

## АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НОВОВВЕДЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

© 2016

**В.С. Коркин**, аспирант кафедры «Экономика в энергетике и промышленности»

**Е.М. Лисин**, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика в энергетике и промышленности»  
*Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», Москва (Россия)*

**Ю.А. Анисимова**, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и кредит»  
*Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)*

**Ключевые слова:** диффузия инноваций; нововведения на предприятии; экономико-математическое моделирование; модели распространения нововведений.

**Аннотация:** Вопросы распространения нововведений на предприятии обусловлены особенностью экономического роста на современном этапе. Авторы обращают внимание на то, что создание и развитие инновационной среды на предприятии направлено на решение стратегических задач повышения его конкурентоспособности в рыночных условиях. Поскольку применение результатов научных исследований в хозяйственных процессах согласуется с целью получения экономического эффекта, то инновации становятся значимым элементом в деятельности предприятия.

В статье проводится анализ моделей диффузии инноваций для исследования интенсивности процесса внедрения технологий на предприятиях со сложной структурой управления. Раскрывается понятие «диффузия инноваций» как процесса, посредством которого нововведение распространяется в подразделениях предприятия с помощью сложившихся связей и отношений в общественном производстве. Особое внимание уделяется базовым принципам распространения инноваций на предприятии. Ключевым фактором становится скорость распространения нововведений в подразделениях предприятия. На основе анализа работ отечественных и зарубежных исследователей выделяются наиболее значимые принципы построения системы распространения инноваций.

Приводится анализ известных экономико-математических методов описания распространения инноваций, даются их интерпретации. На основе наиболее распространенных моделей, таких как модель диффузии Э. Роджерса, раскрывается процесс распространения инноваций на предприятии. Также представлена модель распространения новых продуктов Ф. Басса, модель диффузии Л.А. Форта и Д.В. Вудлока. В модели диффузии Э. Мэнсфилда обосновывается государственная поддержка инновационной деятельности в диффузии нововведений и инновационной активности предприятий. С помощью рассмотренных моделей выделены основные факторы, которые определяют темпы и масштабы диффузии нововведений на предприятии.

Создание и развитие инновационной среды на предприятии направлено на решение стратегических задач повышения конкурентоспособности организации в рыночных условиях. Инновационная деятельность предприятия заключается в применении результатов научных исследований в основных производственно-хозяйственных процессах с целью извлечения экономического эффекта.

Обратимся к термину «инновации». В работах отечественных и зарубежных ученых инновации на предприятии, прежде всего, представляют собой технологические изменения в области управления предприятием, организации производственно-хозяйственной деятельности и маркетинга [1–7].

В условиях изменчивой конъюнктуры рынков товаров и услуг, повышения требований к качеству, технологическому уровню и доступности продукции для потребителей возникают новые требования к организации инновационной среды. Ключевым фактором становится скорость распространения нововведений в подразделениях предприятия. Проводится анализ известных экономико-математических методов описания распространения инноваций, и делаются выводы об их применимости для исследования и количественной оценки эффективности инновационной деятельности предприятия.

В настоящей работе ставим своей целью рассмотреть модели диффузии инноваций и выбрать наиболее оптимальную.

В теории инноваций особое внимание уделяется понятию диффузии инноваций. Под диффузией понимают процесс постепенного распространения знаний о товаре в целевой аудитории. Основными характеристиками диффузии являются скорость и глубина распространения нововведения, которые зависят от новизны, интереса, плотности социальной структуры и прочих факторов. При этом процесс диффузии инноваций применительно к среде предприятия достаточно слабо представлен в научной литературе, что связано со сложным характером распространения нововведений в организациях ввиду их разветвленной структуры управления [1].

На предприятии форма и скорость процесса диффузии инноваций зависят от мощности коммуникационных каналов между подразделениями и особенностей восприятия информации о нововведениях сотрудниками, принимающими ключевые решения на различных уровнях управления предприятием. Эффективность диффузии нововведений во многом определяется тем, насколько подразделения организации готовы к принятию инновации. Также проблема диффузии инноваций на предприятии связана с формированием доверительных отношений между сотрудниками, которые по своей сути являются социальным механизмом данного процесса [2].

