

Литература и электронные публикации в Интернете

1. *Machlup, F.* Knowledge and Knowledge Production Series: Knowledge, Its Creation, Distribution, and Economics Significance / F. Machlup. — Princeton: Princeton University Press, 1980. — Vol. 1.
2. *Макаров, В.Л.* Обзор математических моделей экономики с инновациями / В.Л. Макаров // Экономика и математ. методы. — 2009. — Т. 45. — № 1. — С. 3–14.
3. *Макаров, В.Л.* CGE модель экономики знаний / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Н.В. Бахтизина. — М., 2007. — 65 с. — (Препринт / Рос. акад. наук, Центр. экон.-матем. ин-т; № WP/2007/223).
4. The World Bank [Electronic resource]. — Mode of access: <http://www.worldbank.org>. — Date of access: 22.09. 2009.
5. OECD Information Technology Outlook 2008 // Organization for economic cooperation and development [Electronic resource]. — Mode of access: http://www.oecd.org/document/20/0,3343,en_2649_33757_41892820_1_1_1_1,00.html. — Date of access: 20.09. 2009.
6. *Московкин, В.* Основы концепции диффузии инноваций / В. Московкин // БизнесИнформ, X. — 1998. — № 17–18.
7. *Московкин, В.* Математические основы концепции жизненного цикла в экономике / В. Московкин, В. Михайлов // БизнесИнформ. — 2002. — № 11–12.
8. *Gandolfo, G.* Economic Dynamics / G. Gandolfo. — Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 1997.
9. *Поддубная, О.Н.* Подходы к моделированию инвестиционного цикла высокотехнологичных производств / О.Н. Поддубная, В.Ю. Шутилин // Весн. Беларус. дзярж. экан. ун-та. — 2009. — № 4.

К.А. ЗАБРОДСКАЯ, Т.А. ТКАЛИЧ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ИННОВАЦИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ РЫНОЧНОГО СПРОСА

В условиях либерализации экономики Республики Беларусь значение инновационного пути развития повышается. В связи с этим на современном этапе встают задачи скорейшего перехода к информационному обществу путем внедрения инновационных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и услуг, которые являются важным фактором инвестиционного климата и условием для развития бизнеса. Основные задачи и направления развития белорусского телекоммуникационного рынка определены Государственной программой инновационного развития, Программой информатизации «Электронная Беларусь», Программой развития связи Республики Беларусь на 2006–2010 гг.

В последнее время технический прогресс в области телекоммуникаций характеризуется появлением новых перспективных технологий и услуг, реализованных на основе IP-протокола, спрос на которые должны будут удовлетворять операторы электросвязи и передачи данных.

Приоритетными направлениями развития рынка телекоммуникаций в Республике Беларусь являются [1]:

- предоставление услуг стационарного широкополосного доступа в Интернет. Количество пользователей Интернетом в 2008 г. составило 3,3 млн человек. Количество абонентов услуги широкополосного доступа в Интернет в настоящее время составляет более 470 тыс. К 2010 г. по прогнозам Министерства связи Республики Беларусь количество стационарных широкополосных абонентов составит око-

Кристина Адамовна ЗАБРОДСКАЯ, ассистент кафедры информационных технологий Белорусского государственного экономического университета;

Татьяна Алексеевна ТКАЛИЧ, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий Белорусского государственного экономического университета.

ло 1,7 млн человек. Услуги широкополосного доступа предоставляют РУП «Белтелеком» (78 %), ИП «Альтернативная цифровая сеть», СП ООО «Деловая сеть», Телекоммуникационная компания «СОЛЮ» и другие интернет-провайдеры;

- внедрение сетей беспроводного широкополосного доступа в Интернет по технологиям Wi-Fi и WiMax. В настоящее время в республике работает более 300 точек доступа Wi-Fi, 130 из них сосредоточены в Минске. Данную услугу предоставляет своим абонентам РУП «Белтелеком». Начало строительства сети WiMax запланировано на 2009 г.;

