УДК 330.42+338.57

JEL O33, D41, C62

DOI: 10.17213/2312-6469-2020-2-43-56

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЫНОЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ РАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССНЫХ ИННОВАЦИЙ

© А.Б. Симонов, А.Ф. Рогачев, И.Э. Симонова 2020

*Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Россия*

В работе отражены результаты моделирования влияния параметров спроса и предложения на долгосрочную динамику показателей радикальных процессных инноваций. Исходя из предположения о постепенном развитии производства, построены модели, позволяющие оценить рост или снижение объемов производства по каждой технологии. Анализ построенной модели, прогнозирующей рост совокупного объема продаж, позволил оценить, как характеристики спроса и предложения влияют на скорость роста данного показателя. Изучение модели снижения цен в результате инновационной деятельности позволило оценить влияние рыночных факторов на скорость снижения цен. Из результатов исследования следует, что повышение эластичности спроса и предложения, при незначительных изменениях других показателей, положительно влияет на показатели инновационной деятельности.

Ключевые слова: инновационный процесс, инновационный менеджмент, моделирование инновационной деятельности, закон спроса и предложения, рыночные факторы.

MODELING OF MARKET FACTORS INFLUENCE ON THE DYNAMICS OF RADICAL PROCESS INNOVATIONS

© A.B. Simonov, A.F. Rogachev, I.E. Simonova 2020

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

The issue reveals the results of modeling the supply and demand parameters influence on the long-term dynamics of radical process innovations. This modelling is based on the assumption of a gradual development of innovative production. Formulas that were constructed allows to assess the growth or decrease in production volumes for each technology. The analysis of the constructed model, which predicts the growth of total production as a result of innovation activity, allowed us to assess how the characteristics of supply and demand affect the growth rate of production. The study of the model allows to state of price reduction as a result of innovative activity. Market factors influence on the rate of price reduction were also studied. There was concluded that increasing of the elasticity of supply and demand, with minor changes in other factors, positively affect innovation performance.

Keywords: innovation process, innovation management, innovation modeling, the law of supply and demand, market factors.

Введение

Эффективность экономики в условиях четвертой технологической революции во многом зависит от эффективности разработки и внедрения инноваций. Понимание факторов, влияющих на эффективность инновационной деятельности и, как следствие, на принятие решений организаций о внедрении инноваций, и изучение эффективных механизмов разработки и внедрения инноваций являются необходимым как для организаций, развитие которых во многом зависит от инновационной деятельности, так и для государства в целом.

Изучение инновационной деятельности – крайне сложный вопрос. Это вызвано большим количеством стейкхолдеров (коммерческие организации, государство, инвесторы, потребители, поставщики, научно-исследовательские организации и т.д.); сложностью механизмов принятия решений в инновационной деятельности, опирающихся на нечеткие оценки, слабые сигналы и часто имеющих теоретико-игровой характер; непредсказуемым влиянием инноваций на рынок и так далее [1, 2, 3, 4]. В связи с этим, для изучения инновационной деятельности широко применяются математические модели и методы. В частности, модели динамики инновационных процессов, включая логистическую модель [5]; модели распространения продуктов, например, модель Басса [6] и Гольденберга [7]; модели оценки стимула к инновационной деятельности, например, предложенные Ж.Тиролем [8].

Особенностью перечисленных, а также большинства других моделей инновационной деятельности является то, что инновации в них принимаются как данность. Предполагается, что инновация на момент начала внедрения уже обладает максимальной потребительской стоимостью и существенно не меняет ее в течение всего жизненного цикла. Данный подход, на наш взгляд, не учитывает тот факт, что большинство радикальных инноваций значительно изменяется уже после внедрения. Это относится как к продуктовым инновациям (например, у сотовых телефонов со времени появления их на рынке появились новые функции, значительно изменился форм-фактор и т.д.), так и к технологическим инновациям (например, качество разлива стали в тонкие слябы значительно увеличилось, а капиталоемкость производства снизилась). Постепенное изменение инновационного продукта после выхода на рынок и влияние этих изменений на жизненный цикл продукта описано в [9].

