

---

**О.Н. ПОДДУБНАЯ, В.Ю. ШУТИЛИН**

---

**ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНВЕСТИЦИОННОГО ЦИКЛА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

---

Современная мировая экономика находится на стыке пятого и шестого технологических укладов. Как известно, пятый уклад основан на информационных технологиях и состоит в интенсивном развитии таких отраслей, как микроэлектроника, информатика, биотехнологии, атомная энергетика, космические технологии, связь и навигация. В ближайшие десятилетия прогнозируется широкое освоение шестого технологического уклада, основой которого, по мнению экспертов, станут нанотехнологии, геновая инженерия, мультимедийные интерактивные информационные системы. Происходящие в глобальной экономике процессы (речь идет о смене технологических укладов) актуализируют изучение вопросов, связанных с формированием рынков высокотехнологичной продукции, их динамикой, инвестиционной активностью.

Уже на протяжении 10–15 лет в экономически высокоразвитых странах мира наблюдается устойчивая тенденция снижения материальной составляющей в стоимости продукции и услуг (только 10–15 %) и увеличения доли затрат на приобретение знаний и информации. Отличительной особенностью производств пятого и последующих технологических укладов является их высокая наукоемкость, определяемая как отношение расходов на НИОКР к общему объему продаж. Наукоемкими являются те отрасли, в которых указанный показатель продукции в 1,2–1,5 раза превышает среднемировой уровень по обрабатывающей промышленности индустриально развитых стран (в настоящее время он составляет 3,5–4,5 %). По классификации ОЭСД, формально к высокотехнологичным относятся 4 отрасли: аэрокосмическая, производство компьютерной и офисной техники, выпуск телекоммуникационного оборудования, фармацевтика, хотя и в некоторых других «знаниевая» составляющая может быть довольно высокой (машиностроение, металлургия, производство медицинской техники и др.).

Несмотря на наличие достаточного числа работ, посвященных инновациям в целом, описанию динамики инновационного процесса (начиная с основополагающих работ Й. Шумпетера [1; 2]), а также методам анализа, оценки, моделирования и прогнозирования инвестиционной деятельности в экономических системах, среди которых можно отметить [3–8] и ряд других, в настоящее время существует объективная необходимость их совершенствования, обусловленная серьезными структурными отличиями механизмов формирования добавленной стоимости в высокотехнологичных производствах по сравнению с традиционными отраслями.

Анализируя указанные отличия, прежде всего необходимо выделить ведущую роль НИОКР, осуществляемых в ходе инвестиционного цикла. Современная парадигма экономического развития говорит о НИОКР как о деятельности, осуществляемой за счет долгосрочных инвестиций. С точки зрения субъекта, работающего в сфере высоких технологий, результатом НИОКР может быть либо материальный продукт, либо объект интеллектуальной собственности (ОИС). Особо следует выделить возможные не окупившие себя в течение инвестиционного цикла затраты, появление которых нельзя исклю-

---

*Олеся Николаевна ПОДДУБНАЯ, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Белорусского государственного экономического университета; Вячеслав Юрьевич ШУТИЛИН, кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга Белорусского государственного экономического университета.*

чить в силу творческого характера процесса производства знаний. Однако, с одной стороны, способность полученного знания не убывать в процессе многократного использования, а с другой — уникальность создаваемых продуктов и связанная с этим определенная монополизация рынка приводят к тому, что за счет иногда даже единичных положительных результатов, получаемых на фоне хронических неудач, вложения в исследования и разработки окупаются на статистическом уровне. При этом эффект от внедрения нового знания будет прямо пропорционален объему и области применения полученного результата, в то время как затраты на НИОКР зависят прежде всего от их цели, а не от размеров компании.

Итак, процесс инвестиционного планирования в высокотехнологичных производствах приобретает специфические черты, обусловленные возможной неопределенностью конечного результата научного поиска и наличием знания как специфического неубывающего ресурса в воспроизводственном цикле компании.

