

в достижении целей устойчивого экономического развития влияют на конкурентные позиции регионов, требуют смены управленческой парадигмы. Соответственно, необходимо постоянно совершенствовать методические решения по повышению качества интеллектуальных ресурсов, по их активному привлечению в национальную экономику с учетом концепции «умной специализации».

■ **Summary.** The role and influence of intellectual factors on innovative development is considered. The methodological approach to assessing the qualitative composition of intellectual resources in the context of regions is determined. The analysis of the distribution and qualitative composition of intellectual resources in the regions of the Republic of Belarus.

■ **Keywords:** region, intellectual resources, sustainable development, ONN purposes, Global Innovation Index.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2019-8-34-38>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интеллектуальные ресурсы как фактор инновационного развития // <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-resursy-kak-faktor-innovatsionnogo-razvitiya>.
2. Сайбонова Л. Н. Интеллектуальный потенциал региона в условиях информационной интеграции // <https://statecon.rea.ru/jour/article/viewFile/562/544>.
3. Земцов С., Барнинова В. Смена парадигмы региональной инновационной политики в России: от выравнивания к «умной специализации» // Вопросы экономики. 2016. №10. С. 65–81.
4. Колин К. К. Интеллектуальный потенциал общества в стратегии глобальной безопасности // <http://sec.chgik.ru/intellektualnyj-potentsial-obshhestva-v-strategii-globalnoy-bezopasnosti/>.
5. Национальный отчет о человеческом развитии в Республике Беларусь: конкурентные преимущества регионов Беларуси // https://www.by.undp.org/content/dam/belarus/docs/NHDR_Rus.pdf.
6. Global Innovation Index 2018 // https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2018.pdf.
7. Global Innovation Index: место России в мире инноваций // <https://vc.ru/flood/44152-global-innovation-index-mesto-rossii-v-mire-innovaciy>.
8. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development // <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld;Цель9ЦУРООН> // <https://theworldonly.org/sustainable-development-goal-09/>.
9. Фатеев В. С. Современная региональная политика в Беларуси: смена парадигмы или очередной этап некоторой активизации? // http://rep.vstu.by/bitstream/handle/123456789/7147/MoSoc-ek_razv_org_i_reg_Bel15_49-54.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Статья поступила в редакцию 14.05.2019 г.

SEE http://innosfera.by/2019/08/intellectual_resources

Имитационное моделирование диффузии инновационного продукта



Станислав Барановский,

завкафедрой экономической теории и маркетинга инженерно-экономического факультета БГТУ, доктор экономических наук; профессор; etim@belstu.by



Алла Пузыревская,

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

Аннотация. Проанализирована математическая модель диффузии инноваций Ф. Басса, разработанная им на основе эпидемиологической модели Э. Роджерса. На примере тротуарных плит ОАО «Минскжелезобетон» описана методика имитационного моделирования расширения продаж продукта в динамике. Показано, что она позволяет предприятию прогнозировать диффузию ассортимента при внешних изменениях, планировать рекламный бюджет и цены, а также определять, когда выгодно выпускать на рынок новый товар.

Ключевые слова: диффузия инноваций, модель Ф. Басса, имитационное моделирование, механизм диффузии, покупатель, потребитель.

Для цитирования: Барановский С., Пузыревская А. Имитационное моделирование диффузии инновационного продукта // Наука и инновации. 2019. №8. С.38–42. <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2019-8-38-42>

Инновационный процесс – основа экономического развития предприятий и стран. Он представляет собой подготовку и осуществление инновационных изменений и складывается из взаимосвязанных фаз, образующих единое, комплексное целое. В результате появляется реализованное изменение – инновация [1].

Ключевая роль в распространении и укоренении новшеств в обществе принадлежит механизмам их диффузии, то есть взаимодействия государственного и административного аппарата, законодательства, системы образования, воспитания, медицинского обеспечения, производства (предприятий), армии, среды проживания, миграции, коммерции, пропаганды, спорта, выставок, ассоциаций, обществ и т.п.