Очевидно, изменение инновационного продукта после выхода на рынок и изменение его позиционирования на рынке тесно связано с характеристиками рынка. В рамках предыдущей работы [10] нами было показано, что при ординарных технологических инновациях объемы продаж и прибыль инноватора растут, а цены на продукцию снижаются. Динамика товарооборота сложнее – после периода роста он начинает снижаться. Это необ-

ходимо учитывать государству, так как именно величина товарооборота является важным показателем эффективности экономической деятельности на макроуровне, а также базой для ряда налогов. Кроме того, в [10] был сделан вывод о том, что состояние рынка значительно влияет на эффективность инноваций. Повышение угла наклона кривых спроса и предложения, что, при прочих равных условиях, может интерпретироваться как более низкие эластичности спроса и предложения, замедляют все отмеченные выше тенденции, уменьшая эффект от инноваций и снижая стимулы к проведению инновационной деятельности.

В данной статье построена математическая модель, показывающая, каким образом рыночные факторы влияют на долгосрочную динамику показателей инновационной деятельности в условиях появления радикальной технологической инновации (которую мы рассматриваем как новую технологию). При этом предполагается, что производимый разными технологиями товар абсолютно идентичен и предлагается по одинаковой цене на одном рынке (в качестве примера можно привести электроэнергию, производимую на ТЭС и ГЭС).

Методика исследования

В качестве основы для моделирования нами использовался закон спроса и предложения. Спрос на продукцию отражает объем продукции, которую покупатель готов купить по предложенной цене. При этом ценность продукции снижается при увеличении объемов продукции (закон убывающей предельной полезности). Поэтому первая производная u функции $p = D(q)$, моделирующей кривую спроса как взаимосвязь между ценой, которую готов заплатить покупатель (p), и объемом продукции (q), меньше нуля ($dD/dq < 0$). В качестве простейшей модели мы будем использовать линейную модель спроса, которая, очевидно, может аппроксимировать другие модели при условии небольшого изменения объема производства. Также широко применяется и гиперболическая модель кривой спроса. Формулы и вид моделей отражены ниже (рис. 1).

– линейная модель спроса

$$D(q) = A - B \cdot q, \quad (1)$$

– гиперболическая модель спроса $D(q) = \frac{A}{(B+q)}$.

Кривая предложения отражает объемы продукта, которые могут выпускать производители при данном уровне цен. Обратная функция $p(q)$ показывает, какая цена окупит затраты производителя на создание q -ой единицы продукции. Функция $p = S(q)$ имеет положительную первую производную и, как правило, положительную вторую производную, хотя в ряде особых случаев используются модели с отрицательной второй производной (и даже квадратические модели $q(p)$). Наиболее часто для моделирования кривой предложения используют следующие функции (графики линейной и квадратической модели отражены на рис. 2):

– линейная модель предложения

$$S(q) = a + b \cdot q \quad (2),$$

– квадратическая модель $S(q) = a + b \cdot q + c \cdot q^2$,

– экспоненциальная модель $S(q) = e^{a+b \cdot q}$.

В дальнейшем рассматривается простейшая линейная модель предложения, которая может эффективно аппроксимировать любую кривую предложения при небольшом изменении q .

Рис. 1. Линейная (а) и гиперболическая (б) модели спроса

Рис. 2. Линейная (а) и квадратическая (б) модели предложения.

Обратная функция для $q = S^{-1}(p)$ показывает, какой объем производства установится при данном уровне цен. Для линейной функции

$$S^{-1}(p) = \beta \cdot p - \alpha,$$

где $\alpha = \frac{a}{b}$; $\beta = \frac{1}{b}$.

В рыночных условиях значение цен и объемов продаж устанавливаются в точке пересечения кривых спроса и предложения, то есть в точке равновесия, в которой $p = D(q) = S(q)$.

Рассмотрим случай, когда производство товаров идет при помощи двух технологий: традиционной (O – ordinary) и инновационной (I – innovative). Тогда, при использовании линейной модели предложения, цены и объем производства товара, произведенного при помощи традиционной технологии, могут быть рассчитаны как:

$$p = SO(qO) = aO + bO \cdot qO, \quad qO = SO^{-1}(p) = \beta O \cdot p - \alpha O \quad (3)$$

В свою очередь, цены и объем производства товара, произведенного при помощи инновационной технологии, могут быть рассчитаны как:

$$p = SO(qI) = aI + bI \cdot qI, \quad qI = SI^{-1}(p) = \beta I \cdot p - \alpha I \quad (4)$$

Отметим, что, исходя из предположения об однородности продукта, цены на продукты, производимые разными технологиями, будут одинаковыми, а объемы производства – разными.