Под диффузией инноваций на предприятии будем понимать процесс, посредством которого нововведение распространяется в подразделениях предприятия с помощью сложившихся связей и отношений в обществен-

ном производстве. Нововведениями могут быть идеи, технологии, продукты, являющиеся новыми для предприятия.

Эффективный механизм распространения инноваций позволяет достичь стратегических целей предприятия, сформировать основу для долгосрочной конкурентоспособности, коммерциализовать внутренние, созданные подразделениями предприятия инновации. Возникает задача построения эффективной системы распространения инноваций.

На основе анализа литературы можно выделить следующие принципы построения системы распространения инноваций на предприятии [3–5; 8–10]:

– принцип системности. Элементы системы распространения инноваций должны быть объединены свойствами, обеспечивающими системный эффект от их взаимодействия;

– принцип функциональной декомпозиции. Формирующие систему распространения инноваций функциональные подсистемы должны соответствовать функциям системы и по своей сути выполнять более простые действия и операции, из которых состоят исходные функции системы;

– принцип адаптивности. Система распространения инноваций должна быть достаточно гибкой и настраиваемой в соответствии с изменениями окружающей среды;

– принцип экономической эффективности. Система распространения инноваций должна быть экономически эффективной с позиции критериев экономической эффективности предприятия.

В работах российских ученых демонстрируются различные модели распространения инноваций [8; 11–13]. В основе экономико-математического описания систем распространения инноваций лежит модель диффузии инноваций [6; 14–17]. Одной из известных моделей распространения инноваций является модель диффузии Э. Роджерса [18], изучавшего распространение новых продуктов и способов ведения хозяйства. Было установлено, что принятие инноваций в общественном

производстве происходит согласно функции К.Ф. Гаусса (рис. 1). Функция отражает скорость и стадии распространения нововведений в общественном производстве.

Под новаторами можно понимать активных технически грамотных работников предприятия, главной характеристикой которых является желание рисковать с целью апробации новшеств. Ранние последователи могут быть представлены руководителями среднего и низового звеньев, принимающими инновации и распространяющими их в зоне своей ответственности. Представители раннего большинства с позиции предприятия могут быть представлены активными подразделениями (например, координирующими работу отделами), обладающими широкими контактами и открытыми для нововведений. Позднее большинство представляет собой консервативные и скептически настроенные к нововведениям подразделения (например, производственные цеха и службы), которые принимают инновации под давлением других подразделений и руководящего звена. Сильно отстающими в принятии инноваций будут традиционно настроенные работники, в силу своей работы изолированные от большинства хозяйственных процессов предприятия.

Обозначим число работников, принявших нововведение к моменту времени  $t$ , через  $N(t)$ . Тогда, если  $M$  – общее число сотрудников предприятия, которое должно внедрить инновацию, то число не принявших инновацию составит величину  $(M - N(t))$ .

Если считать, что прирост числа сторонников нововведения пропорционален числу взаимодействий между сторонниками инновации и сомневающимися, то можно записать:

$$N(t) - N(t-1) = kN(t)(M - N(t)).$$

Уравнение описывает абсолютный прирост числа сторонников нововведения и графически будет иметь вид S-образной (логистической) кривой (рис. 2).