Пути проникновения нововведений делятся на межличностные (передача новостей от человека к человеку непосредственно) и опосредованные (с помощью новых объектов, знаковых и технических средств передачи информации и т.д.). Посредством диффузии в обществе распространяются следующие основные типы инноваций: технологии; культурные, ментальные, религиозные, идеологические ценности; формы социальной организации [2, 3]. Этой теме посвящены исследования Э. Роджерса, Ф. Басса, Й. Шумпетера, Э. Мэнсфилда, В. Д. Хартмана, Н. Мончева и др. [4] Их объединяет ключевая идея: диффузия инноваций – это распространение уже освоенного и функционирующего продукта в новые места и условия в течение времени.

В 1969 г. Ф. Басс опубликовал разработанную им на основе эпидемических моделей и теории диффузии инноваций Э. Роджерса математическую модель [5]. Ее суть заключается в том, что рост количества потребителей новшества объясняется двумя эффектами: рекламой и межличностной коммуникацией. На начальном этапе жизненного цикла продукта важна реклама (пока никто не знает о продукте, не может возникнуть мысль о его покупке).

По мере роста количества потребителей (проинформированных и заинтересованных) роль рекламы снижается, но возрастает эффект человеческого общения. Модель хорошо иллюстрирует принципы усиливающейся обратной связи: количество потребителей товара увеличивает приток новых пользователей.

Ф. Басс предположил, что вероятность совершения покупки нового продукта – это линейная функция от числа прежних покупателей (как и в большинстве моделей). Чем больше доля людей, использующих инновацию, тем сложнее человеку избежать взаимодействия с ней и тем выше вероятность, что он также станет ее потребителем. Эта вероятность описана зависимостью:

$$P(t) = p + q/F(t), \quad (1)$$

где p – коэффициент инновации, выражающий собой эффект рекламы при предположении, что новаторы узнают о новой продукции из СМИ, либо случайно; q – коэффициент имитации, выражающий эффект «из уст в уста», или возможность потребителя узнать об инновации от людей, ее приобретших; $F(t)$ – доля состоявшихся потребителей к моменту времени t .

Рассчитав производную, получим функцию плотности вероятности (вероятности появления нового потребителя во времени):

$$f(t) = dF(t)/dt = [p + \frac{q}{F(t)}] \times [\bar{F} - F(t)], \quad (2)$$

где $f(t)$ – количество новых потребителей в момент t , $F(t)$ – количество приобретших инновацию к моменту t , \bar{F} – максимальное потенциальное количество потребителей.

Коэффициенты p и q фактически показывают соотношение новаторов и имитаторов в сообществе (первые «пробуют» новый продукт, узнав о нем из разных сообщений; вторые получают информацию от новаторов, прислушиваются к их мнению), причем p напрямую указывает на долю новаторов на начальном этапе диффузии, которая постепенно снижается, но при этом растет процент имитаторов, зависящий от числа потенциальных покупателей. Если $p > 0$ и $q = 0$, графиком будет экспоненциальная функция; если $p = 0$ и $q > 0$ – классическая логистическая кривая. В. Махаян первый сценарий называет моделью внешнего влияния, второй – моделью внутреннего влияния, а общую модель – смешанной. Для реализации описанных схем необходимо, чтобы на ранних стадиях внедрения нового товара на рынке образовалась некая критическая масса потребителей.

Параметр $p + q$ влияет на масштаб инновации, q/p – на форму ($q > p$) кривой. Соотношение q/p (имитаторы/новаторы) отрицательно связано с индивидуализмом, но положительно – с уровнем доходов и коэффициентом Джини (статистический показатель степени расслоения общества в стране). Существует утверждение, что новый продукт наиболее полно осваивается в тот момент, когда его цена перестает быть барьером для конкретного индивидуума.

Модель Басса, 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 [6].

Усовершенствовать ее предполагается за счет раскрытия используемых в ней обобщенных параметров, таких как коэффициент принятия решения о приобретении инновации, число потенциальных покупателей, количество контактов и др. При этом могут привлекаться показатели, полученные в иных моделях, а также известные из статистических исследований (индекс развития человеческого потенциала, плотность различных путей сообщения, объемы грузо- и пассажиропотоков и др.).

