

Шишаев М.Г.*Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН,
Москва*

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЫНОЧНОЙ ДИФфуЗИИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА

В статье представлена структура и состав комплексной системно-динамической модели, предназначенной для исследования процессов рыночной диффузии инновационного продукта. Рассмотрены основные составляющие части модели: ядро, представляющее собой эпидемическую модель распространения инновации, а также вспомогательные системно-динамические модели конкурентного рынка и управления рыночным продвижением продукта. Предложены потенциальные области использования модели.

Введение

Одним из аспектов информационной поддержки инноваций является методическое обеспечение оценки их эффективности. Признанным подходом для получения таких оценок является моделирование реакции социально-экономических систем на возмущения в виде создания и развития в их рамках инновационных проектов. Можно выделить две группы методов такого моделирования. Первую составляют аналитические математические модели различных классов, вторая представлена методами, так или иначе опирающимися на использование экспертных знаний. Удачным, высокоэффективным компромиссом этих групп методов является системная динамика. Метод системной динамики был предложен Дж.Форрестером [1].

Можно выделить три основных преимущества, а, следовательно, и области применения системно-динамического моделирования:

- сложные слабо-формализованные ситуации, в которых невозможно применение аналитических методов, или они настолько сложны и трудоемки, что динамическое моделирование дает более простой способ

решения проблемы;

- моделирование поведения систем в ситуациях, которые ранее не встречались; в данном случае имитация служит для предварительной проверки новых стратегий управления системой перед проведением эксперимента на реальном объекте;
- моделирование ситуаций, наблюдение которых осложнено большой длительностью их развития или наоборот, т. е. когда необходимо контролировать развитие ситуации путем ускорения или замедления явлений в ходе имитации.

Таким образом, можно констатировать большой потенциал в применении метода и технологий системной динамики в задачах информационной поддержки управления инновационными процессами. Инновационный менеджмент является сложной и динамичной задачей. Принимаемые при этом решения часто являются «вопросом жизни и смерти» фирмы и базируются в основном на управленческой мудрости и опыте лица, принимающего решения (ЛПР). Решения, принимаемые на таком уровне сложности практически невозможно автоматизировать, однако их принятие можно существенно облегчить за счет использования формализованных моделей и адекватных задач информационно-аналитических систем.

Изучению проблем информационной поддержки инновационной деятельности и моделирования инновационных процессов в социально-экономических системах в современном мире посвящены работы многих авторов - как зарубежных, так и представителей отечественной науки. Основоположниками научных теорий, посвященных проблемам диффузии инноваций как фактора экономического развития в современной экономике, по праву считаются Everett M. Rogers [2], Frank M. Bass [3], Peter M. Milling [4]. Из отечественных исследователей значительный вклад в комплексное исследование процесса диффузии инноваций технологического, институционального и иного характера, а также значимости данного процесса как фактора экономического развития внесли С.В. Валдайцев, С.Ю. Глазьев, А.А. Дынкин, Ю.В. Яковец, Р.Л. Болдырев, Т.И. Овчинникова, Р. Нижегородцев, С. Никитин и С. Дятлов. Разработка научных теорий в области информатизации экономики, инновационного менеджмента и моделирования экономических структур затрагивается в работах Д.А. Новикова, В.А. Путилова, Ю.А. Загорюлько, Г.А. Унтура, В.А. Филиппова, А.А. Иващенко, П.О. Скобелева, В.А. Виттиха, Ю.Г. Карпова и И.Г. Поспелова.

В данной работе рассмотрен пример использования технологии имитационного моделирования для исследования рыночной диффузии инновацион-

ного продукта. В качестве методологии моделирования использован подход системной динамики (СД) [1], а в качестве инструментального средства – система СД-моделирования Powersim [5]. Системная динамика является одним из наиболее мощных инструментов, используемых в настоящее время для анализа и проектирования сложных систем, главными особенностями которых является то, что они динамические (изменяющиеся во времени), содержат петли обратной связи, их структура характеризуется задержками, нелинейностью и переменчивостью причин сложного поведения. Перечисленные особенности в полной мере относятся к экономической среде развития инноваций: фирма и рынок, управленческие решения и реакция на них внешней экономической среды тесно взаимосвязаны [14]. Эта взаимосвязь выражается в различного рода обратных связях между компонентами экономической среды. При этом количество взаимосвязанных компонентов и количество связей между ними может быть весьма велико.

Основная задача имитационного моделирования процесса рыночного распространения инновации (диффузии) заключается в том, чтобы помочь лицу, принимающему решение, проследить возможные качественные изменения исследуемого процесса при различных условиях его протекания и управляющих воздействиях, сделать правильную оценку временных параметров вывода нового продукта на рынок и его рыночной динамики. При этом следует отдавать себе отчет в том, что из-за сложности и многоаспектности задачи, не представляется возможным создать такую модель, которая предсказала бы нам значения показателей распространения инновации в абсолютном измерении или позволила определить конкретные оптимальные временные параметры инновационного процесса. Главным назначением модели в данном случае является повышение эффективности инновационного менеджмента, улучшение качества управленческих решений за счет лучшего понимания их влияния на динамику развития инновационного процесса. С точки зрения технологии принятия решений, СД-модель позволяет генерировать множество возможных альтернатив, обеспечивающее ЛПР базой для последующего анализа и выбора предпочтительных вариантов развития процесса.

