

Методологические и методические аспекты преобразования технологии в инновационный продукт



А. В. Медведев,
д. ф.-м. н., доцент,
профессор кафедры высшей
математики, Кемеровский
государственный университет
e-mail: alexm_62@mail.ru



С. М. Никитенко,
д. э. н., доцент, ведущий
научный сотрудник, Институт
угля Сибирского отделения
Российской академии наук
e-mail: nsm.nis@mail.ru



А. В. Гребенников,
ведущий инженер,
Институт угля Сибирского
отделения Российской
академии наук
e-mail: gav1956@mail.ru

В статье обосновывается необходимость формирования нового элемента инновационной системы, ключевой функцией которого является преобразование единицы инновационной технологии (ЕИТ) в единицу инновационного продукта (ЕИП). Для оценки эффективности преобразования ЕИТ в ЕИП авторами предлагается оптимизационная математическая модель управления инвестициями в основные производственные фонды нового инфраструктурного элемента.

Ключевые слова: моделирование инновационного процесса, формирование инновационной инфраструктуры, преобразование технологии в продукт.

Продвигаясь по пути к постиндустриальному обществу, человечество совершенствует свои средства труда и вовлекает в производственный процесс все новые предметы труда, что служит важнейшим показателем применения научного знания в процессах материального и духовного производства. Этот факт означает, что для современного экономического роста важнейшую роль играет не количество и не качество вовлекаемых в производственный процесс вещества и энергии, а производство и потребление новых знаний, овеществленных в продуктах человеческого труда. Современное производство невозможно без увеличения количества применяемой в производственных процессах информации и без повышения ее качества, обеспечивающего соответствие добытых человечеством научных знаний и их производительного овеществления в технико-технологических решениях.

Научно-технический прогресс в современной экономической науке трактуется, в основном, как непрерывный процесс использования передовых достижений науки и техники в производстве с целью повышения его эффективности. Достижения научно-технического прогресса, главным образом его технологическая составляющая, меняют структуру производства, значительно повышая эффективность

экономики. Новые знания, используемые в реальном секторе экономики, в последние годы часто называют инновациями.

Одной из важных характеристик технологического процесса, основанного на инновациях, является количество производственных этапов, стоящих между природным ресурсом и конечным продуктом труда, изготовленным из него. Активное включение интеллектуальных ресурсов в технологический процесс способствует дальнейшему разделению труда (в частности, выделение высокотехнологичного сектора производства в отдельную отрасль хозяйства). Это, в свою очередь, приводит к сокращению количества производственных этапов технологического процесса и ликвидации ряда промежуточных производственных звеньев [1]. Таким образом, новые знания, как универсальное средство труда, обладают уникальным свойством непосредственного и одновременного воздействия сразу на все звенья производственной цепочки, составляющей вещественное содержание технологического процесса.

В данном случае реализация интеллектуальных ресурсов в системе общественного производства, в отличие от потребления природных ресурсов и энергии, повышает организованность, упорядоченность среды, в которой осуществляется производственный процесс.

Технология — особый вид товара на рынке. На определенной стадии движения по траектории «идея — рынок» инновационная технология приобретает товарный вид (патент, производственный опыт, «ноу-хау» и пр.) и может быть предметом передачи (диффузии).

Производственный процесс может выстраиваться на совершенно новых, уникальных технологиях, предполагающих получение товарной продукции с новыми потребительскими свойствами, а также может модернизироваться в рамках уже отработанных технологий, на основе которых выпускается пользующаяся спросом продукция. Любые новые знания представляют собой только «сырье» для разработки новой технологии. На любой стадии процесса коммерциализации новой технологии обязательно стоит вопрос о необходимости ее доработки и о том, сколько для этого нужно средств, что в дальнейшем будет формировать уровень стоимости и цены технологии.

Многие экономисты считают, что стоимость технологии, как правило, не определяется только расходами, связанными с ее созданием. В этом смысле технология аналогична таким товарам, стоимость которых зависит от величины дополнительной прибыли, которую можно получить вследствие ее реализации.