Симуляция модели диффузии инноваций

Проведем динамичное имитационное моделирование диффузии инновационного продукта на примере тротуарных плит ОАО «Минскжелезобетон». Воспользуемся прикладным программным инструментом AnyLogic, позволяющим применить принципы

и понятия Басса: воздействие рекламы, межличностные контакты, новаторы, имитаторы.

Входные расчетные данные:

- максимальное число потребителей на рынке: 5000;
- время исследования модели: 10 лет;
- количество контактов в год у одного потребителя: 40;
- коэффициент эффективности рекламы: 0,012;
- коэффициент убеждения владельцем продукта: 0,015.

Для сравнения прогнозов также понадобится информация о количестве заказов и потребителей исследуемой тротуарной плитки – 2285 в год.

Разработанная нами схема диффузии инноваций продемонстрирована на рис. 1. Уточним, что в начале построения модели эффективность рекламы и сила межличностного общения представлены определенной константой, а рекламный бюджет не изменяется во времени. Под

воздействием рекламы и межличностного общения 5 тыс. потенциальных потребителей плавно (как указывают стрелки) перетекают в потенциальных покупателей (Potential Adopters), а затем частично – в конечное число потребителей (Adopters). Время исследования модели – 10 лет. Предположим, что клиент в среднем контактирует за год с 40 людьми (количество контактов), которые могут стать потенциальными покупателями и в итоге – потребителями.

На основании указанных данных можно сделать вывод о том, что симуляция модели приводит к переходу потенциальных потребителей в потребителей под влиянием рекламы (AdoptionFromAd) и устного общения (AdoptionFromWOM).

$AdoptionFromAd = \text{Эффективность рекламы} \times \text{Потенциальные покупатели};$

$AdoptionFromWOM = \text{Количество контрактов} \times \text{Сила убеждения} \times \text{Потенциальные покупатели} / \text{Общее число потребителей}.$

Таким образом, за 10 лет при условии, что все покупатели тротуарных плит будут приобретать их только у ОАО «Минскжелезобетон», на тротуарные плиты поступит 4494 заказа как от новых потребителей, так и через повторные договоры (их доли точно определить с помощью модели нельзя). Можно получить данные как в целом за период (10 лет), так и по годам. Анализ с перебором разных значений входных параметров показал, что с третьего года число привлекаемых под влиянием рекламы потребителей начинает снижаться быстрым темпом, независимо от состояния рынка. Это свидетельствует об эффективности



Рис. 1. Симуляция модели диффузии инноваций

Источник: авторские расчеты с использованием программы AnyLogic

рекламы только в первые три года, затем покупатель опирается либо на личные коммуникации, либо на собственный опыт.

Представленная модель пока имеет идеальный вид и требует дополнения факторами, которые позволят использовать ее для прогноза продаж в реальных рыночных условиях. Применив функции языка Java-программирования, добавим в нее параметры учета жизненного цикла инновации, сезонности спроса, что актуально для стройматериалов. Также учтем, что рекламные расходы не постоянны во времени – в первые месяцы продаж нового товара и в периоды оживления строительных работ реклама более активна, поэтому внесем расходы на нее по месяцам. Кроме того, определяя возможное количество покупателей, будем опираться на фактические данные продаж тротуарных плит в предыдущие периоды.

Имитационная модель диффузии тротуарных плит

Рассчитаем прогнозную модель распространения инноваций во времени на основе теории Фрэнка Басса с помощью программы Marketing Engineering, которая позволяет использовать функцию Bass Forecasting (модель прогнозирования Ф. Басса). Входные параметры представлены в *табл. 1*.