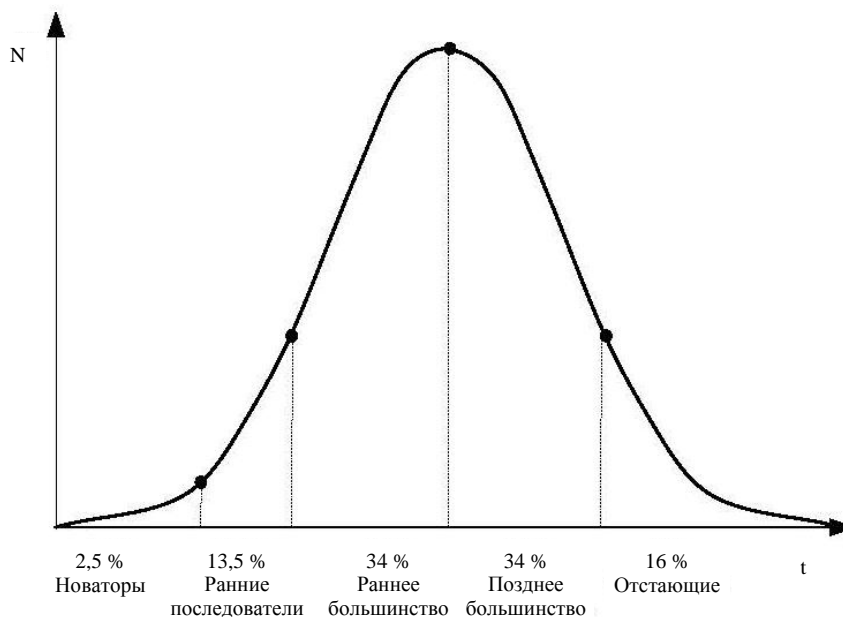


Рис. 1. Распространение нововведений в общественном производстве

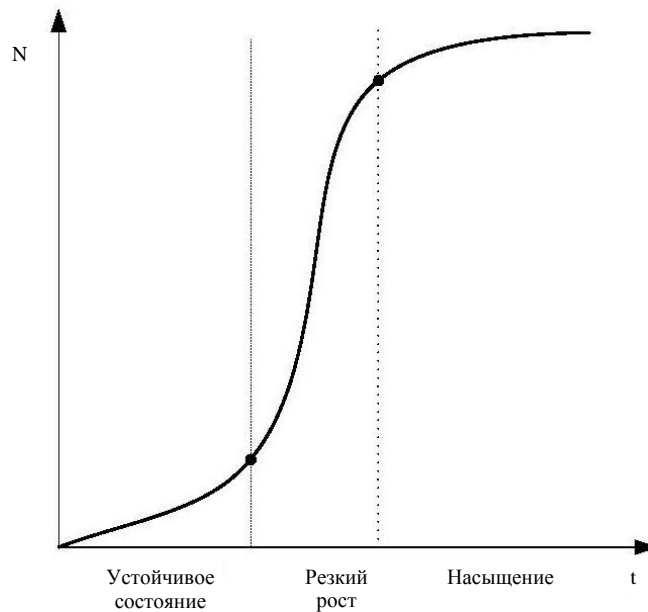


Рис. 2. Логистическая кривая распространения нововведений

Логистическая кривая отражает три фазы распространения инновации: первая – вовлечение первых потребителей, вторая – резкий рост потребителей, третья – насыщение потребления. Согласно Э. Роджерсу, скорость прохождения нововведения через данные фазы зависит от пяти основных свойств инновации, оказывающих влияние на потребителя.

1. Относительные преимущества нововведения. Степень превосходства инновации над другими продуктами и технологиями общественного производства.

2. Совместимость инновации. Степень соответствия инновации существующей системе ценностей сотрудников предприятия (часто определяется опытом работников и корпоративной культурой предприятия).

3. Сложность инновации. Степень простоты и легкости для понимания нововведения.

4. Простота апробации инновации. Возможность апробации инновации в ограниченных масштабах.

5. Коммуникативность инновации. Возможность распространения инновации между сотрудниками предприятия.

Процесс вовлечения отдельного сотрудника в использование инновации состоит из следующих этапов: знакомство, интерес, оценка, апробация и признание. На первом этапе сотрудник получает первую информацию о нововведении, но ее еще недостаточно для принятия новшества. На следующем этапе появляется интерес к инновации и производится поиск дополнительной информации о ней. Далее сотрудник оценивает новшество применительно к своей ситуации и принимает решение о его использовании. Осуществляется апробация нововведения и признание его преимуществ. На основе вышеописанной концепции Ф. Бассом [19] была разработана модель распространения новых продуктов (рис. 3).

Согласно данной модели, рост числа потребителей нового продукта объясняется взаимодействием двух групп сотрудников, осуществляющих межличностные коммуникации. Первая группа начинает использовать

инновацию под воздействием распространения информации о ней. Другая группа начинает применять нововведение через коммуникации с представителями первой группы.