- внедрение технологии VoIP (IP-телефонии). Услугу IP-телефонии предоставляет в Республике Беларусь единственный оператор — РУП «Белтелеком». Стоимость услуги на 25—33 % ниже цен на дальнюю телефонную связь;

- внедрение технологии IPTV. Услуга предоставляется РУП «Белтелеком» с июля 2008 г. Количество абонентов цифрового интерактивного телевидения IPTV — свыше 2 000 человек. В 2009 г. планируется подписать порядка 10 000 абонентов;

- интенсивное развитие сетей сотовой подвижной электросвязи (СПЭ) третьего поколения 3G. Услуги СПЭ оказывают три оператора стандарта GSM — ИП «Велком», СООО МТС, life:) (ЗАО «Белорусская сеть телекоммуникаций»), а также оператор ООО СП «БелСел» (DIALLOG), предоставляющий услуги в стандарте cdma2000. Общее количество абонентов превысило 8 млн. Сотовой подвижной электросвязью охвачено 93,5 % территории республики, на которой проживает 98,6 % населения. Операторы СПЭ предоставляют услуги беспроводного доступа в Интернет (передача информации, видео, мелодии, игры) по технологиям GPRS, EDGE, EV-DO.

Внедрение новых перспективных ИКТ позволит обеспечить предоставление телекоммуникационных услуг на уровне развития, соответствующего уровню передовых европейских стран.

Одним из методов изучения процессов распространения (диффузии) инноваций являются модели диффузии, которые используются для эффективной оценки преимуществ инвестирования в новые или нестандартные услуги и не характеризуются предсказуемыми закономерностями усвоения потребителями. Диффузия инноваций — это процесс, посредством которого нововведение проходит по коммуникационным каналам во времени и пространстве среди участников социально-экономической системы [2].

С целью анализа рынка и прогнозирования спроса на инновационные услуги, к которым также относятся новые телекоммуникационные услуги, предлагаем рассмотреть модель Басса и последующие дополнения теории диффузий (модели Робинсона — Лакхана, Фишера — Прая, Махайена — Мюллера), в которых учитывались общественные экономические факторы и условия, влияющие на рыночный спрос).

Суть модели диффузии инноваций Басса. Пусть существует некоторый рынок, на котором появляется новая технология (услуга), не имеющая аналогов и соответственно конкуренции со стороны других продуктов. Эта услуга создает новый спрос, т.е. формируется потенциал рынка инновации. Процесс распространения новой услуги на рынке представлен на рис. 1.

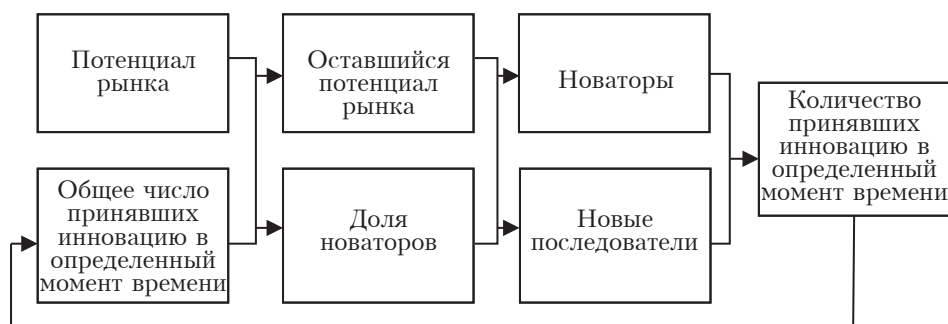


Рис. 1. Упрощенная схема диффузии инновации

Из рис. 1 видно, что инновация распространяется среди участников социально-экономической системы, которые, взаимодействуя, влияют друг на друга и делятся на следующие группы: новаторы и последователи (имитаторы) инновации. Новаторы — категория потребителей, которые принимают решение о покупке инновации под влиянием средств массовой информации, рекламы и других маркетинговых стратегий. Имитаторы — категория потребителей, которые принимают решение о покупке под влиянием мнений лиц, уже совершивших покупку (новаторов). Скорость диффузии инновации зависит от потенциала рынка, общего числа принявших инновацию в начальный момент времени и степени взаимодействия между участниками экономической системы.