Определим, как будет изменяться цена: условно зададим ежегодное увеличение на 5% в течение 10 лет. Повышение рекламного бюджета заложим также 5%, учитывая, что эффективнее проводить рекламу только первые три года. Данные о заказах, уровне цен на плиты и затраты на рекламу за три отчетных года,

Параметр	Значение	Пояснение
Возможное количество клиентов (Total Market Potential)	3 000	Количество возможных потребителей до начала выпуска инновации. Значение 3 000 выделено на основе данных предприятия о фактических продажах за три года.
Уровень роста рынка (Market Growth Rate)	1%	Предполагаемый процент роста рынка с каждым новым периодом. Значение 1% определено из анализа строительной отрасли, которая в стране развивается замедленно.
Эластичность рыночной цены (Market Price Elasticity)	0%	Процент увеличения рыночного потенциала при снижении цены на 1%. Значение «ноль» вводится, потому что цены снижаться не будут.
Коэффициент рекламной компании (Advertising Coefficient)	0,40%	Процент увеличения скорости проникновения на рынок при увеличении рекламного бюджета на 1%. Значение выбираем низкое: то есть эффект от рекламы есть, но в нашем случае не может быть выше.
Ценовой коэффициент (Price Coefficient)	1,20%	Процент увеличения скорости проникновения на рынок при снижении цены на 1%. Указываем 1,20% из-за временных акций на товары.

Таблица 1. Входные параметры модели диффузии инноваций

Период	Потребители (физические или юридические лица)	Потребители нарастающим итогом (физические или юридические лица)	Коэффициент роста цен по отношению к начальному периоду	Коэффициент роста рекламных затрат по отношению к начальному периоду
1-й	912	912	1	1
2-й	870	1782	1,05	1,05
3-й	503	2285	1,10	1,10

Таблица 2. Входные данные о заказах, уровне цен и затрат на рекламу за 3 отчетных периода (года)

Ситуация. Параметры	Прогноз общего количества потребителей за 10 лет
Диффузия по реальным значениям уровня роста цен и затрат на рекламу	
Уровень роста: рынка – 1%, цен – 5% в год, затрат на рекламу – 5% в год	3278
Уровень роста: рынка – 3%, цен – 5% в год, затрат на рекламу – 5% в год	3872
Альтернативные варианты диффузии	
Уровень роста: рынка – 1%, цен – 0% в год, затрат на рекламу – 10% в год	3260
Уровень роста: рынка – 1%, цен – 10% в год, затрат на рекламу – 5% в год	3284
Уровень роста: рынка – 1%, цен – 10% в год, затрат на рекламу – 10% в год	3283
Уровень роста: рынка – 1%, цен – 10% в год, затрат на рекламу – 0% в год	3277
Варианты выхода на рынок при растущем рынке	
Уровень роста: рынка – 3%, цен – 10% в год, затрат на рекламу – 0% в год	3915
Уровень роста: рынка – 3%, цен – 10% в год, затрат на рекламу – 10% в год	3925

Таблица 3. Прогнозная модель диффузии инновации при разных входных параметрах

предшествующие периоду прогноза, сведены в *табл. 2*.

Определить наиболее выгодный способ диффузии инноваций поможет *табл. 3*, в которой представлены рассчитанные прогнозы для всех ситуаций по конечному результату 10-го периода (года).

При этом отметим еще раз, что расходы на рекламу предполагаются в первые 3 периода, а рост цен – равномерный на протяжении всех 10 лет. Коэффициент детерминации 0,93 позволяет сделать вывод, что модель является достоверной.

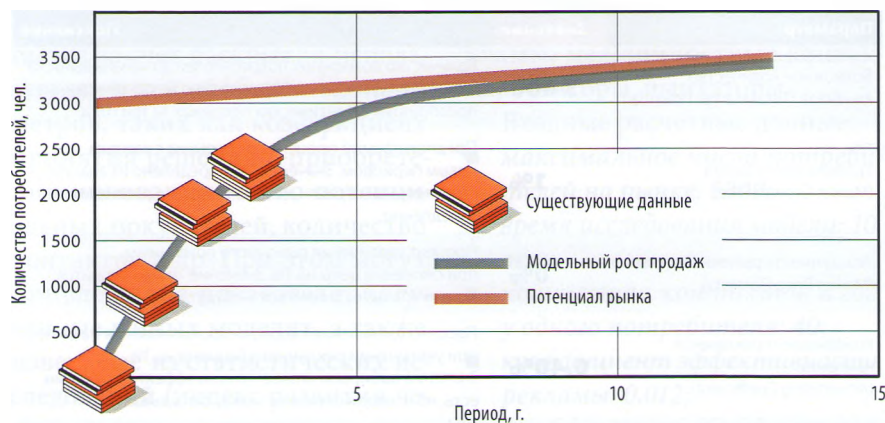


Рис. 2. График диффузии тротуарных плит. Источник: авторские расчеты с использованием программы AnyLogic

