УДК 658.5:232:51:512.6:512.3:001.893

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Сидорин А.В., Сидорин В.В., Покровская М.В.

Московский технологический университет, МТУ, Москва, e-mail: pokrovskaya@mirea.ru, a sidorin@mirea.ru, sidorin@mirea.ru

В статье представлен подход к управлению инновационным процессом при создании радиоэлектронных средств, в основе которого – представление о волнообразном характере возникновения и распространения инновации. Возбуждение и распространение инновационной волны моделируется затухающими колебаниями и описывается гармонической функцией. Математическая модель инновационного процесса позволяет оценить эффективность инновационной деятельности при проектировании и разработке радиоэлектронных средств. Сформулированы ограничения представленной модели из-за принятых при ее разработке упрощений и допущений, а аткже и возможности их преодоления.

Ключевые слова: радиоэлектронные средства, инновации, инновационная волна, математическая модель распространения инновации

MODELING INNOVATION AT THE DESIGN STAGE AND DEVELOPMENT OF RADIOELECTRONIC MEANS

Sidorin A.V., Sidorin V.V., Pokrovskaya M.V.

Moscow technological University, MTU, Moscow, e-mail: pokrovskaya@mirea.ru, a sidorin@mirea.ru, sidorin@mirea.ru

The article presents an approach to the management of innovation process in the construction of radio-electronic means, based on the idea of wave-shaped nature of the emergence and spread of innovation. The initiation and the spread of the innovation wave is simulated fading fluctuations and describes a harmonic function. A mathematical model of the innovation process to evaluate the effectiveness of innovative activity in the design and development of radio-electronic means. Constraints are formulated submitted model because of the adopted during the development of simplifications and assumptions, and also and the ways to overcome them.

Keywords: radioelectronic means, innovation, innovative wave, a mathematical model of the spread of innovations

Инновационные разработки предприятия в современных экономических условиях – наиболее перспективное направление в его стратегии для достижения и поддержания состояния устойчивого развития на основе конкурентоспособности своей продукции. При создании такой наукоемкой и высокотехнологичной продукции радиоэлектронные средства (РЭС) особое значение приобретает прогнозирование эффективности инновационной деятельности, позволяющая на этапе разработки и проектирования предварительно оценить целесообразность разработки и производства в долгосрочной перспективе. В настоящей работе рассмотрен подход к прогнозированию эффективности инновационной деятельности при создании РЭС, основанный на волновой теории инноваций [1]. Волновая модель возникновения и распространения инноваций позволяет провести анализ динамики изменения востребованности разрабатываемых РЭС и прогнозировать своевременность и целесообразность их модернизации, снятия с производства, перехода к разработке и выпуску новой продукции, реинжинирингу предприятия.

Волновая модель инновационного процесса создания радиоэлектронных средств

Инновационный процесс создания РЭС включает следующие основные этапы: разработка и проектирование с закреплением прав приоритета, производство, распространение в потребительской среде, применение (эксплуатация).

Динамика изменения эффективности результатов инновационной деятельности при создании РЭС – новых изделий, технологий, веществ, составляющих предмет изобретений или полезных моделей, согласно волновой теории инноваций моделируется колебательным процессом с уменьшающейся со временем амплитудой (рис. 1).

Степень воздействия инновации на потребительскую среду соответствует амплитуде импульса в волновом процессе возмущающих колебаний. Колебания с уменьшающейся амплитудой представляют собой распространение и существование в потребительской среде новых РЭС, создаваемых и выпускаемых его изготовителями [2–4].

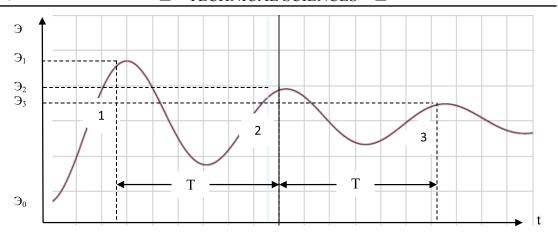


Рис. 1. Волновой процесс распространения инновации – разработанных РЭС

Амплитуда инновационной волны $\Im(t)$ снижается со временем, т.е. по мере ее распространения по экспоненциальному закону:

$$\Im(t) = \Im_0 + \Im_0 e^{-\delta t} e^{-j(\omega t - \varphi)} + kt, \qquad (1)$$

где Θ_0 — начальный технический уровень аналогичной продукции, или эффективность деятельности предприятия-создателя инновационного РЭС, ϕ — начальная фаза волнового процесса распространения инновационного РЭС, т.е. значение эффективности деятельности предприятия-создателя инновационного РЭС в момент времени t=0), δ — показатель снижения эффективности инновационного процесса (в частности, прибыли от реализации созданного РЭС), k — коэффициент влияния разработанного РЭС, его конструкции, технологии производства на уровень развития конструирования и технологии производства в радиоэлектронике.

