

ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИФФУЗИИ ИННОВАЦИЙ

Резюме. Рассматриваются системные и пространственные закономерности диффузии инноваций (ДИ), вертикальный и горизонтальный методы их продвижения. Представлено несколько подходов к моделированию ДИ: эпидемический, частичного равновесия, стратегического поведения, конкуренции технологий и удовлетворительного поведения. Подробно описаны наиболее известные модели, разработанные американскими и европейскими учеными – Эвереттом Роджерсом, Фрэнком Бассом, Джеффри Муром, Эдом Мэнсфилдом, Торстеном Хегерстрандом. Приведены математические функции и графики, которые отражают фазы внедрения новых продуктов.

Ключевые слова: диффузия инноваций, жизненный цикл инноваций, категории потребителей, продажи.



Станислав Барановский,

завкафедрой экономической теории и маркетинга инженерно-экономического факультета Белорусского государственного технологического университета, доктор экономических наук, профессор



Алла Пузыревская,

старший преподаватель кафедры экономической теории и маркетинга инженерно-экономического факультета БГТУ; alla_p@tut.by

Теоретические исследования диффузии инноваций ведутся в двух направлениях: изучение ее механизма как системной закономерности и пространственное распространение на всех стадиях жизненного цикла. Рассматриваются два метода развития – вертикальный и горизонтальный. В составе первого Дж. Ван Дайн выделил четыре фазы [11]: *внедрение* – выбор потенциальных нововведений затруднен недостатком информации о потребительском спросе; *рост* – характер спроса в основном определен, поэтому объем выпуска и сбыта инновационной продукции увеличивается;

зрелость – темп роста снижается, обостряется конкуренция, новшества сводятся к отдельным улучшениям; *упадок* – объем продаж снижается. Горизонтальный метод описывается схемой, разработанной С. Девисом, Э. Менсфилдом, А. Ромео, согласно которой темп прироста числа фирм, использующих инновацию, прямо пропорционален доле фирм, пока еще не потребляющих ее в общем числе потенциальных потребителей [5].

По аналогии с представленными выше методами продвижения инновации можно определить и две диффузии как составляющие инновационного процесса: горизонтальная – не вызывает роста эко-

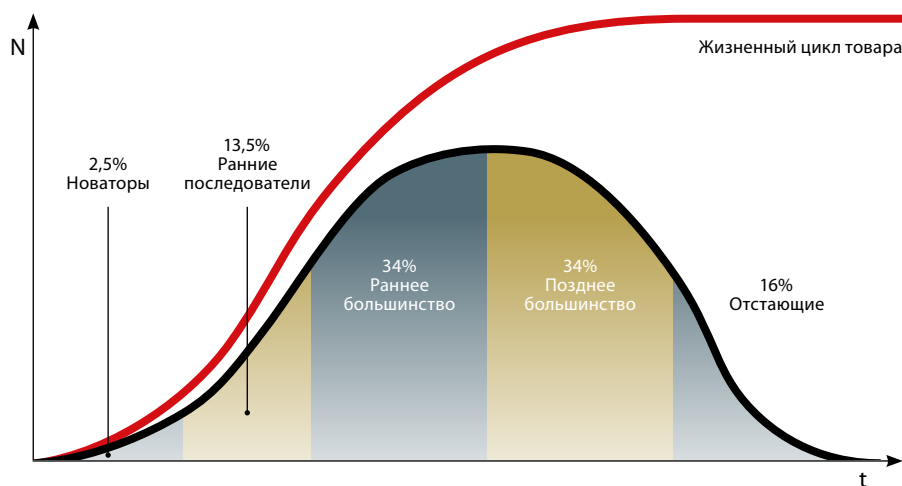


Рис. 1. Этапы принятия инновационного продукта по Э. Роджерсу:
t – время, N – количество людей, принявших инновацию

номического результата, но способствует увеличению массива знаний, расширению информационного потока, распространению новшества; вертикальная – обеспечивает доход за счет внутренних возможностей организации, способности реагировать на изменения в технологиях, технике, маркетинге и менеджменте.

В современной науке рассматривается несколько подходов к моделированию ДИ [3]:

- **Эпидемический.** Изначально диффузию рассматривали, сравнивая ее с распространением эпидемии, недуга, когда принятие

новых технологий вызывает необходимость контакта с теми, кто уже ими пользуется, то есть «инфицирован». Причина является в некотором роде внешней для принимающего и действует в основном на его окружение.