Необходимо отметить, что среди различных авторов и специалистов нет единства относительно самого понятия «инвестиционный цикл» и его основных этапов. В наиболее общем случае — это время от начала осуществления какого-либо проекта до его ликвидации (т.е. период, в течение которого полностью осуществляются инвестиции и достигается определенный конечный результат). Основными целями при создании различного рода моделей инвестиционных циклов являются определение степени соответствия конкретного инвестиционного проекта экономическим и социальным ожиданиям рыночной среды (иногда с упреждением), а также поиск альтернативных инвестиционных решений, обеспечивающих максимизацию результата (дохода, прибыли, рыночной доли и т.п.) путем минимизации рыночных рисков. Большинство из исследованных моделей инвестиционного цикла, в том числе и экономико-математических, ориентированы на тщательный анализ запросов потребителей на прединвестиционном этапе, оценку финансовых рисков конкретных проектов и фондовые индикаторы и не в полной мере отражают особенности наукоемких производств.

На наш взгляд, подобный подход неприемлем при создании моделей инвестиционного цикла наукоемких отраслей и высокотехнологичных производств в силу следующих причин:

непредсказуемость результатов научного поиска. В ходе исследований и разработок можно получить продукт (конечный или промежуточный) с определенными, иногда заранее непрогнозируемыми свойствами, реализация которого на других рынках будет иметь более высокую эффективность, чем продажи основного товара;

одновременно с рынком материального продукта, как правило, формируется достаточно обособленный, хотя и связанный с товарным, рынок ОИС, развивающийся по несколько иным законам;

помимо рисков непринятия рынком инновационного продукта с заданными свойствами\* в материальной форме возникает и имеет существенный удельный вес риск, связанный с объективной невозможностью создания самого продукта (неудачи НИОКР);

более высокий уровень рисков, чем на традиционных рынках, следствием чего является потенциальная готовность инвестора к полной потере средств на отдельно взятом проекте, а критерием эффективности служит отдача инвестиций в целом, в конкретное направление научных разработок (в отрасль, сегмент рынка).

Объектом настоящего исследования являются рынки высокотехнологичной продукции, предметом — экономические отношения, возникающие в процессе инвестиционного цикла высокотехнологичных производств. Цель настояще-

---

\*Во многих моделях снижение рыночного риска обусловлено получением большого объема информации, собранной в ходе маркетинговых исследований, и более качественной ее структуризацией. Однако, когда речь идет о принципиально новых способах удовлетворения запросов потребителей, этот подход «не срабатывает».

го исследования — изучение взаимосвязей между объемом инвестиций и основными факторами, определяющими динамику рынков высокотехнологичной продукции, и на этой основе — разработка управляемой динамической модели, связывающей инвестиционную активность субъектов данного рынка с объемом производимых знаний и материального продукта. Следует особо отметить работу [9], где дается обзор математических моделей, в которых в явном виде присутствуют такие продукты, как знания, новшества и инновации.

Исследованию сложных и неоднозначных вопросов сути технологических и продуктовых инноваций, а также подходов к оценке инвестиционных возможностей отраслей, регионов, национальной и мировой экономик посвящено в последнее время немало публикаций [10–12] и др. В то же время такие проблемы, как «избыточность» производимых в высокотехнологичных отраслях знаний и формирование самостоятельных сегментов рынка, в рамках которых происходит коммерциализация «чистого» знания, остаются пока недостаточно изученными.

Основными задачами экономико-математического моделирования инвестиционного процесса высокотехнологичных производств являются:

- формализация (параметризация) основных факторов;
- установление взаимосвязей между объемами инвестиционных вложений и факторами рынка, оказывающими влияние на данный процесс;
- проверка разработанной модели на валидность в рамках конкретного рынка;
- прогноз развития изучаемого процесса в зависимости от поставленных целей (предсказание состояния процесса в любой момент времени, его управляемость под воздействием внешних и внутренних факторов и др.).