В своих научных трудах д. э. н. В. Г. Зинов трактует понятие «цена технологии» как часть дохода от реализации продукции, которую можно изготовить по этой технологии. Потому и у новых, и у традиционных технологий есть цена, пропорциональная объему рынка соответствующей продукции. При этом автор акцентирует внимание не на сумме, а на соотношении затрат и объема рынка. Если затраты более, чем в сто раз меньше обоснованных оценок объема рынка, то тогда можно говорить о том, насколько технология потенциально реализуема. Автор также отмечает, что такое соотношение чаще всего возможно при оценках с позиции мирового рынка. Региональные возможности всегда скромнее, но при высокой степени готовности технологии для формирования производственного процесса и, соответственно, малых затратах вполне может быть достаточна емкость национального или регионального рынка.

В другой работе [2] приводится целый ряд факторов, влияющих на величину цены технологии:

1. Расходы на НИОКР (прямая пропорциональная зависимость).
2. Новизна технологии — чем более старой является технология, тем ниже ее цена.
3. Величина издержек, связанных с возможной передачей технологии (прямая пропорциональная зависимость).
4. Уровень прибыли, величина которой находится в прямой зависимости от доли потенциального рынка.

Далее автор определяет «нижнюю границу» цены технологии в виде величины затрат на ее создание плюс средняя прибыль. В понятие «верхняя граница» цены технологии вкладывается достаточно высокая доля от потенциальных доходов. В целом С. В. Кацнель делает вывод, что цена технологии может колебаться в очень широких границах, и ее конкретная величина находится в прямой зависимости от рыночных условий.

Многие авторы посвятили свои научные труды исследованию рыночной диффузии инновационного продукта на основе использования технологии имитационного моделирования. В одной из работ [3] отмечается, что «в теории инновационного менеджмента принято выделять две модели инновационного процесса». Первая — диффузная модель — характеризуется, в первую очередь, развитостью коммуникаций между субъектами инновационной деятельности, вторая — внутриорганизационная модель — акцентирует внимание на законах функционирования организации, занимающейся инновационной деятельностью. В работе также выделяется целый ряд факторов, от которых зависит динамика описываемых процессов рыночной диффузии инновационного продукта. К этим факторам отнесены: объем производства; стратегии ценообразования; уровень качества продукта, обусловливаемый объемом затрат на соответствующие мероприятия по его контролю; уровень затрат на продвижение нового товара на рынке (рекламу); наличие и рыночная активность конкурентов; временные параметры жизненного цикла продукта. Перечисленные факторы, степень и форма их влияния на процесс распространения инновации, как указывают авторы, в общем случае определяются множеством взаимосвязанных параметров социально-экономической среды протекания инновационных процессов. Таким образом, системно-динамическая модель рыночной диффузии инновационного продукта, по их мнению, становится целым комплексом взаимосвязанных подмоделей, в том числе модели ценообразования, определяющей уровень цены инновационного продукта в каждый момент модельного времени.

Экономический анализ диффузии новых технологий заключается в понимании процесса их распространения на рынке во времени. Несмотря на растущее число публикаций в области диффузии инноваций, влиянию финансовых факторов на процессы диффузии новых технологий отводится недостаточно внимания. Некоторые технологии просты, а некоторые сложны. Некоторые дороги, другие дешевы. Некоторые передовые, другие менее передовые. Некоторые включают больше неосязаемых активов, чем другие [4].

Российская практика уже располагает множеством примеров, один из которых — технология получения сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Доведенная до промышленного применения технология позволяет производить целую линейку новых видов продукции:

- сверхпрочное волокно для изготовления средств бронезащиты (бронезилеты, каски, пуленепробиваемые пластины);
- спортивный инвентарь (скользящая поверхность пластиковых лыж);
- тонкослойное полимерное покрытие емкостных аппаратов, работающих в агрессивных средах (защита от коррозии);
- изделия, обладающие повышенной ударной стойкостью и износостойкостью (облицовка горношахтного оборудования и кузовов самосвалов);
- морозостойкие композиционные материалы для уплотнительных резинотехнических изделий;

- сепараторные пластины для аккумуляторов и фильтров, работающих в агрессивных средах.

