбулла: перечень независимых переменных

Переменная	Определение
VTDP	Технологическое разнообразие в начале инновационного периода ³
pat1	1, если число патентов в начале инновационного периода = 1, и 0 в противном случае
pat2	1, если число патентов в начале инновационного периода = 2, и 0 в противном случае
pat3	1, если число патентов в начале инновационного периода = 3, и 0 в противном случае
pat4	1, если число патентов в начале инновационного периода = 4, и 0 в противном случае
pat5	1, если число патентов в начале инновационного периода = 5 или более, и 0 в противном случае
CTmaxA	1, если большинство патентов фирмы за инновационный период относятся к химической промышленности, 0 в противном случае
CTmaxB	1, если большинство патентов фирмы за инновационный период относятся к области «Компьютеры и средства коммуникации», 0 в противном случае
CTmaxC	1, если большинство патентов фирмы за инновационный период относятся к области «Медицинские препараты и технологии», 0 в противном случае
CTmaxD	1, если большинство патентов фирмы за инновационный период относятся к электронной промышленности и электрооборудованию, 0 в противном случае
CTmaxE	1, если большинство патентов фирмы за инновационный период относятся к машиностроению, 0 в противном случае
CTmaxF	1, если большинство патентов фирмы за инновационный период относятся к области интернета и обработки данных, 0 в противном случае
CTmaxG	1, если большинство патентов фирмы за инновационный период не относятся ни к одной из вышеуказанных отраслей, 0 в противном случае

³ Определяется как число различных технологических категорий, в которых у фирмы имеется патент в первый год инновационного периода. В статье различаются семь технологических категорий (A, B, C, D, E, F, G) — см. табл. 5.

В качестве зависимой переменной рассматривается переменная «длина инновационного периода» (dspell).

Изучались три вида регрессионной зависимости. Все вычисления сделаны в программе Stata (версия 11), при работе также использовалось справочное пособие (Cameron, Triverdi, 2009). Результаты представлены в табл. 9.

Таблица 9. Три варианта регрессии Вейбулла для оценки длины инновационного периода

Переменные	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
VTDP	0.711** (0.089)		
CTmaxA		0.608*** (0.083)	0.594*** (0.082)
CTmaxB		0.796 (0.142)	0.838 (0.151)
CTmaxC		0.835 (0.126)	0.863 (0.131)
CTmaxD		1.004 (0.142)	1.008 (0.142)
CTmaxE		1.071 (0.151)	1.067 (0.151)
CTmaxF		0.183** (0.094)	0.986 (0.698)
pat2			0.736* (0.121)
pat3			1.080 (0.457)
pat4			0.096** (0.094)
pat5			1.434 (0.832)
Значение параметра $1/p$	0.602 (0.013)	0.575 (0.014)	0.571 (0.014)

Примечание. *, **, *** — значимость на 10, 5 и 1%-ном уровне соответственно.

В результатах программы Stata 11 вместо коэффициентов β_i выдается коэффициент риска (hazard ratio), определяемый для регрессии Вейбулла как $\exp(\beta_i)$ (Datwyler, Stucki, 2011). Для регрессии Вейбулла справедливо утверждение, что при изменении независимой переменной x_i на единицу интенсивность отказа $\lambda(t)$ изменится на $\exp(\beta_i) - 1$ процентов. Таким образом, для расчета процентного изменения интенсивности отказа необходимо отнять единицу от полученного значения коэффициента риска. Данное соотношение остается справедливым и в случае фиктивных переменных.

Вариант 1. Регрессионная зависимость типа Вейбулла длины инновационного периода (dspell) от переменной VTDP (технологическое разнообразие в начале инновационного периода).

Данная регрессия проходит тест на функциональную форму, а коэффициент при переменной технологического разнообразия является статистически значимым (табл. 9). При увеличении числа технологических категорий в начале периода на единицу (рост VTDP на единицу) интенсивность отказа снижается на 28.9%. Из регрессии также следует, что функция интенсивности отказов возрастает во времени ($p > 1$), т.е. вероятность фирмы считаться устойчивой в год $t + 1$ меньше, чем в год t .

Вариант 2. Регрессионная зависимость типа Вейбулла длины инновационного периода (dspell) от технологической специализации. Для исключения линейной зависимости между фиктивными переменными в регрессию не включалась переменная STmaxG.

Первоначально предполагалось включить в число независимых переменных для этого варианта «технологическое разнообразие в начале инновационного периода», однако анализ парных корреляций выявил значимую зависимость между данной переменной и фиктивной переменной STmaxF. Значимая корреляция свидетельствует о возможном наличии эффекта мультиколлинеарности, приводящего к незначимости коэффициентов регрессии. Поэтому для исключения эффекта мультиколлинеарности переменная технологического разнообразия в этом варианте не рассматривалась.