Тогда суммарный объем производства (qE) (p) можно рассчитать как $qE = qO + qI$, или

$$qE(p) = \beta O \cdot p - \alpha O + \beta I \cdot p - \alpha I = (\beta O + \beta I) \cdot p - (\alpha O + \alpha I)$$

Отсюда значение p равно

$$p = S(qE) = \frac{\alpha O + \alpha I}{(\beta O + \beta I)} + \frac{1}{(\beta O + \beta I)} qE. \quad (5)$$

В точке рыночного равновесия $S(q) = D(q)$. В соответствии с линейной моделью спроса (1), получаем:

$$\frac{\alpha O + \alpha I}{(\beta O + \beta I)} + \frac{1}{(\beta O + \beta I)} q = A - B \cdot q,$$

отсюда

$$\left(\frac{1}{(\beta O + \beta I)} + B \right) q = A - \frac{\alpha O + \alpha I}{(\beta O + \beta I)}$$

Так как $(\beta O + \beta I) > 0$, то значение равновесного объема производства

$$q_{\text{равн}} = \frac{A \cdot (\beta O + \beta I) - (\alpha O + \alpha I)}{1 + B(\beta O + \beta I)}$$

или

$$q_{\text{равн}} = \frac{A \cdot (bO + bI) - (aO \cdot bI + aI \cdot bO)}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO} \quad (6)$$

На основании рассчитанного значения $q_{\text{равн}}$ ¹ можно определить равновесную цену, подставив значение $q_{\text{равн}}$ в (5):

$$p_{\text{равн}} = \frac{\alpha O + \alpha I}{(\beta O + \beta I)} + \frac{1}{(\beta O + \beta I)} \frac{A \cdot (\beta O + \beta I) - (\alpha O + \alpha I)}{1 + B(\beta O + \beta I)} =$$

¹ Значение q всегда больше 0, при условии, что потребность в первой единице продукции A больше, чем себестоимость ее производства по обеим технологиям (иначе технологии неэффективны). Действительно, знаменатель дроби больше 0. Числитель дроби не меньше $A \cdot (bO + bI) - a_{\text{max}} \cdot (bI + bO)$, где $a_{\text{max}} = \max(aO, aI)$. В свою очередь, $(A - a_{\text{max}}) \cdot (bO + bI) > 0$, так как $b > 0$ и A больше себестоимости производства первой единицы продукции aO и aI .

$$= \frac{(A + B(\beta O + \beta I))(\beta O + \beta I)}{(1 + B(\beta O + \beta I))(\beta O + \beta I)} = \frac{(A + B(\alpha O + \alpha I))}{(1 + B(\beta O + \beta I))}$$

или

$$p_{\text{равн}} = \frac{A \cdot bO \cdot bI + B \cdot aO \cdot bI + B \cdot aI \cdot bO}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO} \quad (7)$$

Полученное значение равновесной цены позволяет рассчитать объемы производства при помощи каждого из видов технологии в точке рыночного равновесия. Подставим значения равновесной цены в (3), (4).

Тогда объем производства товара по традиционной технологии

$$\begin{aligned} qO_{\text{равн}} &= \beta O \cdot \frac{(A + B(\alpha O + \alpha I))}{(1 + B(\beta O + \beta I))} - \alpha O = \\ &= \frac{A \cdot \beta O - \alpha O + B \cdot (\beta O \cdot \alpha I - \alpha O \cdot \beta I)}{1 + B(\beta O + \beta I)} \end{aligned}$$

или

$$qO_{\text{равн}} = \frac{bI \cdot (A - \alpha O) + B \cdot (aI - \alpha O)}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO} \quad (8)$$

Очевидно, значение $qO_{\text{равн}}$ может быть меньше нуля (при достаточно больших значениях αO и βI), что интерпретируется как невыгодность производства продукции при помощи данной технологии. В этом случае необходимо использовать формулы (1), (2) для производства продукции при помощи одной (инновационной) технологии, что приводит к другим значениям цены и объема продаж в точке равновесия.