В качестве оценочного критерия инвестиционного потенциала отраслей высоких технологий (соответствующих сегментов рынка других отраслей) примем динамические показатели объемов реализованной продукции, созданной с использованием высоких технологий (емкости рынка), а также объемов коммерческих сделок по торговле технологиями и услугами технического характера.

Первый показатель является мерой материального продукта, второй, на наш взгляд, отражает возможную оценку продуцируемых знаний в данной отрасли как самостоятельного коммерческого продукта. Следует отметить, что только часть созданных знаний воплощается (реализуется) в товаре, имеющем натурально-вещественную форму (причем далеко не все из этих товаров имеют рыночный успех: по некоторым оценкам — не более 5–10 % от выпущенных на рынок). Другая часть знаний может выступать как самостоятельный объект купли-продажи (законченный продукт). Третья часть знаний, иногда называемых в литературе «чистым» знанием, является на определенном этапе затратным элементом, входящим в инвестиционную составляющую модели. Весь объем произведенных знаний в данном секторе должен найти воплощение в компонентах модели.

В рамках данной статьи и проектируемой модели не ставится вопрос об измерении и, тем более, оценке всего объема производимых и накапливаемых в том или ином секторе экономики научных знаний, поскольку отсутствует инструментарий для подобного рода измерений. Это, пожалуй, одна из основных проблем в исследованиях, посвященных указанной тематике. Однако, рассматривая рыночную среду, а именно на рынке созданный продукт, в том числе и знание, получают общественное признание и оценку его значимости, мы полагаем, что с целью моделирования в качестве оценочного критерия для коммерциализируемого знания может выступать емкость рынка ОИС. В основе данного предположения лежит тот факт, что в условиях свободного доступа к рыночной информации цена и объемы сделок с ОИС формируются, исходя из коммерческого потенциала приобретаемых ОИС и затрат на их создание (включая возможные издержки параллельных «тупиковых» разработок). Данный факт указывает также на тесную взаимосвязь динамики рынка готовых материальных продуктов, созданных с использованием полученных знаний, и объемов сделок с ОИС.

Совокупность факторов, описывающих материальный продукт, достаточно велика. В качестве наиболее общего показателя материального продукта нами выбрана емкость рынка. Прочими, менее значимыми факторами, оказывающими в той или иной мере влияние на динамику развития рынка, на данном этапе создания модели мы пренебрегаем. Отдельно отметим такую компоненту, как объем существующего и потенциального спроса. Осознавая важность желаемого присутствия данного компонента в любой модели рынка, тем не менее, мы вынуждены отказаться от его использования в явном виде в предложенной модели ввиду того, что возникают сложности с экспериментальной проверкой ее функциональности.

Издержки на производство нового знания как затратная составляющая модели находят выражение в расходах компаний высокотехнологического сектора, которые возмещаются за счет монопольной цены инновационной продукции, включая вложения в НИОКР, не оправдавшие себя в предыдущие периоды, и частично за счет стоимости ОИС, а также покрываются текущими чистыми инвестициями. Капитальные инвестиции переносят свою стоимость на готовый продукт в течение нескольких производственных (отчетных) циклов, включая не только расходы на создание знания, но и материальную составляющую. Однако в высокотехнологическом продукте удельный вес последней в стоимостном выражении, на самом деле, невелик\*. Тем не менее для обеспечения большей адекватности модели мы включили в нее оба фактора. При необходимости возможна дальнейшая дезагрегация инновационной составляющей: включение в модель внутренних и внешних затрат сектора на НИОКР, выделение среди капитальных вложений затрат на технологическое оборудование и инфраструктуру, в первую очередь — на информационные системы, влияющие на скорость обмена и создания знания. Этим аспектам будет уделено внимание в последующих работах.

Экзогенным фактором для данной модели является научно-промышленная, образовательная и правовая политика государства, реализуемая в исследуемых секторах экономики. В частности, в модели в качестве наиболее существенных внешних управляющих воздействий рассматриваются объем налоговых льгот, таможенных преференций, амортизационная политика, уровень патентно-правовой защиты авторских прав.