- **Частичное равновесие.** В соответствии с критериями экономической эффективности, предприятие приобретает новинку либо сейчас, либо позднее, когда цена станет приемлемой. Этот подход может быть назван равновесным, поскольку предполагает совершенную конкуренцию, наличие во внешней среде пол-

ной информации о технологиях и механизмах деятельности (управления) предприятий.

- **Стратегическое поведение.** В этой модели подчеркивается взаимозависимость всего процесса адаптации инновации.
- **Конкуренция технологий.** Предприятие под влиянием рыночных трендов испытывает конкурентное давление или страх того, что непринятие инновации приведет к утрате конкурентных преимуществ. То есть встает дилемма: принять традиционную технологию, что удобнее (можно использовать освоенные и доступные знания и навыки), или пойти на риск и выбрать новую.
- **Удовлетворительное поведение.** Решения относительно нововведений принимаются в соответствии с инерцией предшествующего опыта и знаний. В этом случае устоявшиеся технологии доминируют, даже если перестают соответствовать рыночным тенденциям.

Наиболее известны экономические модели ДИ Эверетта Роджерса, Фрэнка Басса, Джеффри Мура, Эда Мэнсфилда, Торстена Хегерстранда и др. [2].

Американский социолог Э. Роджерс предложил модель процесса вовлечения потребителя в принятие инновации, которая включает следующие этапы: узнавание, интерес, оценка, апробация, признание. Графически эта теория имеет вид стандартной колоколообразной кривой (кривой нормального распределения), разделенной на пять частей по классу потребителей на каждом этапе (рис. 1) [8, 9].

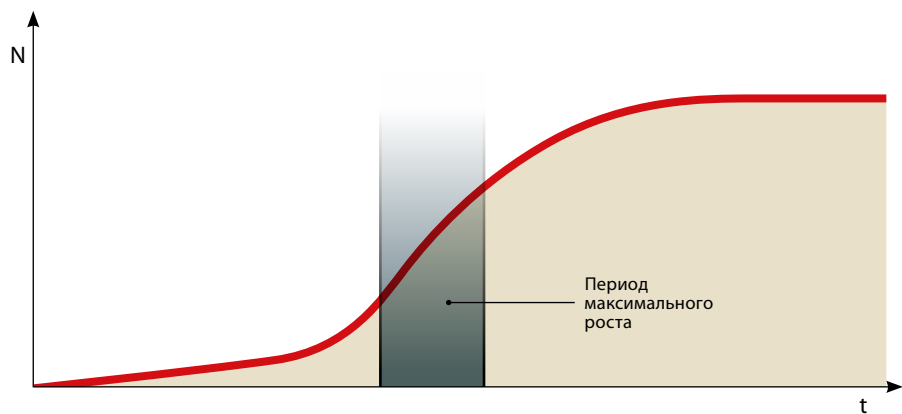


Рис. 2. S-образная кривая социальных процессов

Роджерс использовал кривую, предложенную в 1903 г. Габриэлем Тардом [10]. Математическая интерпретация схемы имеет следующий вид:

$$N_t - N_{t-1} = k \times N_{t-1} \times M - N_{t-1}, \quad (1)$$

где N_t – количество людей, принявших инновацию к моменту времени t , M – максимальное количество потенциальных потребителей, $M - N_{t-1}$ – число людей, которых можно привлечь.

Графически функция имеет вид S-образной кривой (рис. 2) и отражает три фазы внедрения новых продуктов: привлечение первых потребителей (медленный рост), резкий рост, насыщение (замедление роста). Движущей силой процесса диффузии является межличностное общение реальных и планируемых потребителей. Каждый новый клиент становится источником информации о продукте для потенциального следующего: чем их больше, тем выше вероятность приобретения инновации. По мере снижения количества неосведомленных потребителей процесс постепенно сменяется противоположной тенденцией. Гомогенность сообщества, как и «сословность», может отрицательно сказываться на скорости диффузии, создавая барьеры по передаче информации.