Аналогичным образом получаем, что объем производства товара по инновационной технологии

$$qI_{\text{равн}} = \frac{A \cdot \beta I - \alpha I + B \cdot (\alpha O \cdot \beta I - \beta O \cdot \alpha I)}{1 + Ad_1(\beta O + \beta I)}$$

или

$$qI_{\text{равн}} = \frac{bO \cdot (A - \alpha I) + B \cdot (aO - \alpha I)}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO} \quad (9)$$

Рассмотрим изменение описанных выше показателей во времени. Пусть каждая из технологий постепенно улучшается, снижая затраты на производство каждой единицы продукции со скоростью VO для традиционной технологии и VI – для инновационной. Тогда, исходя из (1), (2), для традиционной инновации $p = SO(qO, t) = aO + bO \cdot qO - VI \cdot t$, а для инновационной $p = SI(qI, t) = aI + bI \cdot qI - VI \cdot t$.

На основе этих рассуждений оценим динамику изменения объемов производства товара по каждой из технологий, совокупного объема производства, а также цен, которые установятся на рынке. Вначале рассмотрим динамику объемов продаж товара, произведенного по инновационной технологии, модифицируя формулу (9) с учетом изменения во времени:

$$qI_{\text{равн}}(t) = \frac{bO \cdot (A - aI) + B \cdot (aO - aI) + (bO \cdot VI + B \cdot VI - B \cdot VO)t}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO}$$

Тогда скорость роста объемов продаж инновационных товаров равна

$$VqI_{\text{равн}} = \frac{dqI_{\text{равн}}}{dt} = \frac{VI(bO + B) - VO \cdot B}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO} \quad (10)$$

Объемы продаж товара, произведенного по инновационной технологии, растут, то есть значение в (10) больше нуля, что выполняется, если $VI(bO + B) - VO \cdot B > 0$. Для этого необходимо выполнение условия

$$\frac{VI}{VO} \left(1 + \frac{bO}{B}\right) > 1 \quad (11)$$

Таким образом, для роста объемов производства при инновационной технологии достаточно, чтобы скорость улучшения инновационной технологии была больше скорости улучшения традиционной технологии: $VI > VO$ (так как второй множитель больше 1). Однако если $VI \leq VO$, то условие (11) все равно может выполняться, если угол наклона bO достаточно велик, и/или если значения B достаточно малы (то есть выполняется условие $bO > B(\frac{VO}{VI} - 1)$).

Рис. 3. Области значений B , VO , $\frac{VO}{VI}$, при которых происходит рост или падение qI со временем.

Если же скорость улучшения инновационной технологии недостаточна, и условие $bO > B(\frac{VO}{VI} - 1)$ не выполняется, то происходит падение производства инновационного товара со временем. Значения параметров, при которых происходит рост и падение производства инновационного товара, отражены на графике (см. рис. 3). На графике отражены возможные уровни $bO = B(\frac{VO}{VI} - 1)$ при разных отношениях $\frac{VO}{VI}$. Значения показателей в зоне, находящейся

выше прямой, соответствует росту объемов производства по инновационной продукции, а ниже — падению.

Теперь рассмотрим динамику изменения объемов продаж товара, произведенного по традиционной технологии, модифицируя формулу (8) с учетом изменения во времени:

$$qO_{\text{равн}}(t) = \frac{bI \cdot (A - aO) + B \cdot (aI - aO) + (bI \cdot VO + B \cdot VO - B \cdot VI)t}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO}$$

Скорость роста объемов продаж традиционных товаров равна

$$VqO_{\text{равн}} = \frac{dqO_{\text{равн}}}{dt} = \frac{VO(bI + B) - VI \cdot B}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO} \quad (12)$$

Анализируя (12), получаем ситуацию, схожую с полученной выше при изучении динамики объемов продаж товара, произведенного по инновационной технологии. Объемы продаж товара $qO_{\text{равн}}$ растут со временем, если $VO(bI + B) - VI \cdot B > 0$, то есть если

$$\frac{VO}{VI} \left(1 + \frac{bI}{B}\right) > 1. \quad (13)$$

Если же $\frac{VO}{VI} \left(1 + \frac{bI}{B}\right) < 1$, то происходит вытеснение традиционной технологии с рынка.