Эпидемическая модель распространения инновационного продукта

Системно-динамическая модель рыночного распространения инновации является расширенным и адаптированным для российских условий вариантом имитационной модели инновационного процесса, описанной в работе

[4], и позволяет изучать влияние различных стратегий управления рынком инновационного продукта на скорость его распространения среди потребителей и, соответственно, на потенциальную прибыль фирмы-инноватора.

Процесс рыночного распространения (диффузии) инновационного продукта обуславливается двумя группами факторов. Первую группу составляют объективные характеристики экономической среды развития инновации, внешние по отношению к фирме-инноватору.

Вторую группу факторов составляют внутренние экономические характеристики функционирования фирмы-инноватора и принимаемые управленческие решения. Целевым показателем успешности инновационной деятельности фирмы является валовый объем продаж, измеренный в денежном эквиваленте.

К наиболее важным факторам, влияющим на результативность развития рынка инновационного продукта, относятся нижеследующие [7].

1) Внутренняя структура соответствующего сектора рынка – монополистическая, когда рассматриваемый тип продукта выпускает и продает одна единственная фирма, или олигополистическая, когда созданием и продажами некоторого инновационного продукта занимаются несколько конкурирующих фирм [8]. Если в первом случае потенциальный объем рынка инновации равен объему исходного рынка и задача инновационного менеджмента заключается в его эффективном, с точки зрения времени или аккумулированного объема продаж, освоении, то во втором случае рассматриваемый сектор рынка делится между несколькими конкурирующими фирмами, что заставляет фирму-инноватора использовать иные стратегии планирования производства, ценообразования, управления качеством и спросом. Возможно также рассмотрение и иных структур рынка.

2) Управленческие решения в отношении ценообразования, рекламной политики, управления качеством продукции, проведения НИОКР (с целью придания продукту новых свойств), объемов капиталовложений, временных параметров маркетинговых акций.

3) Общие закономерности развития инновационных рынков, такие как процессы замены морально устаревшего продукта его обновленным аналогом с, возможно, расширенным спектром возможностей, процессы повторных покупок, и другие.

В рассматриваемой модели перечисленные факторы представлены структурными элементами, а также отдельными компонентами системно-динамической модели – переменными, константами, уровнями, потоками.

Укрупненная структура модели приведена на рис. 1. Основной процесс рыночного распространения инновации представлен разновидностью эпидемической модели [9]: скорость распространения рыночного продукта зависит от количества контактов между его потенциальными (М) и актуальными потребителями – адептами (ADP). Количество последних увеличивается за счет двух потоков: клиентов-инноваторов (INN), побудительным мотивом которых к приобретению новшества является стремление первым испытать его потенциальные полезные свойства, первым получить опыт его использования и клиентов-имитаторов (ИМТ), мотивация которых обусловлена стремлением «не отстать от других». Общим источником поступления актуальных потребителей новшества (адептов) является пул потенциальных клиентов (в модели – «исходный рынок»), формируемый из населения региона, принимаемого за область распространения продукта, с учетом показателей спроса на новый продукт (точнее – на его некоторые потребительские свойства) и социальной динамики территории. Источником данных показателей является модель социально-экономической системы региона, например – модель моногорода [10]. Основными обратными связями модели является отток потенциальных клиентов за счет предпочтения альтернативного продукта (переход в категорию контрадептов), отток адептов, не удовлетворенных качеством новшества, и приток потребителей новшества, повторно приобретающих инновационный продукт по истечении срока эксплуатации ранее приобретенного («повторные покупатели»).