Следующий пример из области металлургии. Альтернативной технологической платформой в металлургии XXI века могут стать новые научные знания, которые уже сегодня позволяют [5]:

- разработать новые металлические сплавы, технологии их получения и обработки, предусматривающие применение бывших «вредных» элементов (водорода, азота, кислорода, серы, фосфора и других) в качестве основных легирующих элементов;
- полностью убрать с поверхности Земли отходы технической деятельности человека с помощью главного восстановителя — водорода, вводить замкнутное производство черных и цветных металлов и сплавов с переработкой собственных шлаков;
- разработать новые технологические процессы получения и обработки металлов и сплавов с позиций ведущей роли водорода в формировании служебных и технологических свойств, что позволит получать дешевые материалы с необычно высоким уровнем физических, химических и механических свойств.

Новая технологическая платформа будет способна устранить белые пятна в вопросах электричества, магнетизма, полиморфных превращений, природы выделений промежуточных фаз, фазовых превращений и т. д.

Таким образом, на основе одной, базовой технологии может быть создано несколько видов различных высокотехнологичных продуктов с совершенно новыми потребительскими свойствами. С другой стороны, некоторые высокотехнологичные продукты могут быть созданы лишь на базе совокупности нескольких технологических новаций. Поэтому авторы статьи видят корректным ввести новые понятия «**единица инновационной технологии**» (ЕИТ) и «**единица инновационного продукта**» (ЕИП).

ЕИТ — это технологически сформированные результаты интеллектуальной деятельности в виде оформленных и оцененных объектов промышленной собственности (способ — процесс осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств; «ноу-хау» — секреты производства, производственный опыт; и пр.), имеющие нематериальную природу, но имеющие потенциал для промышленного применения и позволяющие создавать материальные предметы.

ЕИП — это результат преобразования единицы (нескольких единиц) инновационной технологии в овецищенный высокотехнологичный продукт, обладающий улучшенными или уникальными технико-экономическими показателями (характеристиками) и потребительскими качествами (свойствами) и имеющий устойчивый растущий спрос в определенном секторе (секторах) рынка.

Российский бизнес-сектор характеризуется низкой степенью его прямого участия в научных исследованиях и разработках. В большинстве отраслей российской промышленности доминирующей формой инновационной деятельности считается закупка оборудования

и экспертных услуг за рубежом, а не инвестиции в собственный научный потенциал [6]. Это происходит, в том числе, по причине отсутствия у элементов инновационной системы ключевой функции, обеспечивающей «материализацию» объектов интеллектуальной собственности, то есть, преобразование ЕИТ в ЕИП.

В настоящее время эту ключевую функцию выполняют инновационно активные фирмы. Совокупность человеческих ресурсов, а также институтов, взаимодействующих между собой в пределах фирмы по поводу инициирования, осуществления, поддержки, развития и распространения новых технологий формируют инновационную систему фирмы (ИСФ), которая, в данном случае, представляет своего рода модель «черного ящика», как считают авторы, преобразующего ЕИТ в ЕИП и является характеристикой внутренней среды фирмы. Данный подход соответствует внутриорганизационной модели диффузии инноваций [3].

Таким образом, ИСФ рассматривается в нескольких аспектах. Во-первых, она носит системный характер и представляется как совокупность взаимодействующих между собой элементов; во-вторых, в ее основе лежат институциональные механизмы регулирования этого взаимодействия; в-третьих, выделение ее главной функции по инициированию, производству, поддержке, развитию и распространению инноваций, то есть, по преобразованию ЕИТ в ЕИП.