В основе разрабатываемой модели лежит ряд гипотез о специфике взаимосвязей указанных факторов. В частности, предполагается наличие линейной связи между объемом чистых инвестиций (отдельно для капитальных затрат и затрат на НИОКР) в данной отрасли и такими факторами, как:

— объем рынка высокотехнологичной продукции. Включение данной компоненты достаточно очевидно, так как определяет возможности отрасли по внутреннему инвестированию;

— объем реализованных ОИС. Помимо наличия указанного выше фактора усиления внутренних инвестиционных возможностей корпораций, существование самостоятельного сегмента рынка ОИС в данной отрасли выступает мощным стимулом, лежащим на стороне спроса и повышающим привлекательность данной сферы для внешних инвестиций;

— объем чистых инвестиций в предыдущий период. Наличие запаздывающего аргумента в данной функции вызвано тем, что привлекательность отраслей высоких технологий для новых инвесторов (из традиционных отраслей) в немалой степени обусловлена инвестиционной активностью в этой сфере в предыдущие периоды. Объяснений такому феномену может быть несколько, однако главные, на наш взгляд, следующие. Во-первых, «инвестиционный бум» искусственно расширяет границы рынка и увеличивает его емкость, обещая возврат даже тех вложений, которые сделаны в более поздние периоды. Разумеется, при этом возрастает роль и значение маркетинговых инстру-

---

\*Речь идет в данном случае только о продуктах отраслей пятого и шестого технологического уклада.