Математически диффузионную модель Ф. Басса, отражающую число потребителей инновации  $n(t)$  в каждый момент времени, можно записать следующим образом:

$$n(t) = p(M - N(t)) + q \frac{N(t)(M - N(t))}{M},$$

где  $p$  – коэффициент внешнего влияния (коэффициент инновации), отражающий внедрение новшества без взаимодействия сотрудников между собой;

$q$  – коэффициент внутреннего влияния (коэффициент имитации), описывающий влияние внедривших инновацию на остальных сотрудников.

Для успешного внедрения инновации необходимо, чтобы значение коэффициента имитации  $q$  было больше, чем коэффициента инновации  $p$ .

Модель Л.А. Форты и Д.В. Вудлока (рис. 4) [20] описывает процесс диффузии с позиции числа сотрудников, внедривших инновацию в момент времени  $t$ , учитывает лишь внешнее влияние на потенциальных потребителей инновации (коэффициент инновации) и справедлива при значительном спросе на нее:

$$n(t) = p(M - N(t)).$$

Также данная модель описывает распространение инновации только через новаторов. Параметр  $p$  представляет собой диффузионный уровень и характеризует степень проникновения инновации. При высоком значении параметра  $p$  диффузия протекает достаточно быстро, большинство сотрудников склоняются к восприятию нового продукта.

Еще одним частным случаем является модель диффузии Э. Мэнсфилда (рис. 5) [7], учитывающая только

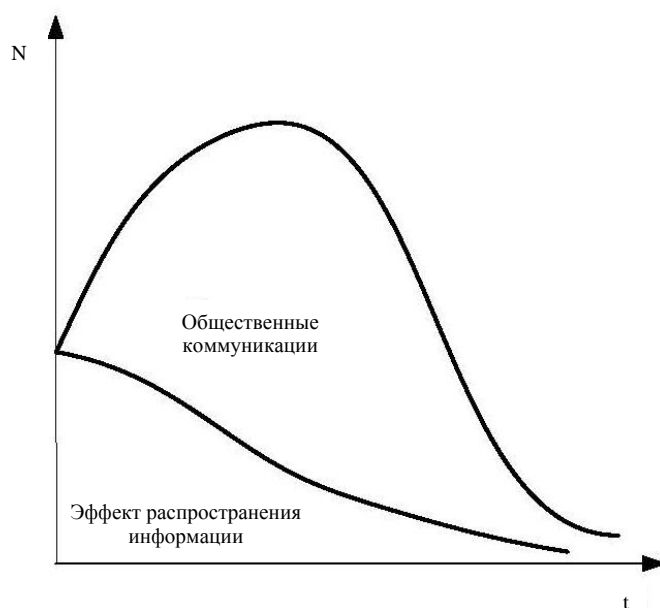


Рис. 3. Модель распространения новых продуктов

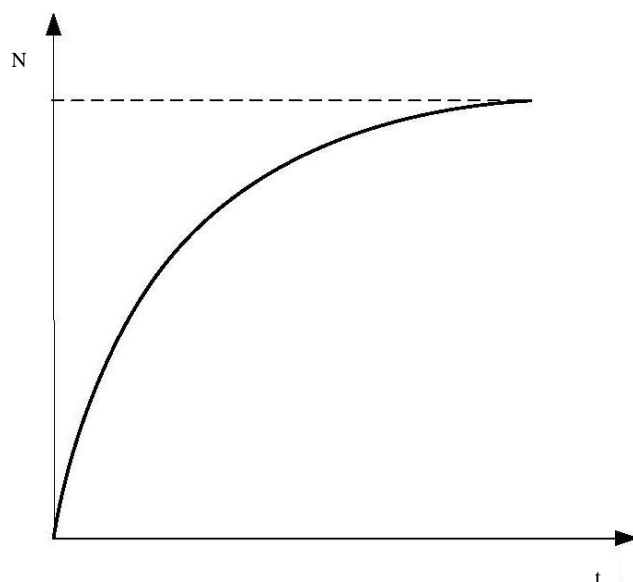


Рис. 4. Модель диффузии Л.А. Форта и Д.В. Вудлока

коммуникации между сотрудниками. Таким образом, она отражает динамику диффузионного процесса за счет имитации:

$$n(t) = bN(t)(M - N(t)),$$

где  $b$  – интенсивность имитационного поведения. Данная модель описывает ситуацию, когда число потенциальных потребителей инновации увеличивается с усиливающимся проникновением нововведения в подразделения предприятия.