Инновационный продукт (ЕИП) появляется в результате взаимодействия различных субъектов, проявляющегося как в форме внутрифирменных транзакций, так и связей с внешней средой, а также институтов регулирующих данное взаимодействие, причем его основу составляет подсистема генерации знаний. ИСФ это особая инфраструктура для инициирования, поддержания и реализации инновационного процесса, преобразующего ЕИТ в ЕИП и включающая в себя как субъектов инновационной деятельности, так и объект — инновационную технологию [7].

В итоге, авторы статьи пришли к необходимости формирования (в фирме, корпорации, кластере, на мезоуровне и т. д.) нового инфраструктурного элемента (НИЭ), главной функцией которого будет эффективное преобразование ЕИТ в ЕИП. Результатом процесса будет выход единицы (нескольких единиц) инновационного продукта с улучшенными или уникальными технико-экономическими свойствами. Следует отметить, что НИЭ одновременно выполняет функцию институционально-инфраструктурного элемента, обеспечивающего сближение (коммуникацию) субъектов инновационной деятельности (это соответствует функции диффузной модели распространения инноваций), а так же представляет собой организацию, преобразующую ЕИТ в ЕИП, что соответствует функции внутриорганизационной модели распространения инноваций. Исходя из основной функции, выполняемой в НИЭ, это инфраструктурное звено условно можно назвать «бизнес-преобразователем» (бизнес-конвертер).

Наилучшим подходом к формированию НИЭ, по мнению авторов, может быть применение стандартной методологии (IDEF0), обеспечивающей четкий формализованный подход к созданию функциональных

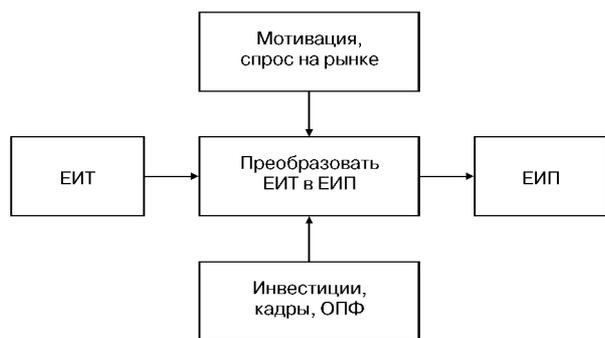


Рис. 1. Первичная схема контекстной диаграммы

моделей — структурных схем систем. Функциональная модель, в данном случае, разрабатывается для понимания, анализа и принятия решений о реконструкции или замене существующего инфраструктурного элемента, либо проектирования НИЭ. Она описывает, что происходит в формируемой инновационной системе (фирмы, кластера, региона и пр.), как ею управлять, какие сущности она преобразует, какие средства будут использованы для выполнения своих функций и что будет произведено. Модель изначально представляется единственной функцией «Преобразовать ЕИТ в ЕИП» в составе контекстной диаграммы верхнего уровня (рис. 1), которая в дальнейшем при декомпозиции раскладывается на основные подфункции посредством создания дочерних диаграмм.

Совокупность диаграмм, в результате, образует модель формируемой системы, которая относится к классу концептуальных моделей, являющихся основой для построения математических моделей.

Для оценки эффективности преобразования ЕИТ в ЕИП авторами предлагается оптимизационная линейная модель управления инвестициями в основные производственные фонды (ОПФ) НИЭ.