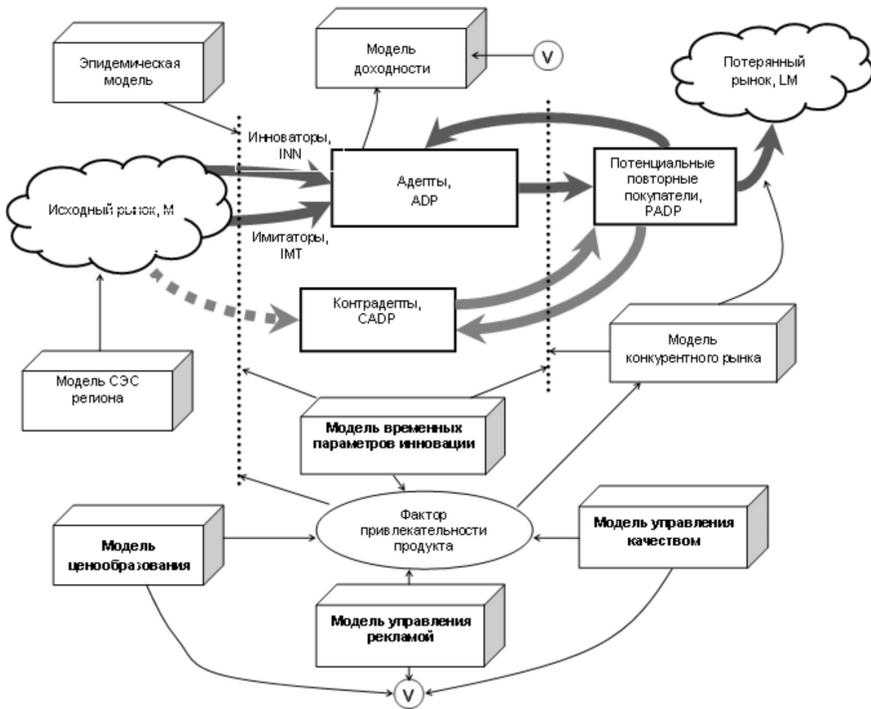


Рис 1. Обобщенная структура СД-модели рыночной диффузии инновации

Рост количества инноваторов определяется коэффициентом инновационной привлекательности продукта P_{INN} , представляющем собой вероятность того, что новый товар, сам по себе (вне каких-либо социальных мотивов), заинтересует покупателя:

$$D_{INN}(t) = p_{INN} * M(t) \quad (1)$$

«Заражение» объекта (приобретение инновационного продукта по мотивам имитационного характера) происходит в результате парной коммуникации, в которой один из взаимодействующих объектов является «зараженным». Общее возможное количество парных коммуникаций определяется соотношением:

$$C_N^2 = \frac{N!}{2!(N-2)!} = \frac{1}{2}(N^2 - N) \quad (2)$$

где N – начальный объем рынка (количество потенциальных покупателей инновационного продукта).

С учетом того, что, в случае монопольного рынка, исходный рынок делится между потенциальными покупателями и адептами ($N=M+ADP$), а в случае конкурентного – между потенциальными покупателями, адептами и контра-адептами ($N=M+ADP+CADP$), количества парных коммуникаций для первого и второго случая, соответственно, будут определяться соотношениями:

$$\frac{1}{2}(2M \cdot ADP + M^2 - M + ADP^2 - ADP) \quad (3)$$

$$(4)$$

В приведенных соотношениях одновременно зависит от количества адептов инновации и от количества потенциальных покупателей первое слагаемое за скобкой. Оно и определяет темп потока имитаторов:

$$D_{IMT}(t) = p_{IMT} \cdot M(t) \cdot ADP(t) \quad (5)$$

где P_{INN} - коэффициент имитации, определяющий вероятность «заражения» потенциального покупателя в результате контакта с адептом инновации.

Рост количества контраадептов определяется вторым слагаемым соотношения (3.158):

$$D_{IMT}(t) = p_{IMT} \cdot M(t) \cdot ADP(t) \quad (6)$$

где P_{CADP} - коэффициент, соответствующий вероятности привлечения потенциального потребителя инновации альтернативным продуктом;

$DL(t)$ - функция временной задержки s-образной формы, стремящаяся к нулю на начальных этапах распространения инновации и устремляющаяся к единице через некоторое время. Длительность «полки» графика функции $DL(t)$ при малых значениях аргумента (T) определяется технологической сложностью продукта и специфической характеристикой социально-технической среды, определяющей скорость информационных коммуникаций между актуальными и потенциальными потребителями новшества. Эта характеристика тем

выше, чем более развита информационно-коммуникационная инфраструктура на соответствующей территории.

Функция временной задержки может, например, иметь следующий вид:

$$DL(t) = \frac{1}{2}(1 + th(t - T)) \quad (7)$$

где th – гиперболический тангенс; T – параметр, определяющий длительность «полки».

Альтернативой использованию функции временной задержки в потоке контрадептов является вариация структуры модели, в которой непосредственная связь между исходным рынком и контрадептами, в виде соответствующего потока, отсутствует. В этом случае количество контрадептов растет только за счет перехода в их число части потенциальных повторных покупателей инновационного продукта:

$$D_{CADP}(t) = p_{CADP} \cdot PADP(t) \quad (8)$$

По истечении некоторого времени (периода технологического обновления продукта) адепты продукта переходят в разряд потенциальных повторных покупателей. Аналогичным образом, через соответствующее время, в число потенциальных повторных покупателей переходят и контрадепты. Последние либо возвращаются в число адептов или контрадептов, либо отказываются от использования продукта. Темпы данных потоков определяются в соответствии с моделью Баса [3] и зависят от временных параметров жизненного цикла инновации и параметров конкурентного рынка.

Динамика описанных процессов зависит от ряда факторов, в том числе – управляемых. К ним относятся:

- объем производства;
- стратегии ценообразования;
- уровень качества продукта, обуславливаемый объемом затрат на соответствующие мероприятия по его контролю;
- уровень затрат на продвижение нового товара на рынке (рекламу);
- наличие и рыночная активность конкурентов;
- временные параметры жизненного цикла продукта.

Перечисленные факторы, степень и форма их влияния на процесс распространения инновации, в свою очередь, в общем случае определяются множеством взаимосвязанных параметров социально-экономической среды протекания инновационных процессов, и сами по себе могут быть предме-

тами компьютерного (в том числе – имитационного) моделирования. Таким образом, системно-динамическая модель рыночной диффузии инновационного продукта становится целым комплексом взаимосвязанных подмоделей, что отражено на рис. 1.