Фрэнк Басс на основе эпидемиологического подхода и теории Роджерса разработал математическую модель распространения новых продуктов [4]. Он предположил, что вероятность приобретения новинки является линейной функцией по отношению к числу прежних покупателей, и построил систему функций, описывающих динамику

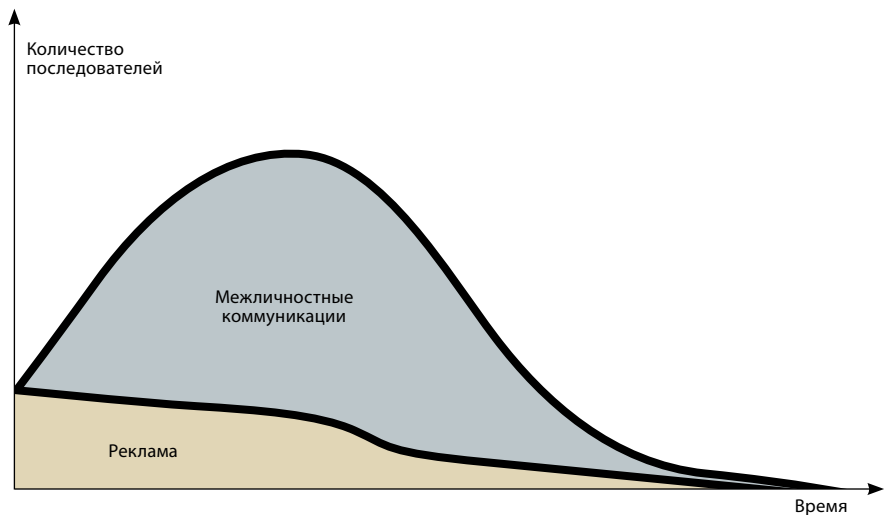


Рис. 3. Основная идея диффузии Ф. Басса

продаж во времени. Суть заключается в том, что рост количества потребителей инновационного товара на начальном этапе его жизненного цикла зависит от рекламы, а затем по принципу усиливающейся обратной связи количество пользователей продукта увеличивает поток новых потребителей за счет эффекта межличностной коммуникации (рис. 3).

Басс выделил всего две категории потребителей – новаторов и имитаторов (последователей). Первые «пробуют» новый продукт, узнав о нем из разных сообщений. Вторые получают информацию от новаторов, прислушиваются к их мнению, действие рекламы при этом значительно снижается.

Математически диффузия инноваций по Бассу имеет следующий вид:

$$n_t = (p + q \frac{N_t}{M}) \times (M - N_t), \quad (2)$$

где n_t – количество принявших инновацию в момент времени t ; M – потенциал рынка (совокупность покупателей, которые проявляют интерес к определенному товару

или услуге); N_t – суммарное число принявших инновацию в момент времени t ; p – коэффициент внешнего влияния; q – коэффициент внутреннего влияния.

Басс доказал, что его теория почти универсальна, то есть переменная решения может переместить кривую графика во времени, но ее форма всегда будет подобной. Эта модель, как и теория Роджерса, не является исчерпывающей, но логически и интуитивно понятна, хорошо проработана математически, позволяет формировать конкретные рекомендации. Именно она успешно апробирована в строительной отрасли Республики Беларусь.

Джеффри Мур в книге «Преодоление пропасти» сформулировал феномен пропасти – разрыва в принятии и распространении нового продукта на рынке и между смежными психографическими группами покупателей. Он также предложил ряд приемов и методов по его преодолению [1].

Развивая теорию Мура, Я. Голденберг, Б. Либай и И. Мюллер разработали программу по оптимизации спада в продажах на начальном

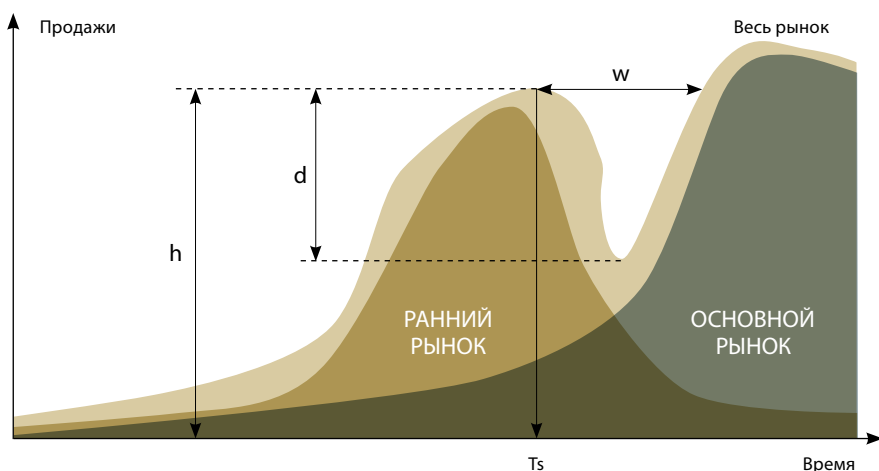


Рис. 4. Модель двойного рынка: T_s — время начала спада, w — продолжительность спада, h — максимальный объем продаж перед началом спада, d — максимальное снижение продаж в период спада