Государственная поддержка инновационной деятельности играет существенную роль в диффузии нововведений и инновационной активности предприятий. Отсюда к основным факторам, которые определяют темпы и масштабы диффузии нововведений на

предприятии можно отнести: доступность результатов научной и научно-технической деятельности; технологический уровень материально-технической базы; наличие экспериментальной базы и лабораторий; уровень государственной поддержки инновационного климата; уровень квалификации и инновационной активности рабочих; размер внутреннего рынка и жизненный уровень населения; развитую инновационную инфраструктуру, обеспечивающую взаимосвязь между экономическими, социальными и научно-техническими аспектами инновационной деятельности. Данные факторы закладываются в модели распространения инноваций и позволяют разработать сценарии инновационного развития организации.

По результатам выполненного исследования сделан вывод, что для моделирования распространения

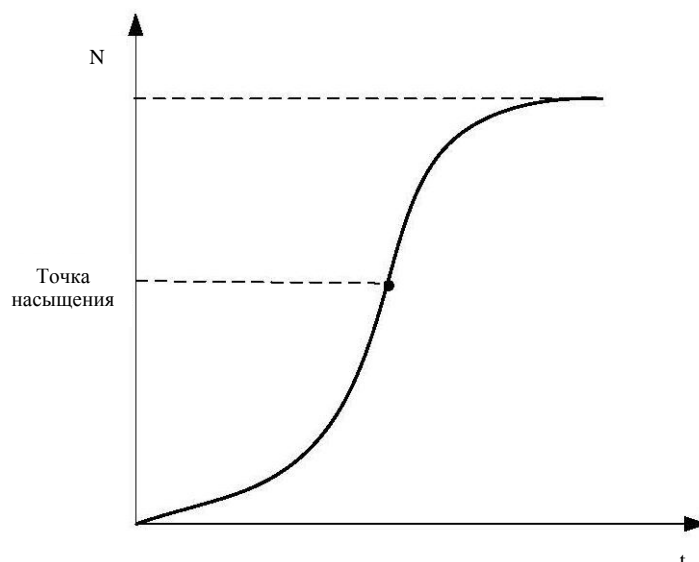


Рис. 5. Модель диффузии Э. Мэнсфилда

инноваций на предприятии можно применять известные модели диффузии инноваций. Наиболее подходящей моделью к изучению обозначенной предметной области является диффузионная модель Ф. Басса, позволяющая учитывать как внешние, так и внутренние факторы, определяющие скорость распространения инноваций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сунгуров А.Ю. Инновации и их диффузия: к возможности использования концепций в социальной сфере // *Философские науки*. 2010. № 1. С. 15–24.
2. Косалс Л.Я. Социальный механизм инновационных процессов: сравнительный анализ советского и постсоветского периодов // *Экономическая наука современной России*. 2000. № 3-4. С. 85–96.
3. Дулепин Ю.А., Казакова Н.В. Стратегии трансфера инноваций в инновационных системах // *Инновационный вестник регион*. 2010. № 4. С. 54–59.
4. Городникова Н., Гостева С., Гохберг Л. Индикаторы инновационной деятельности. М.: ГУ ВШЭ, 2007. 488 с.
5. Вертакова Ю.В., Симоненко Е.С. Управление инновациями: теория и практика. М.: Эксмо, 2008. 432 с.
6. Fareena S., John U.F., Donald R.L. A meta analysis of applications of diffusion models // *Journal of marketing research*. 1990. Vol. 27. № 1. P. 70–77.
7. Mansfield E. Technical Change and the rate of Imitation // *Econometrica*. 1961. № 10. P. 741–766.