К данным вспомогательным моделям относятся:

- модель временных параметров жизненного цикла (ЖЦ) инновации, определяющая длительности основных периодов ЖЦ и их вариации;
- модель ценообразования, определяющая уровень цены единицы инновационного продукта в каждый момент модельного времени;
- модель управления рыночным продвижением продукта (рекламой), определяющая зависимость фактора привлекательности продукта от объемов и временных параметров капиталовложений в рекламную кампанию, типа, и иных параметров рекламы;
- модель управления качеством продукта, определяющая зависимость фактора привлекательности продукта от затрат на управление базовыми и постоянными потребительскими ценностями продукта [11];
- модель конкурентного рынка, определяющая закономерности распределения потоков потенциальных потребителей инновационного продукта между его адептами, контрадептами, повторными покупателями, потерянными рынком.

Перечисленные модели могут реализовываться различными способами – от самых простых, где параметры являются константами или простыми функциональными зависимостями от других компонентов СД-модели, до полноценных отдельных системно-динамических или иных математических либо компьютерных моделей. Далее рассматриваются возможные подходы к реализации вспомогательных моделей.

Модель управления рыночным продвижением продукта

Коэффициент инновационной привлекательности продукта зависит от эффективности его рекламы. В простейшем случае – это возрастающая функция финансовых затрат на рекламу нового продукта:

$$K_{III}^{INN} = f_{III}(C_{ADV}) \quad (9)$$

т. е. предполагается прямая зависимость эффективности рекламы от финансовых затрат на нее. Однако, на практике имеют место гораздо более сложные зависимости между затратами и эффективностью рекламы.

Реклама отражает некоторый набор потребительских свойств продукта (Prop), каждое из которых в различной мере влияет на обобщенную субъективную оценку потребительской привлекательности продукта. При реализации рекламы продукта некоторой категории важно «угадать» на какие свойства следует акцентировать внимание потенциального потребителя. Если рекламировать не интересующие его потребительские качества, эффект от рекламы, даже при высоком уровне затрат, будет мал. При этом, обобщенная оценка потребительской привлекательности продукта является очень субъективной. В этой связи, даже для фиксированной категории продуктов, не представляется возможным определить некую универсальную функцию f_{III} , адекватно отражающую зависимость потребительской привлекательности от стоимости и содержания рекламы для каждого потенциального покупателя. Однако для каждой категории продуктов можно выделить некоторые классы потенциальных потребителей, для которых относительные удельные веса (степень привлекательности) потребительских свойств из набора Prop схожи, а значит – схожи и закономерности в формировании обобщенного представления о потребительской привлекательности продукта. Эти классы являются так называемыми «целевыми группами», которым адресуется реклама. Такими группами могут быть, например, дети, или старшего поколения, люди определенной профессии, и т.д. Каждая целевая группа в рассматриваемой модели характеризуется вектором весовых коэффициентов, компоненты которого задают степени важности соответствующих потребительских свойств продукта:

$$\bar{\mathbf{g}}_i = (\mathbf{g}_i^1, \dots, \mathbf{g}_i^n) \quad (10)$$

где i – номер целевой группы;

n – общее количество рассматриваемых в модели потребительских свойств продукта данной категории.

Еще одним важным фактором, влияющим на общую эффективность рекламы, является канал ее распространения: потребители воспринимают газету, как источник информации о ценах на товары, желтую прессу – как источник сенсаций, радио – эффективное средство рекламирования распродаж, телевидение – хорошее средство воспитания рынка и превращения покупки в событие [12]. Таким образом, коэффициент инновационной привлекательности продукта зависит не только от затрат на рекламу, но и от ее содержания в контексте используемого канала рекламной коммуникации. Наконец, четвертая группа факторов, определяющих эффективность рекламы – это степень соответствия рекламируемых потребительских свойств продукта общепринятому субъективному представлению о них. Или, иными словами, правдивость рекламы. Данный параметр является трудноформализуемым, поскольку зависит от множества субъективных факторов, однако для модельных целей можно предложить нижеследующий механизм его приближенного формального определения. Пусть имеется n -мерное пространство значений потребительских свойств продуктов аналогичной категории с рекламируемым. Реклама, акцентируя внимание на некоторых из этих свойств и предлагая априорные оценки их значений (например – малая цена, высокое качество, и т.п.), позиционирует рекламируемый продукт как точку (вектор) в этом пространстве:

$$\overline{\text{Prop}}_{\text{ADV}} = (p_{\text{ADV}}^1, \dots, p_{\text{ADV}}^n)$$

– вектор оценок потребительских свойств продукта, отражаемых в рекламе. При этом в A^n задано подпространство $X \subset A^n$, определяющее область потребительских представлений о некоторых «нормальных», правдоподобных значениях свойств рекламируемого продукта. В подпространстве X определим «центр масс», соответствующий усредненному потребителскому представлению о значениях свойств продуктов рассматриваемого класса:

$$\overline{\text{Pr op}}_U = (p_U^1, \dots, p_U^n) \quad (11)$$

Для дискретного случая, когда область X образована ограниченным счетным множеством наиболее характерных векторных оценок ожидаемых потребительских свойств, компактно расположенных в пространстве A^n

($X = \{\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_k\}$), координаты центра масс могут быть определены по формуле:

A^n

$$p_U^i = \frac{g^i}{K} \sum_j x_j^i \quad (12)$$

где K – количество имеющихся потребительских оценок;

g^i – весовой коэффициент i -го потребительского свойства для заданной целевой группы потенциальных потребителей продукта.