Отметим, что в целом для инновационных технологий характерны более высокие скорости улучшения, чем для традиционных технологий (то есть обычно $VI > VO$), что достаточно для обеспечения роста производства при помощи инновационных технологий со временем. При этом для инновационных технологий характерны низкая эластичность кривой предложения и высокие значения bI , что связано с нехваткой производственных мощностей, специалистов, ресурсов и т.д. Это делает возможным рост и традиционной технологии, за счет возможности выполнения условия

$$\frac{VO}{VI} \left(1 + \frac{bI}{B}\right) > 1.$$

Как отмечалось ранее, возможно вытеснение с рынка любой из технологий. Для этого необходимо, чтобы другая технология быстрее развивалась и имела более высокую эластичность предложения, чем эластичность спроса на рынке (возможно, использовала менее редкие материальные ресурсы, менее специализированную и квалифицированную рабочую силу, была более инвестиционно привлекательна и так далее).

Особо следует отметить, что возможно долгосрочное сосуществование двух технологий производства одного продукта на рынке. Для этого необходимо, чтобы выполнялась система неравенств

$$\begin{cases} \frac{VI}{VO} \left(1 + \frac{bO}{B}\right) > 1 \\ \frac{VO}{VI} \left(1 + \frac{bI}{B}\right) > 1 \end{cases}$$

Одна из технологий при этом обеспечивает рост за счет более быстрого изменения во времени, а вторая – за счет больших значений угла наклона кривой предложения у технологии-конкурента и низкого угла наклона кривой спроса. При этом эластичный спрос позволяет увеличить объем продаж до уровня, достаточного для загрузки мощностей обеих технологий, за счет небольшого снижения цен. Исходя из этих рассуждений, можно предположить, что на достаточно эластичном рынке возможно существование нескольких технологий производства с высоким углом наклона кривой предложения (например, опирающихся на редкие ресурсы).

Подобную картину мы видим на примере использования различных топливных ресурсов: инновации в добыче и использовании нефти и газа не подрывают использование других носителей, в частности, угля (рис. 4).

На следующем шаге рассчитаем, чему равен совокупный объем продаж производимого товара. После очевидных преобразований выражения (6) получаем формулу для динамики равновесного объема продаж

$$q_{\text{равн}}(t) = \frac{A \cdot (bO + bI) - ((aO - VO \cdot t) \cdot bI + (aI - VI \cdot t) \cdot bO)}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO}$$

Скорость роста объема продаж вычисляется по формуле

$$Vq = \frac{dq_{\text{равн}}}{dt} = \frac{VO \cdot bI + VI \cdot bO}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO}. \quad (14)$$

Используя (14), проанализируем динамику изменения объема продаж. Очевидно, что числитель и знаменатель дроби положительные, а значит, совокупный объем производства будет со временем увеличиваться. Выясним, каким образом коэффициенты кривых предложения и спроса, отражающие характеристики рынка продукции, влияют на скорость увеличения объемов продаж.

Увеличение коэффициента B , стоящего только в знаменателе дроби, будет снижать значение первой производной. Очевидно, что коэффициент B тесно связан с эластичностью спроса $Ed = \frac{dq}{dp} \cdot \frac{p}{q} = \frac{1}{B} \cdot \frac{p}{q}$ и, при прочих равных условиях, увеличение B приводит к снижению эластичности спроса и, одновременно, к уменьшению скорости получения эффекта от инновационного процесса.

Рис. 4. Мировое потребление топливных ресурсов [11]

Выясним влияние коэффициента bI на скорость роста объемов продаж. Для этого рассчитаем частную производную:

$$\frac{\partial Vq}{\partial bI} = \frac{VO \cdot (bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO) - (VO \cdot bI + VI \cdot bO) \cdot (bO + B)}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2} =$$

$$= \frac{bO \cdot (VO \cdot B - VI(bO + B))}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2}$$

Знак $\frac{\partial Vq}{\partial bI}$ зависит от знака выражения $(VO \cdot B - VI(bO + B))$, которое уже встречалось в формуле (10) со знаком минус. Таким образом, если производство товара при помощи инновационной технологии растет со временем, более высокие значения bI (и, при прочих равных условиях, менее эластичное предложение по инновационной технологии) будут замедлять общий рост объема продаж. И наоборот, если производство инновационного товара падает, увеличение bI будет ускорять общий рост объема продаж.