этапе диффузии [6]. Они провели исследование по 62 инновациям в производстве бытовой электроники и установили, что в интервале от 30 до 50% случаев распространения новинки на определенной стадии ее жизненного цикла происходит резкий спад в продажах (примерно 10–20% от первоначального пика). Однако спустя некоторое время (от 2 до 5 лет) вновь наблюдается рост, в итоге значительно превышающий начальный пик. Подтвердилась теория двойного рын-

ка, согласно которой существует два независимых сегмента — ранний рынок (новаторы) и основной (большинство), на промежуточном отрезке показывающие снижение в продажах (рис. 4).

На рис. 4 пунктирными линиями отражены продажи среди новаторов и большинства, кривая общих продаж иллюстрирует снижение продаж при переходе к основному рынку. «Пропась» (или «седло») — спад продаж, который начинается в момент времени T_s и длится пе-

риод w . Помимо показателей T_s и w , авторы исследуют показатель глубины спада D как отношение величины падения продаж d к объему продаж h перед началом спада, в момент времени T_s .

С помощью модели двойного рынка, с уточнением влияния реальных условий, предприятия могут оптимизировать размер и продолжительность спада, размещая свои ресурсы и выбирая маркетинговые стратегии, основанные на прогнозируемых параметрах.

Модель Эда Мэнсфилда (1968) — это теоретическое обоснование эмпирически полученной S-образной кривой распространения нововведений, являющееся дополнением и продолжением названных выше эпидемических моделей. Главной проблемой диффузии новых технологий признается не отсутствие информации о них как таковой, а неполное описание и недостаток данных об эффективности применения. Именно это препятствует их внедрению фирмами, не склонными к риску. В построенной Мэнсфилдом схеме с течением времени (по мере обучения, приобретения опыта) неопределенность уменьшается.

Мэнсфилд использовал кривую Перла, которая описывается формулой:

$$y_t = \frac{L}{1 + ae^{-(k+bt)}}, \quad (3)$$

где y_t — величина переменной во временной точке t ; t — фактор времени; a , k , b — числовые параметры (константы); L — верхний предел переменной y ; e — число, основание натурального логарифма. В итоге была построена S-образная горизонтальная кривая с положительным наклоном, которая демонстрирует путь ДИ: мед-

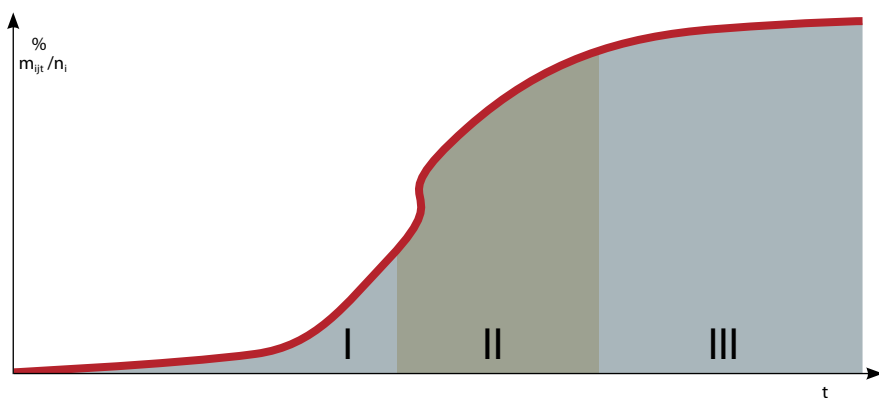


Рис. 5. Кривая горизонтальной диффузии по Мэнсфилду: m_{jt} — количество предприятий в отрасли «i», внедривших новацию «j» за промежуток времени t ; n_i — максимальное количество предприятий в отрасли «i»

ленное увеличение количества последователей в начальном периоде (I), дальнейшее ускорение прихода на рынок имитаторов (II) и постепенное замедление процесса принятия новшества (III) (рис. 5).

На стартовом этапе развертывание конкретной (требующей больших вложений) инновации может быть по силам только немногим крупным компаниям. На определенной стадии внедрения ее стоимость сокращается, и к использованию и распространению новшества уже могут подключиться менее крупные и даже небольшие фирмы. Темп ДИ положительно коррелирует с показателями средней рентабельности проектов и отрицательно – с размером необходимых инвестиций.