Введем следующие обозначения:

- $k = 1, \dots, n$ — порядковый номер ОПФ;
- n — количество ОПФ;
- m_k — количество единиц k -го вида ОПФ;
- c_k — стоимость k -го вида ОПФ;
- P_k — стоимость реализации продукции, произведенной на k -м ОПФ;
- V_k — производительность k -го вида ОПФ;
- T_k — время полезного использования k -го вида ОПФ;
- T — горизонт планирования инновационного проекта;
- q_k — спрос на продукцию, произведенную на k -м виде ОПФ;
- $\delta_k = (P_k V_k) / c_k$ — максимальная фондоотдача в единицу времени k -го вида ОПФ;
- $r_{ps}(k) = R_s / R_p$ — коэффициент, отражающий, во сколько раз выручка на стадии послепродажного сервиса больше выручки от продаж k -го вида инновационной продукции;
- $x_k = c_k m_k$ ($k = 1, \dots, n$) — стоимость всех приобретаемых ОПФ k -го вида;
- $x_{n+k} = P_k m_k y_k$ ($k = 1, \dots, n$) — выручка от реализации k -го вида инновационной продукции (в количестве y_k);

- x_{2n+1} — сумма дополнительных, внутренних для организации, инвестиций;
- x_{2n+2} — сумма дополнительных, внешних для организации, инвестиций;
- $\alpha_i, i=1, \dots, 4$ — ставки налогов на добавленную стоимость, имущество, прибыль и страховых взносов организации соответственно;
- p — процент оборотных затрат в сумме всех затрат производителя;
- β — процент выручки от продаж, выделяемый на фонд оплаты труда.

С учетом введенных обозначений математическая модель управления инвестициями в основные производственные фонды НИЭ имеет вид:

$$J_{inv} = -\sum_{k=1}^n \frac{\gamma_{1k} + 1 + r}{1 + r} x_k + \sum_{k=1}^n \frac{\gamma_{2k}}{1 + r} x_{n+k} - x_{2n+1} - x_{2n+2} \rightarrow \max;$$

$$\sum_{k=1}^n \gamma_{1k} x_k - \sum_{k=1}^n \gamma_{2k} x_{n+k} - x_{2n+1} - x_{2n+2} \leq 0;$$

$$-\delta_k x_k + (1 + T r_{ps}(k)) x_{n+k} \leq 0;$$

$$(1 + T r_{ps}(k)) x_{n+k} \leq q_k;$$

$$x_{2n+1} \leq I_0, \quad x_{2n+2} \leq K_0, \quad \sum_{k=1}^n x_k \leq M_0,$$

где

$$\gamma_{1k} = (1 - \alpha_3) / (1 - p) [-T / T_k - \alpha_2 (1 - T / T_k) - 1] - T / T_k,$$

$$\gamma_{2k} = (1 - \alpha_3) / (1 - p) [(1 - p)(1 + T r_{ps}(k)) - \beta_1 - \alpha_1 - \alpha_4 \beta_1],$$

I_0 — максимальная сумма дополнительных внутренних инвестиций; K_0 — максимальная сумма дополнительных внешних инвестиций; M_0 — максимальная сумма инвестиций в НИЭ.

Представленная модель базируется на концепции денежных потоков, циркулирующих в системе экономических агентов: производитель, потребитель, управляющий орган [8]. Особенностью данной экономико-математической концепции, отличающей ее от широко используемых, является учет бухгалтерских правил формирования доходных и расходных потоков указанных экономических агентов, в первую очередь, потока прибыли. Модель позволяет учитывать такие инновационные факторы производства, как неопределенность ценообразования, спроса, характеристик ОПФ, период послепродажного обслуживания высокотехнологичной продукции и другие.

Содержательно целевой критерий J_{inv} модели, являющейся многопараметрической задачей линейного программирования (ЗЛП), представляет собой сальдо денежных потоков от производства высокотехнологичной продукции всех видов, приведенное по ставке дисконтирования r , учитывающей требования инвестора по доходности проекта, инфляционную составляющую и премию за риск, а неравенства модели — соответственно:

- 1) платежеспособность (неотрицательность собственных средств) производителя;
- 2) ограничение выпуска продукции технико-экономическими возможностями ОПФ с коэффици-

циентом пропорциональности в виде их фондоотдачи;

- 3) ограничение выпуска уровнем спроса на продукцию, в том числе инновационную;
- 4) инвестиционные ограничения.