Математическая модель диффузии инноваций Басса имеет вид

$$n_t = (p + q \frac{N_t}{M})(M - N_t), \quad (1)$$

где n_t — количество принявших инновацию в момент времени t ; p — коэффициент инновации; q — коэффициент имитации; N_t — общее число принявших инновацию в момент времени t ; M — потенциал рынка.

Суть ограничений модели диффузии инноваций Басса:

модель использовалась для однородных систем;

в модели не учитывались изменения p и q во времени и под воздействием внешней среды;

агрегированные данные продаж не связаны с индивидуальным потребительским спросом.

Согласно модели Басса, распространение инновации описывается логистической кривой, симметричной относительно точки пика продаж исследуемой инновационной услуги. В общем случае не все реальные процессы диффузии являются симметричными. Для преодоления этого недостатка предлагаем рассмотреть *математическую модель неоднородного влияния субъектов социально-экономической системы друг на друга* [3–4] (Non-Uniform Influence Model, NUI)

$$n_t = \left[p + q \frac{N_t}{M} \right]^\delta (M - N_t), \quad 0 < \delta < \infty, \quad (2)$$

где $q \left(\frac{N_t}{M} \right)^{\delta-1}$ — функция, зависящая от времени и играющая роль коэффициента

имитации; δ — фактор неоднородного влияния (non-uniform influence factor).

Основой модели NUI (2) также является модель Басса (1), но коэффициент имитации в этом случае перестает быть постоянным, отражая следующее:

поздние потребители могут быть менее отзывчивыми на инновацию и тогда коэффициент имитации уменьшается со временем;

поздние потребители могут иметь больше информации об услуге и им легче оценить ее качества, в этом случае коэффициент имитации возрастает;

ранние потребители могут быть более «влиятельными» по отношению к другим членам социально-экономической системы, коэффициент имитации должен быть очень высоким в начальный момент.

Учитывая, что рыночный спрос на инновационную услугу зависит от ее цены и дохода потребителя, конкурентоспособности услуги, неоднородного влияния среды (факторов неопределенности и риска), показателей экономической эффективности инновации, то для анализа и прогнозирования спроса инновационной услуги модифицируем модель NUI путем включения этих параметров в уравнение (2).

Математическая модель диффузии инноваций с учетом факторов рыночного спроса будет иметь вид

$$n_t = (P + Q_t^{\delta-1} E \frac{N_t}{M})(M - N_t), \quad (3)$$

где P – коэффициент инновации; Q_t – коэффициент имитации в момент времени t ; t – временной интервал диффузии инновации; δ – фактор неоднородного влияния (фактор неопределенности); E – фактор чувствительности спроса по отношению к цене инновационной услуги, доходу потребителя, показателям эластичности спроса по цене и доходу, конкурентоспособности услуги.

Формулы и источники информации для расчета параметров модели (3) приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры модели диффузии инноваций с учетом факторов рыночного спроса

Параметр	Формула расчета	Определение
Коэффициент инновации [5, 41–53], P	$P = R_e (1 + R_i)$	R_e – коэффициент рентабельности реализации продукции (услуги); R_i – фактор риска
Коэффициент имитации, Q_t	$Q_t = (\frac{N_t}{M})^{\delta-1}$	δ – фактор неопределенности
Фактор чувствительности спроса [6], E	$E = KI^{\gamma}P^{-a}$	K – коэффициент конкурентоспособности услуги; I – затраты потребителя на услугу; p – цена услуги; γ – коэффициент эластичности спроса по доходу; a – коэффициент эластичности спроса по цене
Коэффициент конкурентоспособности услуги [7], K	$K = K_s K_k K_p / K_z$	K_s – коэффициент соответствия услуги стандартам и нормативам; K_k – коэффициент качества услуги; K_p – коэффициент полезности и предпочтений услуги; K_z – коэффициент затрат на приобретение и эксплуатацию услуги
Величина затрат потребителя на услугу, I	$I = IdD$	Id – доля дохода потребителя, идущая на оплату услуг; D – доход потребителя (средняя заработная плата)

Общее число принявших инновацию в последующий момент времени [3] рассчитывается по формуле

$$N_{t+1} = N_t + n_t. \quad (4)$$

Ожидаемую прибыль от внедрения инновационной услуги рассчитаем по формуле

$$C_t = Sn_t p, \quad (5)$$

где C_t – ожидаемая прибыль от внедрения инновационной услуги в момент времени t ; Sn_t – общее количество проданных инновационных услуг в момент времени t ; p – цена инновационной услуги.