Используя ряд математических операций и приближений, Мэнсфилд получил уравнение так называемой логистической кривой, то есть симметричной S-образной кривой, широко используемой для описания развития эпидемических процессов в разных областях. Это уравнение имеет вид:

$$\frac{m_{ij}(t)}{n_{ij}} = \frac{1}{1 + \exp(-(a_{ij} + \beta_{ij} \times t))}, \quad (4)$$

где a_{ij} – константа интегрирования; β – скорость распространения нововведения, которая линейно зависит от всех переменных, за исключением $m_{ij}(t)/n_{ij}$.

Всем эпидемическим моделям ДИ присущи сходные недостатки. Все они неравновесные: их рамки заданы существованием конечного уровня использования новой технологии, и построение пути ее продвижения есть не что иное, как неравновесное приближение к этой конечной точке. Кроме того, потен-

циальные пользователи новых технологий выступают в качестве пассивных реципиентов информации, в то время как более реалистично предположение о том, что они сами ведут ее поиск в соответствии с неким обоснованным алгоритмом, и эти издержки следует учитывать.

В пространственной модели ДИ по Т. Хегерстранду скорость и направления проникновения инновации имеют вид волны и определяются расстоянием от центра зарождения и внутренними характеристиками региона, в частности его потенциалом и «пропускной способностью» каналов передачи – наличием и качеством соответствующей инфраструктуры и институтов [7]. Выделяется четыре стадии диффузии. Первая – начало процесса, резкий контраст между центрами и периферией: количество акцепторов новой технологии в центре достигает 70%, на периферии – 20%, на периферии – около 10%. Вторая – быстрое распространение новшества, образование новых активно развивающихся центров и целых ареалов в отдаленных районах. Третья – одинаковое расширение на всем пространстве (накопление). Четвертая – общий, но медленный, асимптотический подъем до максимума, возможного при существующих условиях (насыщение). Количество потребителей выравнивается в центре и на периферии. Для разных территорий график будет иметь свою форму и потенциальный максимум. Подобные закономерности, построенные на примере локального сообщества, не всегда применимы на региональном уровне.

Таким образом, существует несколько подходов к ДИ, на основа-

нии которых разработаны конкретные модели, отличающиеся между собой как методами развития диффузии, так и способами распространения, участниками, скоростью, целью и точностью построения. Представленные в настоящей публикации идеи и схемы Эверетта Роджерса, Фрэнка Басса, Джеффри Мура, Эда Мэнсфилда, Торстена Хегерстранда, хотя и отличаются между собой целями и точностью построения, частично взаимосвязаны, что позволяет пользоваться их принципами при создании собственной модели диффузии инноваций. ■

Статья поступила в редакцию 16.05.2018 г.

SUMMARY

The article considers the system and spatial patterns of innovations diffusion, the vertical and horizontal methods of their promotion. There have been presented several approaches to their modeling and the most famous models developed by American and European scientists have been described in detail.

Keywords: diffusion of innovations, life cycle of innovations, categories of consumers, sales.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Джеффри М. А. Преодоление пропасти: маркетинг и продажи хайтек-продуктов массовому потребителю. – М., 2006.
2. Жизненный цикл товара: теория и практика. Семинары круглого стола. – Высшая школа экономики, 2004. <http://globalmedia51.ru/old/50goodslife.pdf>
3. Староверов О. В. Отдельные модели экономической социологии. – М., 2006.
4. Bass F. M. A New Product Growth Model For Consumer Durables // Management Science. 1969. Vol. 15, N5. P. 215–227.
5. Deves S., Mensfeld E., Romeo A. The models of Diffusions of Technical Innovation. – New York, 1983.
6. Goldenberg J., Libai B., Muller E. Riding the saddle: How cross-market communications can create a major slump in sales // Marketing. 2002. N66 (2). P. 1–16.
7. Hagerstrand T. Diffusion of Innovation as The Areal Process. – New York, 1954.
8. Rogers E. M. Diffusion of Innovations. 4th ed. – New York, 1995.
9. Rogers E. M. New Product adoption and diffusion // Journal of Consumer Research. 1976. N3. P. 290–301.
10. Tarde G. The Laws of Imitation. Henry Holt and Company. – New York, 1903.
11. Van Duijn J. The Long Wave in Economic Life. – New York, 1976.

SEE <http://innosfera.by/2018/10/modeling>