Проведя аналогичные рассуждения, можно оценить влияние коэффициента bO на скорость роста объемов продаж. При расчете получаем частную производную:

$$\frac{\partial Vq}{\partial bO} = \frac{bI \cdot (VI \cdot B - VO(bI + B))}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2}.$$

Аналогично, как и при изучении влияния bI , видим, что в условиях роста производства при помощи традиционной технологии более высокие значения bO будут замедлять совокупный рост производства, а при падении использования этой технологии высокие значения bO ускорят совокупный рост. Очевидно, что рост скоростей улучшения технологии VO и VI увеличивает скорость роста объема продаж, так как они стоят в числителе формулы (10).

Как видим, улучшение технологий ведет к росту объемов продаж. При этом более высокие значения коэффициента B (что, при прочих равных условиях, означает менее эластичный спрос) ведут к замедлению роста объема продаж, а вот значения bO и bI могут как замедлять, так и ускорять рост объемов продаж в зависимости от того, растет использование соответствующих технологий или падает.

На следующем этапе рассмотрим динамику цен для рынка, на котором существуют две улучшающиеся технологии производства. Исходя из (7), получаем:

$$p_{\text{равн}}(t) = \frac{A \cdot bO \cdot bI + B \cdot aO \cdot bI + B \cdot aI \cdot bO - (VI \cdot bO + VO \cdot bI) \cdot B \cdot t}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO}$$

Скорость изменения цен равна

$$Vp = \frac{dp_{\text{равн}}}{dt} = - \frac{(VI \cdot bO + VO \cdot bI) \cdot B}{bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO} \quad (15)$$

Так как все коэффициенты в (15) положительные, то значения Vp меньше нуля, то есть цены на рынке снижаются по мере улучшения технологии производства.

Рассмотрим влияние рыночных условий на снижение цен. Оценим влияние коэффициента B на скорость изменения цен, используя частную производную

$$\begin{aligned}\frac{\partial Vp}{\partial B} &= - \frac{(VI \cdot bO + VO \cdot bI) \cdot ((bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO) - B(bO + bI))}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2} \\ &= - \frac{(VI \cdot bO + VO \cdot bI) \cdot (bI \cdot bO)}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2}\end{aligned}$$

Значение дроби меньше нуля. Значит, с ростом коэффициента B (и, при прочих равных условиях, снижении эластичности спроса) ускоряется снижение цен на рынке в рассматриваемых условиях.

Оценим влияние значений bO и bI на динамику цен, используя частные производные:

$$\begin{aligned}\frac{\partial Vp}{\partial bO} &= - \frac{VI \cdot B \cdot (bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO) - (VI \cdot bO + VO \cdot bI)B(bI + B)}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2} \\ &= - \frac{B \cdot bI(VI \cdot B - VO(bI + B))}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2}\end{aligned}$$

Видим, что влияние bO на падение цен зависит от того, растет ли производство по традиционной технологии или падает. Если производство по традиционной технологии растет, то значение $\frac{\partial Vp}{\partial bO} > 0$, и высокие значения bO замедляют скорость падения цен. Наоборот, если производство по традиционной технологии падает, значение $\frac{\partial Vp}{\partial bO} < 0$, и высокие значения bO приводят к ускорению падения цен на производимый продукт. Аналогичным образом оценим влияние на падение цен коэффициента bI :

$$\begin{aligned}\frac{\partial Vp}{\partial bI} &= - \frac{VO \cdot B \cdot (bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO) - (VI \cdot bO + VO \cdot bI)B(bO + B)}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2} \\ &= - \frac{B \cdot bO(VO \cdot B - VI(bO + B))}{(bI \cdot bO + bI \cdot B + B \cdot bO)^2}\end{aligned}$$

Как видим, если производство по инновационной технологии растет (а мы отмечали, что для инновационной технологии это характерно благодаря высокой скорости улучшения технологии), то значение $\frac{\partial Vp}{\partial bI} > 0$, а значит, высокие значения bI замедляют скорость падения цен. Наоборот, если производство по традиционной технологии падает, значение $\frac{\partial Vp}{\partial bI} < 0$, и высокие значения bI приводят к ускорению падения цен на производимый продукт.