Математическая модель (3) разработана при выполнении НИР □ ГР20082161 и применена для прогнозирования спроса на услугу телефонии по IP-протоколу в Республике Беларусь.

Согласно статистической информации из открытых источников (январь 2009 г.), методом экспертных оценок были определены и рассчитаны входные параметры для анализа и прогнозирования диффузии услуги телефонии по IP-протоколу (см. перечень).

Входные параметры для прогнозирования и анализа спроса на услугу телефонии по IP-протоколу в Республике Беларусь

Параметр	Значение
Коэффициент рентабельности	$R_e = 0,165$
Величина риска	$R_i = 0,15$
Фактор неопределенности	d от 0,8 до 1
Потенциал рынка	$M = 3\,800\,000$ человек
Количество новаторов в начальный момент времени	$N_0 = 10\,000$ человек
Коэффициент соответствия стандартам и нормативам	$K_s = 1$
Коэффициент качества	K_k от 0,5 до 1
Коэффициент полезности и предпочтений	K_p от 1 до 1,5
Коэффициент затрат на покупку и эксплуатацию	K_z от 0,5 до 1,5
Коэффициент эластичности спроса по доходу	$\gamma = 0,015$
Коэффициент эластичности спроса по цене	$a = 0,012$
Цена инновации (3 мин)	$p = 0,75$ дол. США
Величина дохода потребителя	$D = 360$ дол. США
Доля дохода, идущая на оплату услуг связи	$Id = 0,1$

На основании входных параметров (см. перечень) и расчетов по модели (3) получили следующий прогноз динамики потенциальных пользователей и продаж услуги телефонии по IP-протоколу до 2012 г. (рис. 2).

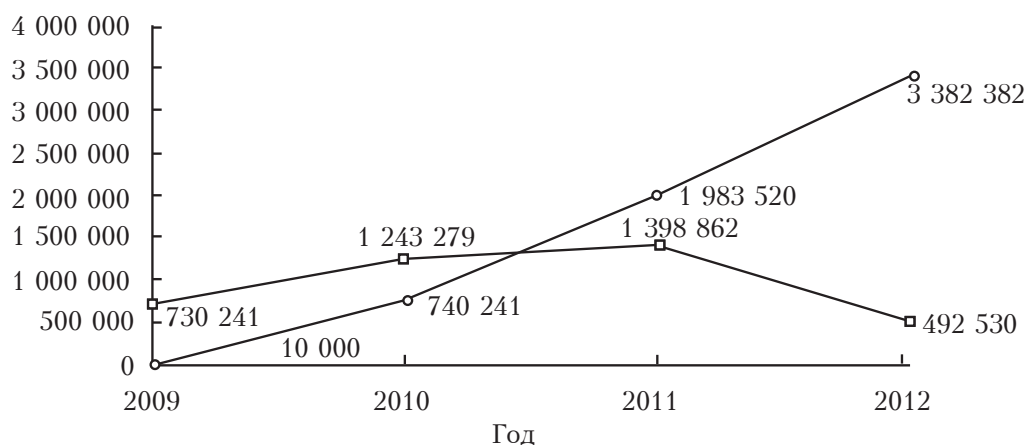


Рис. 2. Прогноз динамики потенциальных пользователей и продаж услуги телефонии по IP-протоколу в Республике Беларусь до 2012 г.:
 ○- общее число принявших инновацию, чел.; □- количество проданных услуг, ед.