Тогда расстояние между векторами $\overline{\text{Prop}}_{ADV}$ и $\overline{\text{Prop}}_U$ в пространстве (невязка) будет характеризовать степень субъективной правдивости рекламного сообщения с точки зрения целевой группы потенциальных потребителей. Обозначим это расстояние как

$$d(\overline{\text{Prop}}_{ADV}, \overline{\text{Prop}}_U)$$

В случаях, когда величина

$$d(\overline{\text{Prop}}_{ADV}, \overline{\text{Prop}}_P)$$

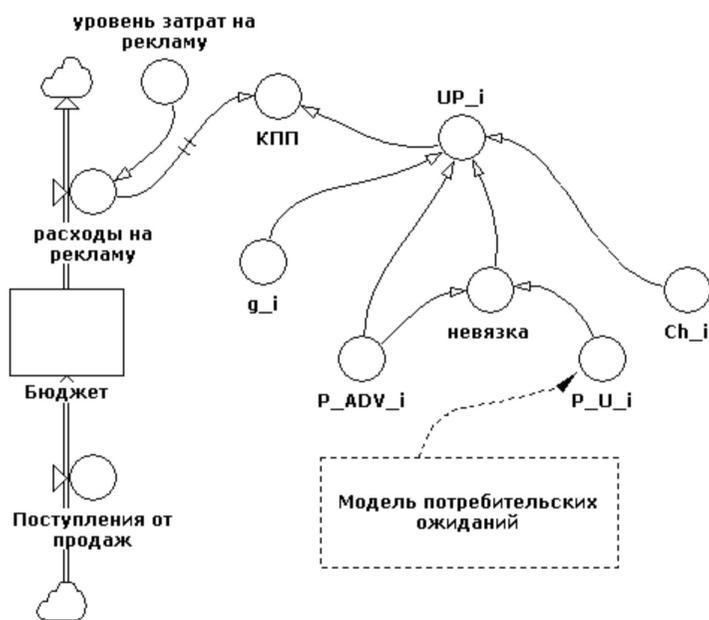
превышает некоторый порог правдоподобности l , эффект от рекламы уменьшается вплоть до отрицательных значений. Например, рекламное представление продукта как самого дешевого в своем классе и, одновременно, самого качественного противоречит общепринятым потребительским представлениям и заставит покупателя усомниться в искренности рекламного послания.

Таким образом, коэффициент инновационной привлекательности продукта зависит от четырех групп факторов: общих затрат на рекламу, значений оценок рекламируемых потребительских свойств продукта, используемым каналом рекламной коммуникации, и общепринятых представлений о потребительских свойствах продуктов данного класса:

$$K_{III}^{INN} = f_{III}(C_{ADV}, \overline{\text{Pr op}}_{ADV}, \overline{\text{AdvCh}}, \overline{\text{Pr op}}_P)$$

где \overline{AdvCh} - вектор коэффициентов эффективности рекламирования соответствующих потребительских свойств при выбранном канале коммуникации, той же размерности, что и \overline{Prop}_{ADV} .

Структура описанной модели управления рекламой в нотации Powersim представлена на рис. 2.



КПП – фактор инновационной привлекательности продукта;

UP_i – фактор привлекательности по потребительскому свойству i ;

g_i – вес i -го свойства продукта для заданной целевой аудитории;

P_{ADV_i} – рекламная оценка i -го свойства продукта;

Рис.2. Структура СД-модели управления рекламой продукта:

P_{U_i} – потребительские ожидания в отношении i -го свойства продукта;

Ch_i – коэффициент эффективности избранного канала рекламной коммуникации в отношении i -го свойства продукта.

Модель конкуренции

Существует три основных типа рынков, модели конкуренции в которых принципиально различны:

- 1) Монополия: только одна фирма-производитель предлагает на рынок данный продукт, конкуренция, как таковая, отсутствует.
- 2) Олигополия, когда рассматриваемый продукт предлагается небольшим ограниченным количеством фирм-производителей; ключевой особенностью олигополистического рынка является взаимозависимость поведения конкурентов: каждая фирма «видит» действия конкурентов и некоторым образом реагирует на них.
- 3) Совершенный рынок, где имеет место чистая конкуренция – ситуация идеализированного состояния рынка, когда отдельные покупатели и продавцы не могут влиять на цену, но формируют её своим вкладом спроса и предложения; отличительными признаками совершенного рынка являются: бесконечное множество равноценных продавцов и покупателей, однородность и делимость продаваемой продукции, отсутствие барьеров для входа или выхода с рынка, высокая мобильность факторов производства, равный и полный доступ всех участников к информации (цены товаров).

При рассмотрении рыночных закономерностей распространения инновационного продукта предполагается, что мы имеем дело либо с монопольным рынком, либо с олигополией, поскольку в случае, когда количество производителей рассматриваемого продукта становится большим, теряются основания считать его инновацией. Таким образом, при моделировании конкурентного рынка в контексте исследования рыночной диффузии инновации имеет смысл рассмотреть только олигополистическую рыночную структуру.