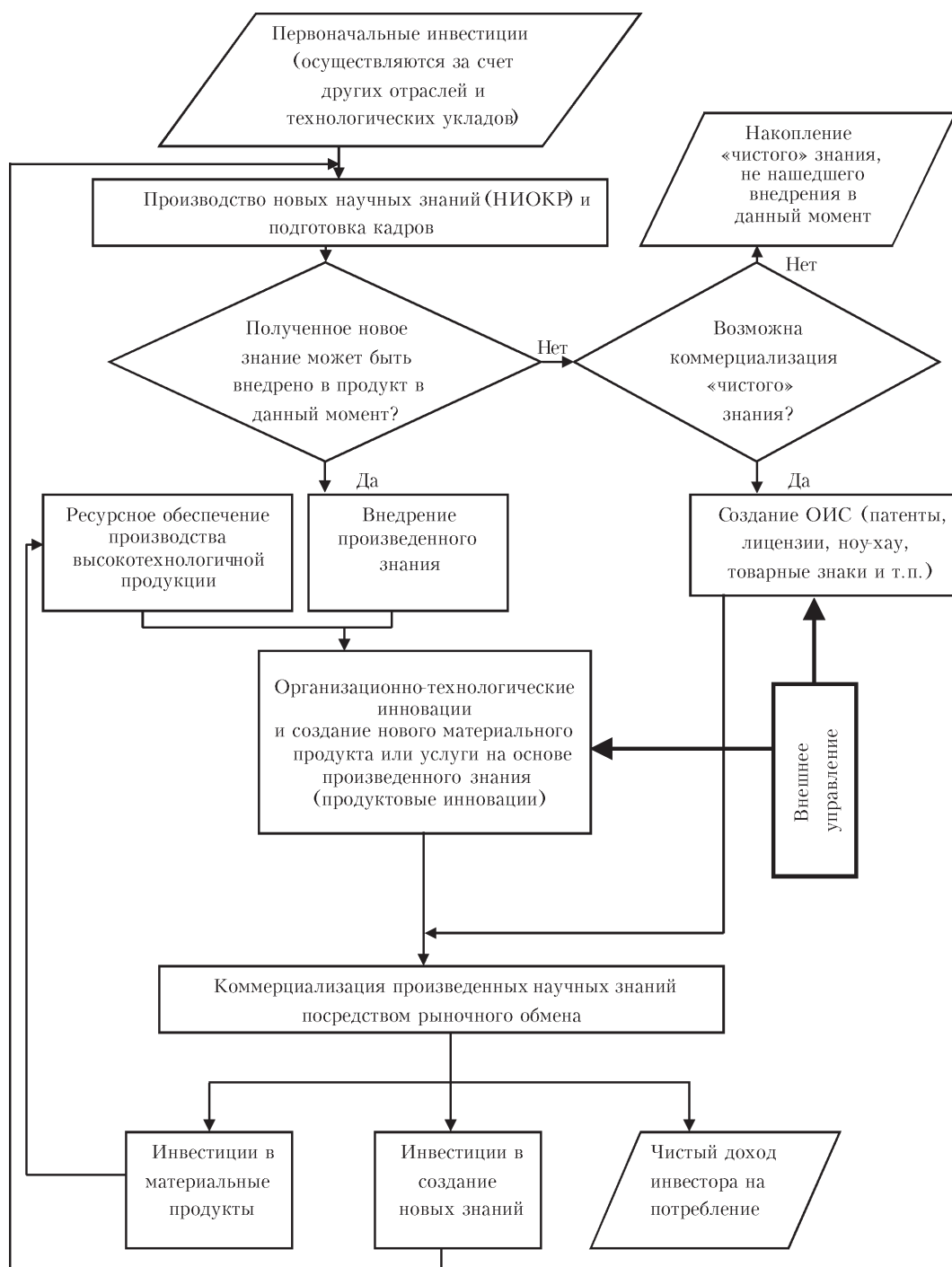


Рис. 1. Модель инвестиционного цикла высокотехнологичных производств

ментов для создания и поддержания высокого спроса, и значительная часть новых инвестиций идет уже на организационные инновации. Во-вторых, значительный объем инвестиций, сделанных на предыдущем этапе, свидетельствует о большой сумме накопленных знаний и высоком «разогреве» рынка, когда даже незначительное нововведение может превратиться в коммерчески выгодный продукт. Типичный пример подобного «самовозрастания» инвестиций демонстрировали в последнее десятилетие различные сегменты IT-рынка, особенно рынок так называемых dot-com'ов. И хотя в определенный момент времени произошел обвал данного рынка, взаимозависимость между объемом прошлых и настоящих инвестиций в высокотехнологичных отраслях стала вполне очевидной;

— характер управленческих воздействий.

Модель инвестиционного цикла высокотехнологичных производств может быть представлена в виде следующей схемы (рис. 1).

Опишем динамику инвестиционного процесса высокотехнологичных производств согласно приведенной на рис. 1 схеме. В момент времени  $t$  от 0 до  $h$  закладываются основы будущего рынка.

На наш взгляд, на формирующихся рынках высокотехнологичной продукции первоначальный спрос чаще всего присутствует в неявном виде — в ожидании технических и технологических решений, способных его удовлетворить, фундаментальные основы которых закладываются в процессе производства новых научных знаний и неразрывно связанной с ним подготовкой кадров.

Вопрос об оценке рисков, а также об объемах и структуре первоначальных инвестиций находится за рамками рассмотрения данной модели в силу указанных выше причин. На последующем этапе анализируются имеющиеся возможности использования полученных новых научных знаний при создании конкретных продуктов (технологий), способных привлечь к себе внимание покупателей-новаторов. В случае, если принимается положительное решение о внедрении результатов НИОКР в производство, осуществляются организационно-технологические инновации и создается новый материальный продукт или услуги на основе произведенного знания (в некоторых случаях этап организационно-технологических инноваций может отсутствовать). Очевидно, что для производства любого материального продукта необходимо ресурсное обеспечение. Все это можно охарактеризовать как подготовительный этап формирования изучаемого рынка.

На следующем этапе в момент времени  $t = h$  рынок «оживает» — происходит так называемая кристаллизация рынка, т. е. появляется продукт, который в состоянии удовлетворить спрос. Продуктовые инновации оцениваются потребителями на рынке (скрытый спрос превращается в реальный). В зависимости от степени принятия рынком новшества (фактически от уровня и характера спроса на него) решается вопрос о дальнейших реинвестициях.