Следует отметить, что применение оптимизационной модели имеет стратегическое преимущество по сравнению с моделями имитационного характера (которые, в частности, лежат в основе известных пакетов прикладных программ (ППП) типа Project Expert, Альт-Инвест, Powerswin и т. п.), поскольку позволяет непосредственно выйти на оптимальные значения объемов производства и реализации продукции, инвестиционных вложений при преобразовании ЕИТ в ЕИП и оценить экономическую эффективность соответствующего инновационного проекта в условиях изменяющегося рыночного окружения.

Учитывая, что количество производимых видов инновационной продукции может быть значительным (от десятков до сотен), исследование математической модели производилось с помощью автоматизированного программного продукта «Карма» [9], который представляет собой совокупность программ, решающих как статические, так и динамические линейные задачи оптимизации в многокритериальной, многопараметрической постановке. ППП «Карма» применим как для анализа инновационных проектов с относительно низкой степенью неопределенности технико-экономических и рыночных показателей, так и с высокой степенью неопределенности указанных показателей.

Предложенный инструментарий в виде математической модели и автоматизированного средства ее анализа позволяет решать задачу предварительной оценки эффективности единицы инновационной технологии при создании высокотехнологичной продукции. Его использование дает возможность субъектам управления регионов и муниципалитетов и другим заинтересованным сторонам принимать обоснованные управленческие решения по количеству, видам, структуре производства инновационного продукта, уровню требуемых инвестиций. Предложенный инструментарий может быть рекомендован для предварительной оценки инновационных проектов на стадии их формирования и отбора для включения в перечень, утверждаемый Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям.

* * *

Статья подготовлена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 13-12-42009 «Квази-ГЧП проекты как фактор становления и развития института государственно-частного партнерства в России»).

Список использованных источников

1. Э. Б. Голланд, Л. П. Денисова. Интенсификация общественного производства и совершенствование управления научно-техническим прогрессом. Минск, 1983.
2. С. В. Кацнель. Мировая экономика: учебное пособие. М., 2007.
3. М. Г. Шишаев, С. Н. Малыгина, А. В. Маслобоев. Имитационное моделирование рыночной диффузии инноваций // *Инновационная экономика*, № 11, 2009.
4. <http://tgareev.narod.ru/6/6.html>.
5. В. К. Афанасьев. Водородная платформа периодической системы элементов // *Металлургия машиностроения*, № 2, 2011.
6. Функциональный анализ российской инновационной системы: роли и ответственность основных элементов. Проект «Наука и коммерциализация технологий в Российской Федерации», 2006.
7. Р. М. Нижегородцев, С. М. Никитенко, Д. С. Шевцов. Инновационные фирмы в современной российской экономике. Москва, Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2010.
8. А. В. Медведев. Применение z-преобразования к исследованию многокритериальных линейных моделей регионального экономического развития: монография. Красноярск: Изд-во СибГАУ им. акад. М. Ф. Решетнева, 2008.
9. Конструктор и решатель дискретных задач оптимального управления («Карма»). Программа для ЭВМ. Свидетельство о регистрации в Роспатенте №2008614387 от 11.09.2008. Правообладатели: А. В. Медведев, П. Н. Победаш, А. В. Смольянинов, М. А. Горбунов.

Methodological and methodical aspects of transformation of technology in an innovative product

S. M. Nikitenko, PhD, Docent, leading research assistant, Institute of Coal of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences.

A. V. Medvedev, PhD, Docent, Professor of department «Mathematics», Kemerovo State University.

A. V. Grebennikov, leading engineer, Institute of Coal of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences.

In article necessity of formation of a new element of the innovative system which key function is transformation of unit of innovative technology (UIT) in unit of an innovative product (UIP) is proved. For an estimation of efficiency of transformation UIT in UIP authors the optimizing mathematical model of management of investments into the basic production assets of a new infrastructural element is offered.

Keywords: modeling of innovative process, formation of an innovative infrastructure, transformation of technology to a product.