Проведенные расчеты показали, что жизненный цикл услуги (при ее введении с 2009 г. и достижении потенциала рынка) составит 4 года, пик продаж услуги придется на 2011 г. и составит 1 398 862 ед. Ожидаемая прибыль от внедрения инновационной услуги (5) к пику продаж составит 2 529 287 дол. США. Объем продаж услуги к 2011 г. увеличится на 91,56 % по сравнению с 2009 г., затем последует снижение спроса. Следовательно, для эффективной деятельности оператору электросвязи, оказывающему аналогичную услугу, необходимо внедрять на рынок новую перспективную конвергентную услугу (до 2012 г.), в состав которой может также входить услуга телефонии по IP-протоколу.

Для проведения экономического анализа распространения услуги телефонии по IP-протоколу в Республике Беларусь рассмотрим реализацию трех стратегических сценариев прогноза: оптимистического, реалистического, пессимистического (с учетом реалий существующего экономического кризиса). Используя в качестве входных параметров модели (3) различные значения факторов рыночного спроса на инновационную услугу, определенные методом

экспертных оценок (табл. 2), получим результаты сценариев диффузии услуги телефонии по IP-протоколу (рис. 3, 4).

Таблица 2. Факторы спроса, необходимые для выполнения сценариев прогноза распространения услуги телефонии по IP-протоколу в Республике Беларусь

Фактор спроса	Сценарий		
	оптимистический	реалистический	пессимистический
Коэффициент рентабельности	0,20	0,17	0,15
Величина риска	0,15	0,15	0,15
Фактор неопределенности	0,80	0,90	1,00
Коэффициент соответствия стандартам и нормативам	1	1	1
Коэффициент качества	1,00	0,80	0,50
Коэффициент полезности и предпочтений	1,50	1,30	1,00
Коэффициент затрат на покупку и эксплуатацию	0,70	1,00	1,50
Коэффициент конкурентоспособности	2,14	1,04	0,33
Величина дохода потребителя, дол. США	450	360	350
Цена услуги, дол. США	0,70	0,75	0,80
Фактор чувствительности спроса	2,28	1,10	0,35

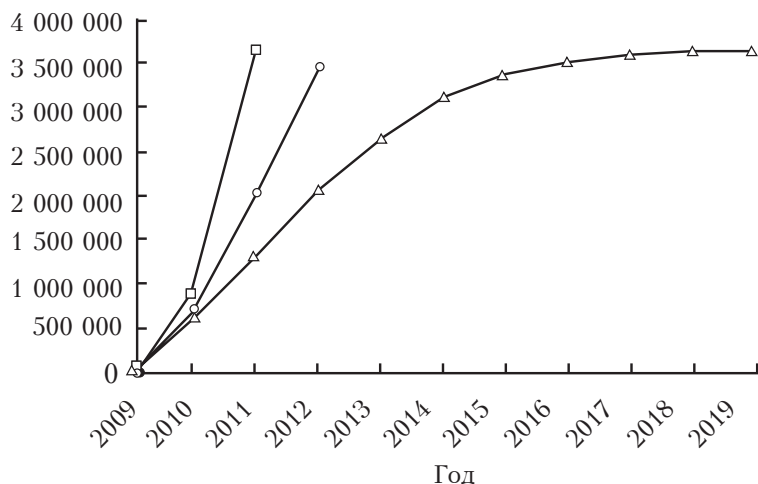


Рис. 3. Сценарии прогноза количества пользователей услуги телефонии по IP-протоколу в Республике Беларусь:
 □ оптимистический; ○ реалистический; △ пессимистический