Данная регрессия (табл. 9) показала, что наименьшая интенсивность отказа характерна для компаний, относящихся либо к химической промышленности, либо к отрасли информационно-коммуникационных технологий (интернет и обработка данных). Результат для химической промышленности является вполне ожидаемым, поскольку в выборке для 597 периодов в 152 периодах компании специализировались на химии. Согласно результатам расчетов для компаний химической промышленности интенсивность отказа была на 39.2% ниже по сравнению с компаниями, чья специализация не была представлена ни одной из групп (т.е. соответствовала переменной STmaxG). Также устойчивыми инноваторами, согласно расчетам, являлись фирмы, внедряющие новые продукты и технологии в области интернета и обработки данных. Переход в эту группу из других специализаций уменьшал интенсивность отказа на 81.7%.

Регрессионное уравнение прошло тест на функциональную форму. Как и в предыдущем случае $p > 1$, т.е. интенсивность отказов возрастает с течением времени.

Вариант 3. Регрессионная зависимость типа Вейбулла длины инновационного периода (dspell) от технологической специализации и наличия патентов в начале инновационного периода. Для исключения линейной зависимости между фиктивными переменными в регрессию не были включены переменные STmaxG и pat1.

В третьем регрессионном уравнении независимыми переменными являются фиктивные переменные числа патентов в начале инновационного периода и фиктивные переменные технологической специализации. Переменная «технологическое разнообразие в начале инновационного периода» не включена в число независимых переменных, поскольку возможно существование корреляции между фиктивными переменными числа патентов в начале инновационного периода и данной переменной. Действительно, можно вполне обоснованно предполагать, что чем больше у фирмы патентов в начальный период времени, тем более высока вероятность запатентовать изобретения в различных технологических категориях (Sabagnoles et al., 2006). В качестве зависимой переменной по-прежнему используется длина инновационного периода.

В регрессии варианта 3 имеются три значимых переменных: это переменная специализации фирмы в области химии, переменная, соответствующая наличию у фирмы четырех

патентов (значимы на 5%-ном уровне), и переменная «число патентов в начале инновационного периода равно 2» (значима на 10%-ном уровне). При этом при росте числа патентов на единицу интенсивность отказов снижается на 26.4% для собственников двух патентов в начале периода и более чем на 90% для собственников четырех патентов в начале периода по сравнению с фирмами, имеющими в начале периода один патент (с группой *pat1*).

В отличие от расчета оценки Каплана–Мейера, здесь фирмы, владеющие ровно четырьмя патентами, отделяются от фирм, имеющих пять и более патентов. И если владение четырьмя патентами положительно влияет на устойчивость инновационной деятельности фирмы, то владение пятью и более патентами в начале периода имеет отрицательное влияние на устойчивость, т. е. повышает интенсивность отказа (хотя этот эффект является статистически незначимым). Возможным объяснением этому факту является инерционное поведение компаний с большим числом патентов, предпочитающих получить прибыль от уже имеющихся продуктов, прежде чем переходить к созданию новинок. Такое поведение часто встречается на практике.

В разрезе отраслей наиболее устойчивыми инноваторами являются фирмы химической промышленности, а вот эффект устойчивости инновационной деятельности интернет-компаний не подтверждается для данной регрессионной формы. Регрессионное уравнение проходит тест на функциональную форму, а функция интенсивности отказов монотонно возрастает с течением времени ($p > 1$).

Интересно, что характеристика p для нашего массива патентов (российские патенты в базе *Freepatentsonline*) за период 1991–2012 гг. близка к оценке p , данной в (Geroski et al., 1997) для выборки британских патентов в базе патентов США за двадцатилетний период 1969–1988 гг. В этой работе авторы оценили параметр $1/p$ на уровне около 0.5. Для трех регрессий, рассчитанных в настоящей статье, параметр $1/p$ равнялся соответственно 0.6, 0.58 и 0.57.

9. Выводы

В статье рассмотрен феномен устойчивости инновационной деятельности, заключающийся в непрерывном патентовании изобретений фирмой в течение ряда лет. Изучены характеристики, влияющие на продление инновационного периода для российских компаний, запатентовавших свои изобретения в базе *The United States Patent and Trademark Office (USPTO)* с 1991 по 2012 гг., рассчитаны оценки Каплана–Мейера для фирм с различным числом патентов в начале инновационного периода. Также построены три варианта регрессии Вейбулла, показывающие, от каких экзогенных переменных зависит функция интенсивности отказов, связывающая вероятность окончания инновационного периода с его длиной.

Результаты расчетов продемонстрировали, что технологическое разнообразие в начале инновационного периода имеет значимое и положительное влияние на устойчивость инновационной активности. Кроме того, более устойчивой инновационной деятельностью характеризуются фирмы химической промышленности и фирмы, имеющие четыре патента в начале инновационного периода.