Результаты

Результатом нашей работы является построение и анализ математической модели, описывающей влияние характеристик рынка на динамику процессных инноваций. При этом предполагается, что в краткосрочной перспективе распространение инноваций описывается моделями диффузии инноваций (например, Басса), а в долгосрочной перспективе динамика рынка

связана с улучшением инновационных технологий. Было показано, что рост объемов производства при помощи инновационной технологии может обеспечиваться за счет более высокой скорости улучшения технологии по сравнению с технологией-конкурентом: $\frac{VI}{VO} > 0$. Однако он может происходить и в условиях, когда более быстро развивающаяся технология-конкурент имеет высокую скорость роста предельных затрат (например, в связи с редкостью используемых ресурсов), при достаточно эластичном спросе на рынке (при прочих равных условиях). При этом возможно параллельное развитие нескольких технологий производства на одном несегментированном рынке в долгосрочной перспективе, а может происходить вытеснение одной технологии другой – при этом вытесняющая технология должна иметь высокую скорость улучшения во времени и низкий рост предельных затрат с увеличением объемов производства. Отдельно необходимо выделить формулы (11) и (13), позволяющие оценить динамику изменения объемов производства по каждой технологии. Было выявлено, что для ситуации, когда на рынке существуют две развивающиеся технологии производства продукта, характерно снижение предельных затрат на производство, что приводит к увеличению объемов производства товара и снижению общего уровня цен. Если на рынке существуют две технологии, то эти положительные тенденции, очевидно, ускоряются с увеличением скорости улучшения этих технологий VI и VO . Кроме того, на эти тенденции оказывают влияние рыночные факторы – более высокий угол наклона кривой спроса (что, при прочих равных условиях, означает менее эластичный спрос) замедляет увеличение объемов производства, но ускоряет снижение цен. В работе показано, что влияние рыночных характеристик технологий производства зависит от того, сложились ли условия для роста производства с использованием этих технологий (за счет высокой скорости улучшения технологии или за счет рыночных факторов), или же производство с использованием данной технологии падает. Если производство товара при помощи технологии растет, то высокие значения коэффициентов b (при прочих равных условиях – низкая эластичность предложения) замедляют падение цен, что закономерно, так как увеличение производства при высоких значениях b сопровождается значительными затратами. Наоборот, при падении производства при помощи данной технологии высокие значения b позволяют получить резкое снижение затрат и, как следствие, ускоряют снижение цен. Низкие значения b имеют обратное влияние на скорость снижения цен.

Аналогичным образом коэффициент b влияет на рост совокупного объема продаж: если производство при помощи данной технологии растет со временем, более высокие значения b будут замедлять общий рост объема продаж за счет более быстрого роста предельных издержек на производство каждой следующей единицы продукции. И наоборот, если производство инновационного товара падает, увеличение b будет ускорять общий рост объема продаж.

Приведенные результаты, в целом, согласуются с общими положениями экономической теории и инноватики. В целом, они показывают, что повышение эластичности спроса и предложения способствуют получению большего эффекта от инновационного процесса, и данный вывод может применяться при прогнозировании и планировании на микро- и макро- уровне. В качестве развития данных исследований можно рассмотреть влияние рыночных факторов на другие показатели эффективности инновационной деятельности (в первую очередь, прибыль от продажи и товарооборот товаров, произведенных при помощи обозначенных технологий), а также рассмотреть, как изменяется влияние рыночных факторов на показатели инновационной деятельности при использовании более общих моделей спроса и предложения [1]. Последнее особенно важно при стратегическом планировании, так как линейные модели хорошо аппроксимируют кривую спроса и предложения при их небольшом изменении, однако в долгосрочной перспективе начинают играть большую роль вторые производные функций спроса и предложения.