Теоретико-игровые модели олигополий. Распространенным способом моделирования олигополистических рынков является формализация возможного поведения рыночных агентов и его результативности в виде теоретико-игровых представлений. Игровые модели конкуренции позволяют исследовать процессы неценовой конкуренции, когда инструментом влияния на рынок является регулирование объемов производства и предполагается, что спрос полностью покрывает суммарное предложение конкурентов, а цена единицы продукции определяется объемами производства и некоторыми известными производственными издержками.

Наиболее известными игровыми моделями олигополий являются модели Курно и Штакельберга [13]. Обе модели представляют процесс конкуренции

на однопродуктовом рынке в виде бескоалиционной игры и позволяют, при фиксированных допущениях, определить оптимальный с точки зрения суммарной прибыли объем производства продукта для каждого игрока (экономического агента). Обе модели исходят из того, что отрасль производит однородный товар (отличия продукции разных фирм пренебрежимо малы, а значит, покупатель при выборе, у какой фирмы покупать, ориентируется только на цену), в отрасли действует небольшое число фирм, фирмы устанавливают количество производимой продукции, а цена на неё определяется исходя из спроса.

Рассмотрим оптимальные решения данных игр на примере дуополии (2 конкурирующие фирмы). Будем предполагать, что цена единицы выпуска зависит от предложения продукции на рынке линейно:

$$p(q_1, q_2) = a - b(q_1 + q_2) \tag{14}$$

где q_1, q_2 – объемы производства первой и второй фирмы, соответственно, $a > 0, b > 0$ – коэффициенты уравнения цены.

Будем также предполагать, что оба дуополиста производят товар с одинаковыми издержками, зависящими линейно от объема выпуска:

$$C_1 = c + dq_1, \quad C_2 = c + dq_2 \tag{15}$$

где c – постоянная составляющая издержек, не зависящая от объема производства, а d – удельная величина издержек на единицу выпускаемой продукции. Отличие моделей заключается в том, что в случае модели Курно предполагается, что игроки уверены в отсутствии какой-либо реакции со стороны конкурента на свои действия. Исходя из этого предположения, оптимальный объем производства для всех фирм-игроков будет симметричным и определяться соотношениями:

$$\begin{cases} q_1(t+1) = \frac{a-d}{2b} - \frac{q_2(t)}{2}, \\ q_2(t+1) = \frac{a-d}{2b} - \frac{q_1(t)}{2}, \\ t=0, 1, 2, \dots \end{cases} \tag{16}$$

При этом объемы выпуска фирм-конкурентов будут стремиться к, так называемой, точке равновесия Курно, в которой объемы производства обеих

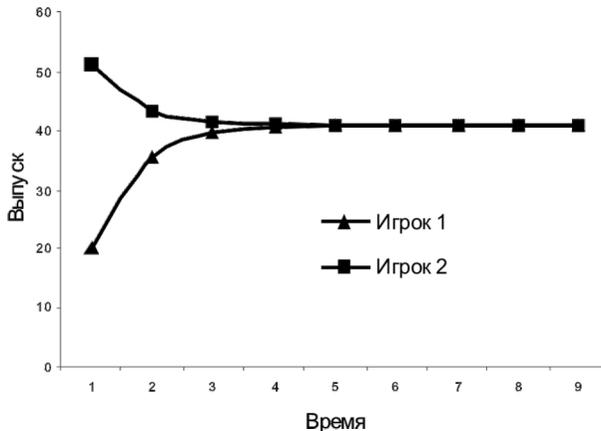


Рис. 3. Динамика выпуска продукции в дуополии Курно

Существенной особенностью модели Курно является то, что игроки не делают предположений относительно стратегий соперника: предпочтительные реакции определяются только на основании текущих, статических параметров выпуска конкурентов. Если же один или несколько соперников станут действовать исходя из предположения об использовании их конкурентами линий поведения, соответствующих модели Курно, то динамика производства в рамках олигополии резко изменится. Такая теоретико-игровая модель олигополистического рынка, предполагающая наличие информационной асимметрии, называется моделью Штакельберга, по имени ее создателя, немецкого экономиста Генриха фон Штакельберга.

В отличие от модели Курно, модель Штакельберга предполагает существование на рынке так называемой фирмы-лидера, на объем производства которой ориентируются остальные фирмы. Лидер определяет свой выпуск исходя из предположения о том, что его конкуренты действуют на рынке в соответствии с моделью Курно. В результате (на примере дуополии) уравнения наилучшего выпуска для первого и второго конкурента примут вид:

фирм равны (рис. 3):

$$q_1^* = q_2^* = \frac{a-d}{3b} \quad (17)$$

а установившаяся равновесная цена единицы продукции равна:

$$p^* = \frac{a+2d}{3} \quad (18)$$

Рыночный выигрыш фирмы (суммарный аккумулированный объем прибыли) при реализации модели Курно, таким образом, обуславливается только начальным периодом олицетворяющей конкурентной фирме, имеющей больший объем производства q_1 на момент выхода на рынок конкурента обеспечивает себе выигрыш в смысле большего объема суммарной прибыли от продаж продукта. $\left\{ \begin{array}{l} q_1 = \frac{a-d}{2b} - \frac{q_1}{2} \\ q_2 = \frac{a-d}{2b} - \frac{q_1}{2} \end{array} \right. \quad (19)$

Равновесие в модели Штакельберга устанавливается при следующих объемах производства фирмы-лидера и фирмы-последователя, соответственно:

$$q_1^* = \frac{a-d}{2b} \quad q_2^* = \frac{a-d}{4b} \quad (20)$$

Таким образом, фирма-лидер получает двукратное преимущество в объемах производства и, в предположении равновеликих параметров производственных затрат конкурентов, в суммарной прибыли.