Сравнение показывает, что самые высокие значения (3872, 3915, 3925) можно получить только при темпе роста рынка 3%. Надо учитывать, что развитие рынка зависит не от предприятия, а исключительно от экономики страны, регулирующих строительную отрасль органов, а также других явлений, влекущих изменение спроса на тротуарные плиты. При его росте наилучший вариант показывают повышение цены на 10% с каждым годом и умеренные затраты на рекламу, которые можно выделить из модели диффузии инноваций в программе AnyLogic, они составляют 54 тыс. руб. за три года, или 1,5 тыс. руб. ежемесячно. Данная цифра определена из оптимизации рекламной стратегии. Позже целесообразно продолжать рекламировать плиты только как дополнение к другой продукции.

При существующем росте рынка (1%) максимально выгодны для предприятия значения 3284, 3283 и прогнозные – 3278. Лучший финансовый результат даст повышение цен на 10% в год и затрат на рекламу на 5% первые три года (3284), так как при таких условиях предприятие меньше потратит и получит большую прибыль. Вариант с повышением цен и затрат

на рекламу на 10% каждый год может быть выгоден, если к определенному моменту времени, например к пятому году, нужно максимально пополнить клиентскую базу.

Используя модель диффузии, можно выделить период времени, когда выгодно выводить на рынок новый вид тротуарных плит. Наглядно процесс диффузии представлен на рис. 2: высокий темп длится примерно 5–6 лет, при приближении к отметке

3000 – замедляется. После 5-го периода прирост потребителей замедляется; увеличить их количество можно путем изменения затрат на рекламу, цены, а также ситуации в отрасли. Не позднее 6-го периода предприятию рекомендуется выводить новые тротуарные плиты на рынок.

С одной стороны, обновление ассортимента раз в 5 лет может выглядеть слишком редким, но в этом случае не будут перекрыты высокие уровни продаж уже хорошо зарекомендовавших себя старых коллекций плит, что выгодно в финансовом плане.

Таким образом, инновационное моделирование позволяет предприятию прогнозировать диффузию своего товара в динамике при изменениях во внешней среде, на основе полученных данных планировать рекламный бюджет и цены, а также определить, когда выгодно выпускать на рынок новую или обновленную продукцию. ■

■ Analyzed the mathematical model of diffusion of innovation of F. Bass, he developed on the basis of the epidemiological model of E. Rogers. Using the example of paving slabs of Minskzhelezobeton, JSC, a simulation technique was described (using the AnyLogic program) to expand the sales of a product over time. It is shown that it allows the enterprise to predict the diffusion of the product range in dynamics, plan the advertising budget and prices, as well as determine when it is profitable to release a new product to the market.

■ **Keywords:** diffusion of innovations, model of F. Bass, simulation modeling, diffusion mechanism, customer, consumer.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2019-8-38-42>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инновационный менеджмент. Многоуровневые концепции, стратегии и механизмы инновационного развития / под ред. В. М. Аньшина, А. А. Дагаева. – М., 2006.
2. Montanari A., Saberi A. The spread of innovations in social networks // Proceedings of the National Academy of Science (PNAS). 2010. N107 (47). P. 20196–20201.
3. Староверов О. В. Отдельные модели экономической социологии. – М., 2006.
4. Забродская К. А., Ткалич Т. А. Моделирование диффузии инноваций с учетом факторов рыночного спроса // Вестник Белорусского государственного экономического университета. 2009. №6. С. 51–58.
5. Bass F. M. A New Product Growth Model For Consumer Durables // Management Science. 1969. Vol. 15. P. 215–227.
6. Барановский С., Пузыревская А. Теория моделирования диффузии инноваций // Наука и инновации. 2018. №10. С. 31–35.

Статья поступила в редакцию 16.05.2018 г.

SEE http://innosfera.ru/2019/08/imitation_modeling