8. Богомолов О.Т. Мировая экономика в век глобализации. М.: Экономика, 2007. 368 с.
9. Коробейников О.П., Трифилова А.А., Коршунов И.А. Роль инноваций в процессе формирования стратегии предприятия // *Менеджмент в России и за рубежом*. 2000. № 3. С. 23–27.
10. Мызрова О.А. Развитие и современное состояние теории инноваций // *Инновации*. 2006. № 7. С. 79–83.
11. Абрамова Е.Ю., Коркин В.С., Лисин Е.М. Организационно-экономические модели подготовки кадров для глобальной экономики // *Экономика и предпринимательство*. 2016. № 3-1. С. 838–846.
12. Клименко А.В., Роголев Н.Д. Университеты в современном мире: модели образования, организации научных исследований, технологических инноваций. М.: МЭИ, 2005. 44 с.
13. Павлова Е.И., Лисин Е.М. Устойчивое развитие: от глобальной идеи к разработке стратегии предприятия // *Стратегическое планирование развития городов и регионов. Памяти первого ректора ТГУ С.Ф. Жилкина: сборник научных трудов IV международной научно-практической конференции*. Тольятти: ТГУ, 2014. С. 54–61.
14. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем. М.: Финансы и статистика, 2006. 432 с.
15. Цой Е.Б., Самочернов И.В. Моделирование и управление в экономике. Новосибирск: НГТУ, 2003. 104 с.
16. Серков Л.А. Синергетические и эконометрические особенности процесса диффузии инноваций // *Экономический анализ: теория и практика*. 2010. № 1. С. 51–56.
17. Казанцев С.Ю. Использование диффузионной модели в прогнозировании долей рынка (на примере развития сетей сотовой связи стандартов GSM и CDMA2000) // *Научные труды: институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*. 2012. Т. 3. С. 248–260.
18. Rogers E.M. New Product adoption and diffusion // *Journal of consumer research*. 1976. № 3. P. 290–301.
19. Bass F.M. A new product growth model for consumer durables // *Management Science*. 1969. Vol. 15. P. 215–227.
20. Fourt L.A., Woodlock J.W. Early prediction of market success for new grocery products // *Journal of marketing*. 1960. № 10. P. 31–48.

#### REFERENCES

1. Sungurov A.Yu. Innovations and their diffusion: concerning the ability to use the concepts in social sphere. *Filosofskie nauki*, 2010, no. 1, pp. 15–24.
2. Kosals L.Ya. Social mechanism of innovation: comparative analysis of Soviet and Post-Soviet Periods. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii*, 2000, no. 3-4, pp. 85–96.