В том случае, если полученные в результате НИОКР новые научные знания не могут быть по каким-либо причинам реализованы в данный момент в материальном продукте, решается вопрос о целесообразности их использования в качестве самостоятельного интеллектуального продукта (регистрация патентов, лицензий, товарных знаков и оформление ноу-хау). Созданный ОИС коммерциализируется на соответствующих рынках высокотехнологичных производств. С одной стороны, необходимо отметить, что довольно большая часть знаний не воплощается ни в товарах, ни в ОИС, однако может быть задействована в НИОКР на последующих этапах инвестиционного цикла, а также в других отраслях. С другой стороны, некоммерциализированные в данный момент времени знания накапливаются, создавая предпосылки для качественных скачков (формирование новых технологических укладов).

Ряд факторов внешнего управляющего воздействия, используемых в предложенной модели, очевиден, а их включение в модель не требует доказательств (уровень налогообложения, амортизационная политика, таможенные пошлины и др.). Однако ввиду наличия отдельного сегмента рынка ОИС в модели требуется учет таких экзогенных факторов, как уровень патентно-правовой защиты авторских прав, определяемый государством и инвестором. Чем выше указанный уровень, тем более высокими темпами развивается указанный сегмент рынка.

Переходя к математическому описанию модели, введем следующие обозначения ее параметров, задаваемых функциями от временного аргумента и выраженных в каждый момент в денежных единицах:

$v_1(t)$  — объем выпускаемых товаров и услуг;  $v_2(t)$  — объем коммерческих сделок по торговле ОИС;  $i_1(t)$  — общие затраты сектора высокотехнологичной продукции за исключением затрат на НИОКР;  $i_2(t)$  — инвестиции в новые знания (затраты на НИОКР);  $u_1(t)$  — объем налоговых льгот и таможенных преференций;  $u_2(t)$  — объем амортизационных отчислений;  $u_3(t)$  — уровень патентно-правовой защиты авторских прав.

С учетом установленных взаимосвязей и введенных обозначений экономико-математическая модель инвестиционного цикла высокотехнологичных производств описывается системой уравнений следующего вида:

$$\begin{aligned} i_1(t) &= g_{11}v_1(t) + g_{12}v_2(t) + k_{11}i_1(t-h) + k_{12}i_2(t-h) + l_{11}u_1(t) + l_{12}u_2(t) + l_{13}u_3(t); \\ i_2(t) &= g_{21}v_1(t) + g_{22}v_2(t) + k_{21}i_1(t-h) + k_{22}i_2(t-h) + l_{21}u_1(t) + l_{22}u_2(t) + l_{23}u_3(t), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $t \geq h$ ,  $h = \text{const}$ .

Соответствующие элементы матриц  $G = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{2 \times 2}$ ,  $K = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{2 \times 2}$ ,

$L = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{11} & l_{22} & l_{32} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{2 \times 3}$  задают вес каждого компонента отрасли, инвестиционной программы, управленческой политики в процессе инвестиционного цикла высокотехнологичных производств, описываемом предложенной алгебраической системой с запаздыванием.

Подготовительный этап формирования изучаемого рынка с математической точки зрения описывается начальными условиями для системы (1):  $i_1(\tau) = \psi_1(\tau)$ ;  $i_2(\tau) = \psi_2(\tau)$ ;  $\tau \in [0, h]$ .

Построение моделей рынка, описывающих указанные взаимосвязи, имеет, на наш взгляд, не только теоретическую, но и безусловную практическую значимость, позволяя прогнозировать конъюнктуру указанных рынков, целесообразность инвестиций и их ожидаемую отдачу.