Структура СД-модели, соответствующей рассмотренным теоретико-игровым моделям дуополий представлена на рис. 4.

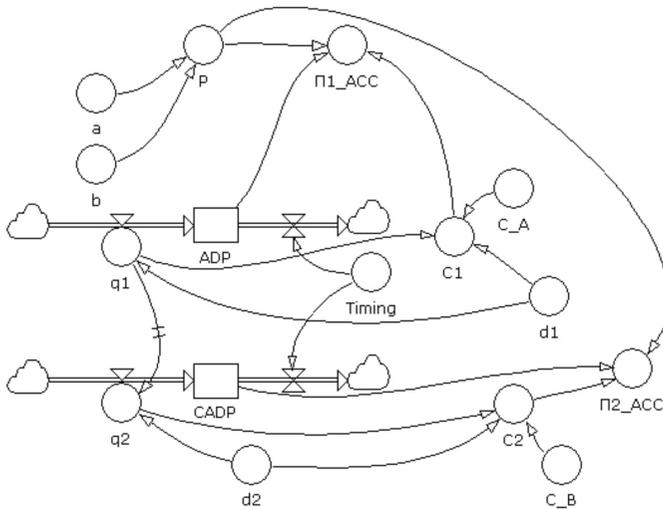


Рис. 4. Структура системно-динамической модели олигополистического конкурентного рынка

ADP – покупатели инновационного продукта;

CADP – покупатели конкурирующего продукта;

a, b – коэффициенты функции цены;

П1_ACC, П2_ACC – аккумулярированная прибыль первого и второго конкурента, соответственно;

C1, C2 – издержки производства первого и второго конкурирующего продукта, соответственно;

C_A, d1, C_B, d2 – коэффициенты функций производственных издержек;

Timing – параметр жизненного цикла продукта.

Модель ценовой конкуренции. В отличие от рассмотренных теоретико-игровых моделей конкурентного рынка, где соперничество фирм выражается в изменении объемов производства продукта, в моделях ценовой конкуренции основным инструментом целенаправленного влияния на рыночное равновесие является изменение цены, а через нее – спроса на конкурирующий продукт.

Влияние цены на спрос определяется различными моделями потребительского выбора, создаваемыми и изучаемыми в рамках такого раздела

микроэкономики, как теория потребления и спроса [16, 17]. Современные экономико-математические модели потребления и спроса направлены, прежде всего, на исследование зависимости спроса на элементы потребительской корзины от цены входящих в нее продуктов. Среди наиболее известных моделей потребительского выбора можно выделить Модель Стоуна, функции спроса Маршалла, уравнение Слуцкого [17]. Спрос на некоторый продукт определяется стремлением человека извлечь максимум полезности из своей хозяйственной деятельности. Из этого следует, что чем меньше цена единицы продукта, тем, при прочих равных выше спрос на него, и наоборот. С другой стороны, если уменьшение цены продукта по тем или иным причинам не приводит к увеличению объемов продаж, то суммарная прибыль продавца уменьшается.

Модели потребительского выбора предполагают, по меньшей мере, частичную взаимозаменяемость продуктов, входящих в потребительскую корзину. Однако это допущение нельзя считать справедливым в отношении высокотехнологичных инновационных продуктов. В этой связи при изучении ценовой конкуренции в рамках модели рыночной диффузии инновации, учитывается лишь обобщенное влияние относительной (в сравнении с конкурентами) цены продукта на его общую потребительскую привлекательность.

На рис. 5 приведена структура простой СД-модели ценовой конкуренции, в которой за счет петель обратной связи отражается баланс между ростом доходов фирмы за счет повышения цены на продукцию и за счет увеличения объемов продаж в условиях дуополистичного однопродуктового рынка [15].