3. Dulepin Yu.A., Kazakova N.V. Strategies of the innovations transfer in the innovative systems. *Innovatsionnyy vestnik region*, 2010, no. 4, pp. 54–59.
4. Gorodnikova N., Gosteva S., Gokhberg L. *Indikatory innovatsionnoy deyatel'nosti* [Indicators of innovative activity]. Moscow, GU VShE Publ., 2007. 488 p.
5. Vertakova Yu.V., Simonenko E.S. *Upravlenie innovatsiyami: teoriya i praktika* [Innovation management: theory and practice]. Moscow, Eksmo Publ., 2008. 432 p.
6. Fareena S., John U.F., Donald R.L. A meta analysis of applications of diffusion models. *Journal of marketing research*, 1990, vol. 27, no. 1, pp. 70–77.
7. Mansfield E. Technical change and the rate of imitation. *Econometrica*, 1961, no. 10, pp. 741–766.
8. Bogomolov O.T. *Mirovaya ekonomika v vek globalizatsii* [The world economy in an age of globalization]. Moscow, Ekonomika Publ., 2007. 368 p.
9. Korobeynikov O.P., Trifilova A.A., Korshunov I.A. Role of innovations in the course of formation of strategy of the enterprise. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, 2000, no. 3, pp. 23–27.
10. Myzrova O.A. Development and current state of the innovations theory. *Innovatsii*, 2006, no. 7, pp. 79–83.
11. Abramova E.Yu., Korkin V.S., Lisin E.M. Organizational and economic models of personnel training for the global economy. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 2016, no. 3-1, pp. 838–846.
12. Klimenko A.V., Rogalev N.D. *Universitety v sovremennom mire: modeli obrazovaniya, organizatsii nauchnykh issledovaniy, tekhnologicheskikh innovatsiy* [Universities in modern world: models of education, scientific researches, and technology innovations]. Moscow, MEI Publ., 2005. 44 p.
13. Pavlova E.I., Lisin E.M. Stable development: from the global idea to the development of the enterprise's strategy. *Strategicheskoe planirovanie razvitiya gorodov i regionov. Pamyati pervogo rektora TGU S.F. Zhilkina: sbornik nauchnykh trudov IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Togliatti, TItSU Publ., 2014, pp. 54–61.
14. Berezhnaya E.V., Berezhnay V.I. *Matematicheskie metody modelirovaniya ekonomicheskikh sistem* [Mathematical methods of modeling of economic systems]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2006. 432 p.
15. Tsoy E.B., Samochernov I.V. *Modelirovanie i upravlenie v ekonomike* [Modeling and management in economics]. Novosibirsk, NGTU Publ., 2003. 104 p.
16. Serkov L.A. Synergetic and econometric aspects of the innovations diffusion process. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*, 2010, no. 1, pp. 51–56.
17. Kazantsev S.Yu. Use of Diffusion Models in Forecasting Shares of Market (Example of cellular communication in standards GSM and CDMA2000 networks development). *Nauchnye trudy: institut narodnohozyaystvennogo prognozirovaniya RAN*, 2012, vol. 3, pp. 248–260 p.
18. Rogers E.M. New product adoption and diffusion. *Journal of consumer research*, 1976, no. 3, pp. 290–301.
19. Bass F.M. A new product growth model for consumer durables. *Management science*, 1969, vol. 15, pp. 215–227.
20. Fourt L.A., Woodlock J.W. Early prediction of market success for new grocery products. *Journal of Marketing*, 1960, no. 10, pp. 31–48.

#### THE ANALYSIS OF APPROACHES TO THE ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF THE INNOVATIONS DIFFUSION AT THE ENTERPRISE

© 2016

**V.S. Korkin**, postgraduate student of Chair “Economics in Power Engineering and Industry”  
**E.M. Lisin**, PhD (Economics), assistant professor of Chair “Economics in Power Engineering and Industry”  
*National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Moscow (Russia)*  
**Yu.A. Anisimova**, PhD (Economics), assistant professor of Chair “Finance and Credit”  
*Togliatti State University, Togliatti (Russia)*

**Keywords:** diffusion of innovations; innovations at the enterprise; economic and mathematical modeling; models of innovations diffusion.

**Abstract:** The issues of the innovations diffusion at the enterprise are caused by the specific feature of the economic growth at the modern stage. The authors note that the creation and development of the innovative environment at an enterprise is aimed at the strategic objectives to improve its competitiveness in the market conditions. As the application of the research results in the main production and business processes is in line with the objective of getting economic benefit, the innovations become a significant element in the enterprise's activity.

The paper presents the analysis of the models of the innovations diffusion to study the driving rate of the technologies introduction at the enterprises with complex management structure. The authors reveal the concept of “innovations diffusion” as the process that diffuses the innovations in the enterprise's branches using the existing contacts and relations in public production. The authors pay special attention to the basic principles of diffusion of innovations at the enterprise. The velocity of the innovations diffusion at the enterprise's units becomes the key factor. Based on the analysis of works of Russian and foreign researchers, the authors highlight the most important principles of creation of the innovations diffusion system.

The paper presents the analysis of the known economic-mathematical methods of description of the innovations diffusion and gives their interpretations. Based on the most common models, such as the model of diffusion of E. Rogers, the authors describe the process of the innovations diffusion at the enterprise and present the model of new products distribution of F. Bass, the model of diffusion of L. Fourt and D. Woodlock. The E. Mansfield's model of diffusion justifies the state support of the innovative activity in the diffusion of innovations and the innovative activity of the enterprises. Using the models under consideration, the paper highlights the main factors determining the pace and the scale of the innovations diffusion of in at an enterprise.