Необходимо отметить, что для выборки российских патентов не подтверждается теоретическая гипотеза «успех рождает успех», а именно, вероятность продления инновационного периода не растет с числом патентов, которыми обладает фирма. Данная гипотеза отвергается как на основе расчетов оценок Каплана–Мейера, так и в результате оценивания

регрессионных зависимостей типа Вейбулла. При росте числа патентов свыше четырех сокращение длины инновационного периода может быть объяснено желанием фирмы сначала получить прибыль от уже существующих товаров, а лишь затем приступить к разработке и внедрению новых продуктов.

В качестве направления дальнейших исследований хотелось бы указать увеличение числа независимых переменных в регрессии Вейбулла. В настоящей работе использована только информация базы данных Freepatentsonline. Обращение к другим источникам информации позволит расширить число независимых факторов, например, юридический статус фирм-инноваторов и их размер в начале инновационного периода. Включение большего числа независимых переменных может привести к новым, более глубоким выводам относительно феномена устойчивости инновационной деятельности российских компаний.

Список литературы

Голиченко О. Б., Балычева Е. Ю. (2012). Типичные модели инновационного поведения предприятий. *Инновации*, 2 (160), 19–28.

Гончар К. Р. (2009). Инновационное поведение сверхкрупных компаний: ленивые монополии или агенты модернизации? *Препринт НИУ ВШЭ WP1/2009/02*.

Гончар К. Р. (2011). Модернизация или инновации. Есть ли проблема выбора? В кн.: *XI международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества*. Кн. 3. М.: НИУ ВШЭ, 425–433.

Гохберг Л. Н., Кузнецова И. А. (2009). Инновации в российской экономике: стагнация в преддверии кризиса? *Форсайт*, 2 (10), 28–46.

Индикаторы инновационной деятельности 2013: статистический сборник. (2013). Москва: НИУ ВШЭ.

Монастырный Е. А., Грик Я. Н. (2010). Открытые инновации как механизм управления инновационным развитием экономики России. *Инновации*, 7 (141), 25–29.

Шумпетер Й. (2007). *Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия*. М.: ЭКМО.

Antonelli C., Crespi F., Scellato G. (2010). Inside innovation persistence: New evidence from Italian micro-data. *Working paper* No. 10/2010, Collegio Carlo Alberto.

Cameron A. C., Triverdi P. K. (2009). *Microeconomics using Stata*. Stata Press Publication, USA.

Cabagnoles A., Gay C., Le Bas C. (2006). Determinants of persistence in innovations: A study of French patenting. In: *The Economics of persistent innovations: An evolutionary view*. Edited by W. R. Latham and C. Le Bas, 19–40. Springer.

Datwyler C., Stucki T. (2011). Parametric survival models. http://stat.ethz.ch/education/semesters/ss2011/seminar/contents/handout_9.pdf.

Duguet E., Monjon S. (2004). Is innovation persistent at the firm level? An econometric examination comparing the propensity score and the regression methods. <ftp://mse.univ-paris1.fr/pub/mse/cahiers2004/V04075.pdf>.

Geroski P. A., Van Reenen J., Walters P. F. (1997). How persistently do firms innovate? *Research Policy*, 26, 33–48.

Goel M. K., Khanna P., Kishore J. (2010). Understanding survival analysis: Kaplan–Meier estimate. *International Journal of Ayurveda Research*, 1 (4), 274–278.

Hall B. H., Jaffe A. B., Trajtenberg M. (2001). The NBER citation data file: Lessons, insights, and methodological tools. *NBER Working Paper* No. 8498. http://www.nber.org/papers/w8498.pdf?new_window=1.

Le Bas C., Latham W. (2006). Persistence in innovation: Definitions and current development of the field. In: *The Economics of persistent innovations: An evolutionary view*. Edited by W. R. Latham and C. Le Bas, 1–18. Springer.

Malerba F., Orsenigo L. (1999). Technological entry, exit and survival: An empirical analysis of patent data. *Research Policy*, 28 (6), 643–660.

Manez Castillejo J. A., Rochina Barrachina M. E., Sanchis Llopis A., Sanchis Llopis J. A. (2004). Dynamic approach to the decision to invest in R&D: The role of sunk costs. Universidad de Valencia, mimeo.

Peters B. (2006). Persistence in innovation: Stylized facts and panel data evidence. Danish Research Unit for Industrial Dynamics, *DRUID Working Paper* No. 06–30.

Rogers W. H., Hanley J. (1982). Weibull regression and hazard estimation. *SAS Users Group International Proceedings*.

Triguero A., Corcoles D., Cuerva M. C. (2012) Measuring the persistence of innovation in Spanish manufacturing firms. http://www.urv.cat/media/upload//arxiu/Catedra_Innovacio/Ajut%20doc%20treball1.pdf.