Относительное изменение эффективности разработанного РЭС во времени, нормированное к начальному уровню эффективности предприятия-создателя инновации 9_0 , принимает вид:

$$\overline{\Im(t)} = 1 + e^{-\delta t} e^{-j(\omega t - \varphi)} + \frac{1}{\Im_0} kt.$$
 (2)

Эффективность разработанного РЭС, оцениваемая по амплитуде инновационной волны \mathfrak{I}_n с периодом T, скорости ее распространения и ослабления, зависит от многих факторов, основные из которых – оригинальность конструкции и технологии, принципиальная, техническая, конструктивная и технологическая сложность, защищающая его от законного и несанкционированного изготовления и распространения, технологический уровень разработки, тех-

нологическая готовность предприятия к освоению и выпуску.

Значение фактора снижения эффективности разработанного РЭС из (1)-(2) определяется как:

$$\delta = -\frac{1}{t} \ln \frac{\overline{\Im(t)} - \frac{k}{\Im_0} - 1}{\left[\cos \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right) - j \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right) \right]}. (3)$$

Первая волна в инновационном процессе создания и применения РЭС – возмущение в конкурентной и потребительской среде относится к ее созданию и использованию его создателем - предприятию-разработчику и изготовителю, а последующие соответствуют процессам у «вторичных» изготовителей, копирующим или воспроизводящим инновационный продукт на различных условиях. Первая волна соответствует динамике изменения эффективности деятельности предприятия-разработчика и изготовителя в зависимости от темпов освоения и выпуска РЭС. Подъем соответствует росту эффективности от производства и реализации продукции, отрезок стабильности – удержание достигнутой эффективности, спад эффективности – появление аналогов в нарушение прав приоритета, контрафактной продукции. Крутизна и продолжительность этапов зависят от степени инновационности разработанных РЭС, показателей деятельности предприятия-разработчика и изготовителя и его конкурентов, состояния потребительской среды [5–10].

Вторая волна соответствует появлению контрафактных РЭС. Снижение вследствие этого эффективности разработанных РЭС для предприятий-разработчиков и изготовителей сопровождается извлечением при-

были и повышением эффективности предприятий, выпускающих контрафактные аналоги инновационных РЭС.

Изменению эффективности предприятий, освоивших выпуск инновационной продукции на законных основаниях, по лицензии предприятия-правообладателя соответствует третьему максимуму на графике волнового процесса.

Динамика изменения эффективности от реализации разработанных инновационных РЭС предприятиями, освоивших их выпуск после окончания срока прав приоритета, выражается в волновом процессе четвертым максимумом.

Появление модернизированных аналогов разработанного РЭС на его основе соответствует пятому максимуму в волновом процессе.

Прогнозирование эффективности инновационных радиоэлектронных средств

Прогнозирование и оценка эффективности деятельности предприятия вследствие выпуска и реализации разрабатываемых инновационных РЭС на основании известных сроков действия прав приоритета на различные виды инновационной продукции по соотношению (3) представлена на рис. 2. Временная шкала (t) развития инновационного процесса установлена с учетом Российского патентного права, согласно которому срок действия исключительных

прав на изобретение, составляет 20 лет, на промышленный образцы – 15, а на полезные модели – 10 лет. С момента создания РЭС и законодательно закрепленного права на его разработку и распространения предприятия четвертой группы могут начинать их освоение и выпуск после окончания срока действия исключительных прав первопользователя через 20, 15 или 10 лет в зависимости от вида инновационного продукта. При упрощающем допущении о временной эквидистантности предприятий всех рассмотренных выше категорий, выпускающих один вид инновационного РЭС, значение периода волнового процесса Т составляет соответственно 5 лет для изобретений, 3,6 года для промышленных образцов и 2,5 года для полезных моделей.