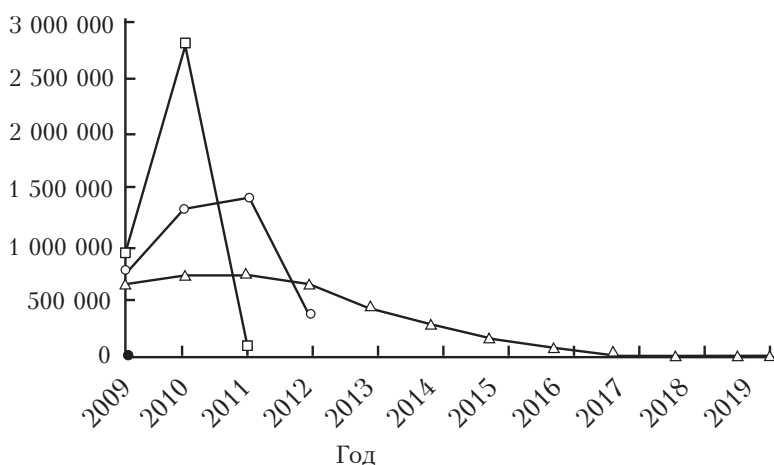


Рис. 4. Сценарии прогноза продаж услуги телефонии по IP-протоколу в Республике Беларусь:
 □ оптимистический; ○ реалистический; △ пессимистический

Достоверность полученных прогнозов подтверждается значением коэффициента детерминации R^2 . Для оптимистического сценария прогноза $R^2 = 0,99$, для реалистического сценария прогноза $R^2 = 0,97$, для пессимистического сценария прогноза $R^2 = 0,92$, что свидетельствует об адекватности модели (3).

Анализ сценариев распространения услуги телефонии по IP-протоколу в Республике Беларусь (см. рис. 3, 4, а также перечень) показал, что данная услуга будет востребована рынком. При этом кривая диффузии, продолжительность жизненного цикла услуги, объем продаж и количество пользователей инновации непосредственно зависят от факторов, влияющих на рыночный спрос:

чем выше показатель рентабельности, тем данный проект привлекательнее для вложения инвестиций;

чем выше факторы неопределенности и риска, тем больше непредвиденных ситуаций может возникнуть на рынке, тем медленнее услуга заполнит рыночные ниши, увеличится время распространения услуги на рынке, процесс диффузии инновации будет описываться плавной S-кривой;

чем выше показатели конкурентоспособности услуги, тем востребованнее данный продукт, в связи с чем увеличится общее количество пользователей услуги. В первый год вывода услуги на рынок количество ее пользователей (при различных сценариях развития ситуации на рынке) увеличится более чем в 60 раз по сравнению с начальными данными (10 000 чел.);

чем выше доход потребителя и ниже стоимость услуг связи, тем больше потенциальный пользователь сможет позволить себе дополнений к данной услуге, следовательно, увеличатся ценность и полезность данной услуги для пользователя, а значит, и объем продаж услуги, и прибыль оператора. В первый год вывода услуги на рынок при различных сценариях прогноза (пессимистический — оптимистический) спрос на услугу увеличится соответственно в диапазоне 1,12 — 2,96 раз.

В случае *оптимистического сценария* кривая диффузии показывает этапы быстрого проникновения услуги на рынок и быстрого спада спроса. К 2010 г. объем продаж услуги может увеличиться на 196,19 % и составит 2 802 745 ед. (в 2009 г. — 946 253 ед.). Ожидаемая прибыль от внедрения инновационной услуги (5) к пику продаж составит 2 624 299 дол. США, продолжительность жизненного цикла инновации — 3 года.

При *реалистическом сценарии* кривая диффузии показывает этапы быстрого проникновения услуги, равномерного насыщения рынка и быстрого спада спроса на услугу. К 2010 г. объем продаж услуги (в 2009 г. — 739 046 ед.) может увеличиться на 83,75 % и составит 1 357 968 ед. К 2011 г. объем продаж услуги по сравнению с 2010 г. увеличится на 4,41 % и составит пик продаж (1 417 788 ед.). Ожидаемая прибыль от внедрения инновационной услуги (5) к пику продаж составит 2 636 102 дол. США, продолжительность жизненного цикла инновации — 4 года.

В случае *пессимистического сценария* кривая диффузии имеет однородную форму, характеризует равномерное проникновение на рынок и равномерный спад спроса на услугу. В 2009 г. прогнозный показатель объема продаж услуги составляет 657 291 ед. Пик продаж услуги можно ожидать к 2010 г. (734 327 ед.). Ожидаемая прибыль от внедрения инновационной услуги (5) к пику продаж составит 1 113 294 дол. США, продолжительность жизненного цикла инновации — 8 лет.