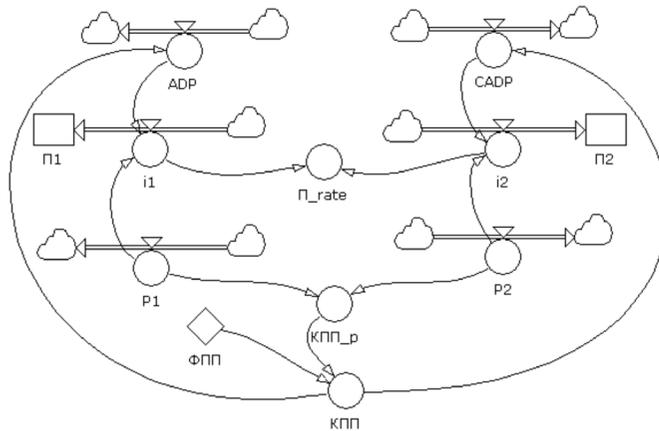


Рис. 5. СД-модель ценовой конкуренции

ADP – продажи инновационного продукта;

CADP – продажи конкурирующего продукта;

П1, П2 – прибыль первого и второго конкурента, соответственно;

P1, P2 – временная функция цены конкурирующих продуктов;

КПП – коэффициент потребительской привлекательности продукта;

КПП_p – коэффициент ценовой привлекательности продукта;

ФПП – внешние факторы привлекательности продукта;

П_rate – относительная конкурентная привлекательность продукта.

Заключение

Рыночная эффективность того или иного сценария развития маркетинговой фазы инновационного процесса сильно зависит от множества часто взаимосвязанных параметров, в частности, от соотношения абсолютных показателей цены продукта, объема имеющихся у фирмы-инноватора свободных финансовых средств, стоимости и экономической эффективности рекламы и мероприятий по контролю качества. Все эти параметры в реальных рыночных условиях обладают собственной динамикой и, в свою очередь, зависят от многих управляемых (со стороны фирмы-инноватора) и неуправляемых характеристик рыночной среды.

В данной работе предложен вариант имитационной модели диффузии инновации, в котором внешние и внутренние параметры этого процесса сами по себе являются объектами моделирования. За счет этого модель приобретает комплексный характер: ее состав инкапсулирует в себе множество

вспомогательных подмоделей, каждая из которых может иметь различный уровень сложности, полноты и точности. Такой подход обеспечивает возможность постепенного развития общей модели диффузии за счет видоизменения входящих в ее состав подмоделей. С другой стороны, комплексный состав модели позволяет при ее параметризации и верификации комбинировать подходы, основанные на экспертных оценках и статистических наблюдениях. Необходимость в таком комбинировании возникает по той причине, что, с одной стороны, нет возможности сформировать репрезентативную коллекцию наблюдений рыночных процессов, связанных с распространением инновации, в силу принципиальной новизны инновационного продукта. С другой стороны, некоторые закономерности рыночных процессов таких, как конкуренция, управление качеством и рекламой, наблюдаемые для объектов маркетинга вообще, могут быть распространены и на разряд инновационных продуктов, что дает возможность использовать при параметризации и верификации соответствующих подмоделей традиционные подходы, основанные на статистических методах.

Рассмотренная в данной работе системно-динамическая модель может служить эффективным средством информационной поддержки процессов принятия решений в сфере управления инновациями. Другой областью ее применения являются управленческие игры и симуляция рыночных процессов в обучающих целях.

Литература

1. *Форрестер, Дж.* Мировая динамика / Дж.Форрестер. - М.: Наука, 1978. –165 с.
2. *Everett M. Rogers* Diffusion of Innovations. - 5th ed., New York, NY: Free Press, 2003.- 161 p.
3. *Frank M. Bass* A new product growth model for consumer durables (Bass Diffusion Model) // *Management Science*, Vol.15, 1969.- P. 215-227.
4. *Peter M. Milling* Modeling innovation processes for decision support and management simulation // *System Dynamics Review*, Vol. 12 1996. - P. 214-234.
5. Сайт компании Powersim software.- Режим доступа: <http://www.powersim.com/>
6. *Путилов В.А., Горохов А.В.* Системная динамика регионального развития. – Мурманск: НИЦ «Пазори», 2002. - 306 с.
7. *Frank H. Maier.* New product diffusion models in innovation management – a system dynamics perspective// *System Dynamics Review*, Vol. 14 1998. - P. 285-309.
7. *Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б.* Современный экономический словарь. 5-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2007. — 495 с.

8. *Захарченко А.* Черводинамика: причины и следствия. Режим доступа: http://www.citforum.ru/security/virus/ch_dinamic/
9. *Малыгина, С.Н.* Реализация средствами системы динамического моделирования Powersim модели развития типового города Севера России / С.Н.Малыгина // Теоретические и прикладные модели информатизации региона. Сб.статей. Под ред. Путилова В.А.. - Апатиты, изд-во КНЦ РАН, 2000. - С. 53-60.
10. *Ребрин Ю.И.* Управление качеством: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. 174с.
11. *С. Britt Beemer.* Насколько эффективна моя реклама? Режим доступа: <http://www.advertology.ru/article44660.htm>
12. *Печерский С.Л., Беляева А.А.* Теория игр для экономистов. Вводный курс. 236 с. Режим доступа: http://cybernetica.narod.ru/GOS/game_theory.rar
13. *Попков Ю.С.* Макросистемные модели пространственной экономики. М.: КомКнига, 2008. – 240 с.
14. *Шебеко Ю.А.* Имитационное моделирование и ситуационный анализ бизнес-процессов принятия управленческих решений. Учебное и практическое пособие. –М.: «Тора-Инфоцентр», 1999. 205 с.: ил.
15. *Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А.* Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996
16. *Аганова Т.А., Серегин С.Ф.* Макроэкономика: Учебник. Изд-во «Дело и сервис», 2000