На рис. 2 представлен один из частных случаев прогноза и оценки по представленной модели процесса распространения разработанного РЭС с периодом в 5 лет, что соответствует выпуску и реализации РЭС, защищенного патентом на изобретение. Исходными данными для расчета параметров инновационной волны были выбраны: $\delta = 0.2$ (показатель снижения эффективности инновационного процесса со временем), $k/3_0 = 0.03 \ (k/3_0 - \text{ относитель-}$ ный коэффициент влияния инновации на уровень развития в соответствующей области) и нормированный начальный уровень эффективности предприятия-разработчика $P \ni C \ni (0) = 0.6.$

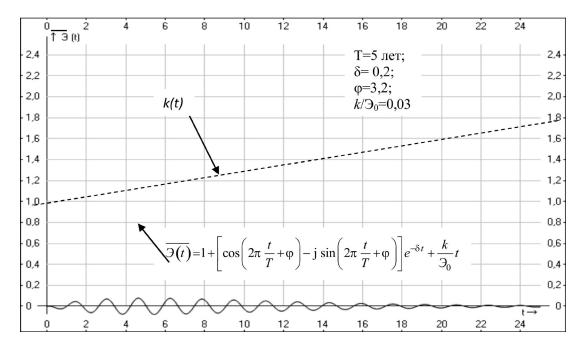


Рис. 2. Инновационная волна распространения изобретения (устройство, способ, лекарственные средства, пестициды, агрохимикаты)

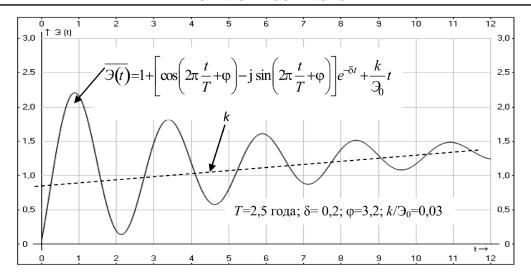


Рис. 3. Волновой процесс распространения инновации категории «полезная модель»

Представленный на графике (рис. 2) волновой процесс распространения разработанного РЭС иллюстрирует то обстоятельство, что предприятие-правообладатель извлекает значительный эффект от реализации разработки в течение первых четырех лет его существования, причем максимум эффекта приходится на первый и второй годы его реализации. Интенсивный рост достигает максимума, превышающего начальный уровень эффективности Э₀. Скорость повышения эффективности и достигаемые при этом значения зависят от уровня инновационности РЭС, спроса, других факторов. В течение третьего года происходит снижение эффективности из-за появления контрафактных аналогов РЭС. Пройдя максимум эффективности от реализации разработанного РЭС, предприятие-разработчик повышает в итоге эффективность своей деятельности, способствуя также своей инновационной деятельностью на развитие радиоэлектроники в целом и смежных отраслей. Коэффициент влияния инновации на уровень развития в той или иной области деятельности k(t) на рис. 2 представлен как результат усреднения значений эффективности каждого из периодов волнового процесса, соответствующих пяти категориям предприятий, реализующих инновационный продукт.

Второй максимум в волновом инновационном процессе соответствует предприятиям, освоившим выпуск подобий, контрафакта, подделок инновационного продукта. Скорость воспроизведения подобий подлинной продукции, не сдерживаемая решением правовых вопросов, обеспечивает значительное преимущество этой категории предприятий и организаций, благодаря чему эффект от реализации контрафактной продукции оказывается значительным. На рис. 2 он достигает более полуторократного превышения значения начальной эффективности предприятия-создателя инновационного продукта и занимает второе место после него в волновом процессе распространения и извлечения преимуществ от его использования.

Третья волна распространения и реализации преимуществ инновационного продукта — предприятия-лицензиары. Временной фактор и состоявшееся наполнение потребительской среды инновационной продукцией значительно снижают достигаемый эффект от освоения инновационной продукции по сравнению с первыми двумя категориями изготовителей, тем не менее, в максимуме обеспечивая полуторократное превышение достигаемого эффекта относительно исходного значения эффективности предприятия-создателя инновации.

Четвертый, все менее резкий максимум в волновом процессе принадлежит предприятиям, освоившим выпуск после срока действия прав приоритета на инновационную продукцию. Однако эффективность их благодаря и выпуску инновационной продукции и общему повышению уровня (технического, технологического, управленческого, образовательного и др.), достигнутого благодаря распространению инновационного продукта, достигается относительно высокая.

Подобно этому повышается эффективность предприятий пятой категории, освоивших выпуск аналогов инновационной продукции, используя заложенные в нее принципы, идеи, методы.

Аналогично развивается волновой процесс распространения другой категории ин-

новации – полезной модели, отличающийся меньшим значением периода (рис. 3).

Представленная модель волнового процесса может быть также использована и для решения обратных задач – расчету фактора

снижения эффективности инновации по соотношению (4) и оценке влияния инновации на уровень развития в той или области деятельности или вида продукции по коэффициенту k:

$$k = \frac{\mathcal{G}_0}{t} \left\{ \overline{\mathcal{G}(t)} - \left(1 + \left[\cos \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right) - j \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi \right) \right] e^{-\delta t} \right) \right\}. \tag{4}$$

Таким образом, представленная волновая теория инноваций вместе с упрощениями и допущениями позволяет анализировать и прогнозировать не только по качественным, но и по количественным показателям эффективность и развитие инновационной деятельности в различных масштабах — предприятия, отрасли, научно-технического направления, а также может дополнить современные инструменты инновационного менеджмента.