На основе модели диффузии инноваций (3), формул для расчета параметров модели диффузии инноваций (см. табл. 1) и формул (4), (5) разработан инструментальный метод анализа и прогнозирования распространения инновационных услуг с учетом факторов рыночного спроса, который состоит из следующих шагов:

- Шаг 1. Рассчитать показатели эффективности инновационного проекта по выводу на рынок новой услуги.
- Шаг 2. Определить факторы риска и неопределенности диффузии новой услуги на рынке.
- Шаг 3. Рассчитать коэффициент инновации диффузии новой услуги.
- Шаг 4. Определить потенциал рынка новой услуги.
- Шаг 5. Определить общее число принявших инновацию в начальный момент времени вывода новой услуги на рынок.
- Шаг 6. Провести маркетинговые исследования для расчета коэффициента конкурентоспособности новой услуги.
- Шаг 7. Определить цену новой услуги.
- Шаг 8. Выполнить анализ статистических данных для определения величины дохода и затрат потребителя на новую услугу.
- Шаг 9. Определить коэффициенты эластичности спроса по цене услуги и доходу потребителя.
- Шаг 10. Рассчитать фактор чувствительности рыночного спроса.
- Шаг 11. Рассчитать коэффициент имитации диффузии услуги в текущий момент времени.
- Шаг 12. Рассчитать количество проданных услуг (объем продаж) в текущий момент времени.
- Шаг 13. Рассчитать общее число принявших инновацию в последующий момент времени.
- Шаг 14. Если общее число принявших инновацию не достигло потенциала рынка услуги, необходимо повторно выполнить шаги 11 – 13.
- Шаг 15. Определить жизненный цикл новой услуги.
- Шаг 16. Определить время пика продаж и ожидаемую прибыль от внедрения новой услуги.
- Шаг 17. Разработать стратегию по выводу на рынок инновационных услуг с целью увеличения доли рынка и прибыли.

Разработанная математическая модель диффузии инноваций (3) позволяет выполнить анализ и прогнозирование распространения новых телекоммуникационных услуг с учетом факторов рыночного спроса, определить время пика продаж, продолжительность жизненного цикла, рассчитать ожидаемую прибыль от внедрения инновационных услуг, а также может являться основой для разработки оператором электросвязи и передачи данных собственной стратегии по выводу на рынок перспективных конкурентоспособных услуг.

Литература и электронные публикации в Интернете

1. Информационные технологии в Беларуси [Электронный ресурс] / IT.TUT.BY. — Минск, 2009. — Режим доступа: <http://it.tut.by/>. — Дата доступа: 20.05. 2009.
2. *Rogers, E.M.* Diffusion of innovations / E. M. Rogers. — 5th ed. — New York: Free Press, 2003.
3. Bass Model Forecaster [Electronic resources] / Bass's Basement Research Institute Bass Model. — Mode of access: <http://www.bassbasement.org/Forecaster/Forecaster.aspx>. — Data of access: 20.05. 2009.
4. *Mahajan, V.* New-product diffusion models: from theory to practice / V. Mahajan, E. Muller, R. Wind // International series in quantitative marketing. — 2000, Vol. 11.
5. *Ткалич, Т.А.* Модели диффузии нововведений для анализа рынка информационных технологий / Т.А. Ткалич // Вестн. Белорус. гос. экон. ун-та. — 1997. — № 4.
6. Закон спроса. Спрос и величина спроса. Эластичность спроса [Электронный ресурс] / Менеджмент организации: учеб. пособие / под общ. ред. В.Е. Ланкина [Электронный ресурс.] — Таганрог, 2006. — Режим доступа: <http://www.aup.ru/books/m98/>. — Дата доступа: 20.05. 2009.
7. *Светуньков, С.Г.* Информационное обеспечение управления конкурентоспособностью / С.Г. Светуньков [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.marketing.spb.ru/read/m19/index.htm>. — Дата доступа: 20.05. 2009.