Таким образом, в рамках настоящей статьи предложены методологические подходы к формализации инвестиционного процесса высокотехнологичных производств, отличительной чертой которых является:

- выделение самостоятельной «знаниевой» компоненты как основы для формирования взаимосвязанных и взаимозависимых сегментов рынка продуктов и объектов интеллектуальной собственности, а также как самостоятельного источника получения дохода инвестора;
- использование запаздывающего аргумента в инвестиционном цикле, обеспечивающего учет фактора так называемого самовозрастания инвестиционной активности в отраслях пятого и шестого технологических укладов в зависимости от объемов инвестиций на предыдущих этапах.

Предложенная модель иллюстрирует гипотезу о том, что объем инвестиций в высокотехнологичные отрасли обусловлен как емкостью самого рынка, так и объемом инвестиций в предыдущий период, а также проводимой управленческой политикой. Однако построенная модель не в полной мере отражает дина-

мику развития рынка — такие важнейшие факторы, как емкость рынка высокотехнологичной продукции и ОИС являются «пассивными», т.е. для расчета инвестиций в текущий момент времени априори необходима информация о состоянии этих рынков. В дальнейшем предполагается модернизация построенной модели посредством включения в нее темпов роста емкости рынков высокотехнологичной продукции и объектов интеллектуальной собственности.

### Литература

1. Шумпетер, Й. Теория экономического развития / Й. Шумпетер. — М.: Прогресс, 1982.
2. Шумпетер, Й. Капитализм, социализм и демократия / Й. Шумпетер. — М.: Прогресс, 1992.
3. Донцова, Л.В. Экономико-математическое моделирование процессов инвестиционно-строительной деятельности / Л.В. Донцова // Менеджмент в России и за рубежом. — 1999. — □ 1.
4. Бочаров, В.В. Финансово-кредитные методы регулирования рынка инвестиций / В.В. Бочаров. — М.: Финансы и статистика, 1993.
5. Теплова, Т.В. Инвестиционные рычаги максимизации стоимости компании. Практика российских предприятий / Т.В. Теплова. — М.: Вершина, 2007.
6. Тумачев, Е.С. Проблемы инвестирования / Е.С. Тумачев // Аудит и финансовый анализ. — 2001. — □ 1.
7. Багриновский, К.А. Методы моделирования и анализа свойств механизмов инновационного развития / К.А. Багриновский, М.А. Бенедиктов // Экономика и мат. методы. — 2007. — Т. 43. — □ 3.
8. Рудник, П.Б. Ценовая конкуренция и структура рынков в высокотехнологических отраслях / П.Б. Рудник // Экономика и мат. методы. — 2008. — Т. 44. — □ 4.
9. Макаров, В.Л. Обзор математических моделей экономики с инновациями / В.Л. Макаров // Экономика и мат. методы. — 2009. — Т. 45. — □ 1. — С. 3—14.
10. Lienhardt, J. High-tech industries in the EU / J. Lienhardt // Eurostat. Statistics in focus. Industry, trade and services. — 2003. — 11.
11. Scotchmer, S. Innovation and Incentives / S. Scotchmer. — Cambridge: The MIT Press, 2004.
12. Дементьев, В. Догоняющее развитие через призму теории «длинноволновой» технологической динамики: аспект «окон возможностей» в кризисных условиях / В. Дементьев // Рос. экон. журн. — 2009. — □ 1—2.

**В.П. КЛЯУЗЗЕ**

## ОСНОВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МУЛЬТИПЛИКАТОРЫ В СИСТЕМЕ ОБЯЗАТЕЛЬНОГО СТРАХОВАНИЯ

В настоящее время в Республике Беларусь система обязательного страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний функционирует на основании Указа Президента Республики Беларусь от 25 августа 2006 г., □ 530 «О страховой деятельности» [1]. Система введена в действие с 1 января 2004 г. предшествовавшим данному Указу Декретом Президента Республики Беларусь от 30 июля 2003 г. «Об обязательном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». В результате введена страховая схема возмещения вреда, в соответствии с которой наниматель (страхователь) уплачивает страховые взносы страховщику, а

---

*Венедикт Петрович КЛЯУЗЗЕ, кандидат искусствоведения, доцент кафедры экономики труда Белорусского государственного экономического университета.*