Выводы

Резюмируя результаты проведенного исследования, можно констатировать, что состояние рынка оказывает влияние на процесс инновационной деятельности, и, при прочих равных условиях, повышение эластичности спроса и предложения положительно влияет на показатели инновационной деятельности. Показано, что построение и анализ моделей инновационной динамики является эффективным инструментом оценки влияния рыночных факторов на развитие инновационных технологий. Полученные в ходе исследования результаты могут использоваться как для более глубокого изучения инновационных процессов, так и с целью управления реальными экономическими объектами.

Литература

1. Нижегородцев Р.М. Стратегическое управление инновациями: теория и механизмы // Друкеровский вестник. 2019. № 2 (28). – С. 304-315.
2. Мелихова Е.В., Рогачев А.Ф. Моделирование и оптимизация распределения ресурсов при внедрении технологических инноваций в орошаемом земледелии // Modern Economy Success. – 2018. № 4. – С. 113-119.
3. Горидько Н.П., Нижегородцев Р.М. Развитие корпоративных инновационных систем в российской наукоемкой промышленности и парадигма приоткрытых инноваций // Инновации в создании и управлении бизнесом материалы Всероссийской научно-практической конференции преподавателей, сотрудников и аспирантов. М.: Российский университет Дружбы народов, 2017. – С. 25-30.
4. Nizhegorodtsev R.M., Sekerin V.D., Gorokhova A.E., Goridko N.P. Features of innovation management strategies in the post-industrial economy // Academy of Strategic Management Journal. 2017. T. 16. S2.
5. Силкина, Г.Д. Моделирование динамики инновационных процессов / Г.Ю. Силкина. Моделирование динамики инновационных процессов: Дис. д-ра экон. наук: 08.00.13: Н. Новгород, 2000. – 365 с. РГБ ОД, 71:02-8/82-1

6. Bass F.M. A New Product Growth Model for Consumer Durables // Management Science. 1969. № 15. P. 215-227.
7. Goldenberg Jacob, Barak Libai, Eitan Muller. Riding the saddle: How cross-market communications can create a major slump in sales // Marketing. 2002. – № 66 (2). – P. 1-16.
8. Тиpоль Ж. Рынки и рыночная власть: теория организации промышленности: в 2-х т. Изд. 2-е испр. / Ж. Тиpоль. Пер. с англ. – СПб: Экономическая школа. 2000. Т. 2. – 450 с.
9. Кристенсен Клейтон М. Дилемма инноватора / Клейтон М. Кристенсен; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 239 с.
10. Симонов, А.Б. The Modeling of Market Forces Influence on Innovation Performance [Электронный ресурс] / А.Б. Симонов, И.А. Тарасова, И.Э. Симонова // Proceedings of the International Scientific Conference «Far East Con» (ISC FEC 2018) (Vladivostok, Russian Federation, October 2-4, 2018) / ed. by Denis B. Solovev; Far Eastern Federal University (Russia). – [Publisher: Atlantis Press], 2019. – P. 1073-1076.
11. У нас есть калькулятор, мы умеем считать деньги /Т.Гурова, Е. Огородников// Эксперт. 2015. № 26-27 (950) [Электронный ресурс]: <https://expert.ru/expert/2015/27/u-nas-est-kalkulyator-myi-umeem-schitat-dengi/media/267457/#anchor-1> [дата обращения 7.02.2020].

Поступила в редакцию

15.01.2020

Симонов Алексей Борисович – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы в экономике», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия.

Simonov Alexey B. – Candidate of Economics, associate professor, associate professor at the Department of Information Systems in Economics of the Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia.

Рогачев Алексей Фруминович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Информационные системы в экономике», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»; заведующий кафедрой, профессор кафедры «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия.

Rogachev Alexey F. – Doctor of Engineering, professor, professor at the Department of Information Systems in Economics of the Volgograd State Technical University; head of department, professor at the Department of Mathematical Modeling and Computer Science, Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia.

Симонова Ирина Эдуардовна – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Прикладная математика», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия.

Simonova Irina E. – Candidate of Physics and Mathematics, associate professor, associate professor at the Department of Applied Mathematics of the Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia.

Россия, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28

28, Lenin ave., Volgograd, 400005, Russia

e-mail: absimonov@gmail.com

e-mail: rafr@mail.ru

e-mail: simonova-vstu@mail.ru