Направления и перспективы развития и применения волновой теории инноваций при создании радиоэлектронных средств

Представленный подход к возникновению и распространению инноваций в своей основе содержит ряд упрощений, допущений и ограничений, в большей или меньшей степени «отдаляющий» теорию от реальности [11–12]. Далее эти упрощения, допущения и ограничения рассмотрены с тем, чтобы определить и возможность их учета при анализе и прогнозировании инновационной деятельности в конкретных обстоятельствах, и направления развития теории, и применения волновой теории инновации для разработки инструментов детерминированного анализа и прогноза в управлении инновационной деятельностью.

Так, принятое исходное положение о постоянном периоде волнового процесса может получить развитие в виде дополнения математической модели апериодическим представлением инновационной деятельности.

Крутизна и продолжительность периодов волнового процесса, зависящие от многих факторов, включая степень инновационности продукта, особенности и показатели деятельности предприятий, конкурентной и потребительской среды, также требуют своего учета в математической модели.

Не менее перспективным направлением в развитии представленной теории представляется моделирование с усложнением гармонических функций для описания и анализа составляющих волнообразного инновационного процесса.

Список литературы

1. Сидорин А.В., Сидорин В.В. Волновая теория инноваций. Интернет-журнал «Мир науки», 2014. – № 3 (5).

[Электронный ресурс]. – М.: Мир науки, 2014. – Режим доступа: http://mir-nauki.com/sbornik3/5.pdf, свободный.

- 2. Махов В.А. Инноваторы побеждают. Поле битвы тяжелое машиностроение. Монография. Москва: Научно-издательский центр «Ладомир», 2013. 272 с.
- 3. Сидорин А.В. Анализ и прогнозирование конкурентоспособности инновационной продукции. Интернет-журнал «Науковедение». 2013. № 1 (14) [Электронный ресурс]. М., 2013. Ид. номер ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0421100136008. Режим доступа: http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf, свободный Загл. с экрана.
- 4. Подколзина И.М., Клишина Ю.Е., Сидорин А.В. и др. Концепции социально-экономического развития предприятий, отраслей, комплексов. Кн.2: Монография // Красноярск: Издательство «Научно-информационный центр», 2012. 136 с. Раздел 3. «Математическая модель устойчивого развития предприятия».
- 5. Сидорин А.В. Анализ и прогнозирование конкурентоспособности инновационной продукции. Интернет-журнал «Науковедение». 2013. № 1 (14) [Электронный ресурс]. М., 2013. Ид. номер ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0421100136008. Режим доступа: http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf, свободный Загл. с экрана.
- 6. Сидорин А.В. Модель потребительской среды в анализе и прогнозировании конкурентоспособности инновационной продукции. Интернет-журнал «Науковедение». 2013. № 1 (14) [Электронный ресурс]. М., 2013 Ид. номер ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0421100136008. Режим доступа: http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf, свободный Загл. с экрана.
- 7. Сидорин А.В., Сидорин В.В., Покровская М.В. Основные положения организационно-методического обеспечения качества научно-технической продукции в техническом университете. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3–6 декабря 2013, г. Москва. М.: МИРЭА, 2013. часть 6. С. 64–70.
- 8. Сидорин А.В. Анализ востребованности продукции потребительской средой по комплексному показателю ценовых возможностей. Материалы Международной научнотехнической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3–6 декабря 2013, г. Москва. М.: МИРЭА, 2013. часть 6. С. 77–81.
- 9. Сидорин А.В. Анализ и прогнозирование устойчивого развития предприятия. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3–6 декабря 2013, г. Москва. М.: МИРЭА, 2013. часть 6. С. 82–85.
- 10. Сидорин А.В. Анализ востребованности продукции потребительской средой по комплексному показателю восприятия качества продукции. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3–6 декабря 2013, г. Москва. М.: МИРЭА, 2013. часть 6. С. 91–95.
- 11. Сидорин А.В. Модель потребительской среды в анализе и прогнозировании конкурентоспособности инновационной продукции. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 3–6 декабря 2013, г. Москва. М.: МИРЭА, 2013. часть 6. С. 96–99.
- 12. Сидорин А.В., Сидорин В.В., Покровская М.В. Менеджмент качества процесса «Проектирование и разработка научно-технической продукции» в техническом университете на основе кластерного подхода. Вестник качества. М.: МИРЭА, 2014. № 4. С. 12–30.