

## Методологические основы моделирования стратегии инновационного развития предприятий радиоэлектронной промышленности\*

© 2011 А.М. Батьковский

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, профессор  
Академия военных наук, г. Москва  
E-mail: batkovsky@yandex.ru

В статье рассмотрен экономико-математический инструментарий оценки инновационных стратегий предприятий радиоэлектронной промышленности. Использование предложенных методологических подходов и моделей позволяет снизить риски инновационной деятельности предприятий и повысить ее эффективность.

*Ключевые слова:* оценка, инструментарий, управление, инновационный проект, предприятие, модели.

Закономерности инновационной деятельности предприятий радиоэлектронной промышленности (РЭП) являются достаточно сложными, и их содержательный анализ на основе эвристических методов затруднителен. Это предопределяет необходимость применения различных моделей и методов моделирования. Анализ существующих методологических основ моделирования инновационного развития предприятий позволил сделать вывод, что для их использования на практике при решении указанной задачи применительно к предприятиям РЭП необходима доработка (уточнение) этих основ с учетом специфики данного типа предприятий<sup>1</sup>.

Ключевую роль в качественном описании инновационного развития предприятия РЭП и при построении его математической модели играют понятия товаров (продуктов), ресурсов, производственных процессов, окружающей среды. Предположим, что предприятие РЭП производит конечное число видов продукции. Совокупность всех видов производимой продукции, учитываемых при разработке инновационной стратегии предприятий РЭП, составляет пространство продуктов  $R_+^I = \{x = x_1, x_2, \dots, x_I \mid x_i \geq 0, i = \overline{1, I}\}$ , измеримых в соответствующих единицах.

Используемые предприятием РЭП ресурсы представляют собой элемент пространства ресурсов  $x \in R_+^I$ . Понятие лимитирующих факторов, ограничивающих возможные значения наборов ресурсов, формализуется в условии  $x \in X$ , где  $X \subseteq R_+^I$  - множество наборов продуктов, которые доступны

предприятию РЭП (по географическим, временным параметрам, стоимостным характеристикам) и могут быть использованы им как исходные ресурсы. Границы ресурсного множества  $X$  определяются естественными, физическими свойствами и могут изменяться с течением времени:  $X = X(t)$ .

Аналогично выпускаемая предприятием РЭП (или планируемая к выпуску) продукция представляет собой элемент пространства продуктов  $y \in R_+^I$ , положительные компоненты которого показывают величину выпуска продукции соответствующего вида. Совокупность всех наборов выпускаемой продукции составляет производственное множество  $Y \subseteq R_+^I$ . Структура и границы множества  $Y$  зависят как от внутренних характеристик предприятия РЭП (ресурсного множества  $X$ , технико-технологических возможностей предприятия), так и от внешних условий (прежде всего потребностей рынка), и поэтому они меняются с течением времени:  $Y = Y(t)$ .

Собственно производственные процессы по преобразованию исходных ресурсов в готовую продукцию определяются совокупностью доступных предприятию РЭП технологий - технологическим множеством  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ , каждый элемент  $a_j$  которого описывает один из имеющихся в распоряжении предприятия РЭП технологических процессов и формально определяет отображение  $a_j : X \rightarrow Y$ . Подобно ресурсному множеству  $X$  и производственному множеству  $Y$  технологическое множество  $A$  является не стационарным, а изменяющимся во времени:  $A = A(t)$ , причем не только по составу, но и по количеству элементов<sup>2</sup>. Любая

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ (проекты □ 10-06-00146а и □ 11-06-00129а) и РГНФ (проект □ 11-02-00178а).

из технологий может использоваться с любой интенсивностью или не использоваться вообще. Выбор набора исходных ресурсов, перечня применяемых технологий, интенсивности их использования, ассортимента и объема выпуска готовой продукции составляют содержание управленческого решения  $u(t)$ , принимаемого в каждый момент времени, и вполне определяют производственную деятельность РЭП. Метанабор  $W(t) = \langle X(t), Y(t), A(t) \rangle$  представляет собой идентификационный модуль общей модели предприятия РЭП, а элемент  $w(t) = \langle x(t), y(t), a(t) \rangle$  задает его текущее состояние.

Динамическая модель инновационного развития предприятия РЭП определяет в соответствии с применяемыми управлениями  $u(t)$  конечную или бесконечную последовательность его возможных состояний  $\{ \langle x(t), y(t), a(t) \rangle \}_{t=0}^T$  или  $\{ \langle x(t), y(t), a(t) \rangle \}_{t=0}^{\infty}$ , которую, используя терминологию теории систем, можно называть траекторией его развития.

Модель внешней для предприятия РЭП среды, в отличие от его идентификационной модели, содержит экзогенные для него величины: они должны анализироваться, но не могут быть им самим целенаправленно изменены. В соответствии со стратификацией внешней среды в ней выделяется набор параметров  $q_1(t)$ , характеризующий инновационное развитие предприятия, и набор параметров  $q_2(t)$ , отображающих внешнюю среду:  $q(t) = \langle q_1(t), q_2(t) \rangle$ . И если параметры  $q_1(t)$  в какой-то степени могут быть изменены предприятием (например, осваивая новый рынок, оно может воздействовать на собственное конкурентное окружение), то параметры  $q_2(t)$  отражают те факторы, которые в весьма слабой степени находятся под контролем предприятия РЭП. Можно предположить, что предприятие РЭП в каждый момент времени располагает полной и достоверной информацией о состоянии внешней среды, и ограничиться лишь описанием собственно текущего состояния внешней среды.

Прибыль предприятия РЭП в момент времени  $t$  является функцией от параметров, характеризующих его внутреннее состояние и внешнее окружение:  $f(t) = f(w(t), q(t))$ . Изучая инновационное развитие предприятия РЭП, необходимо не только исследовать возможность получения прибыли в каждый момент времени, но и перспективы ее получения в будущем. Для этого следует выполнить анализ и прогнозирование наиболее целесооб-

разных траекторий развития предприятия РЭП. Эти прогнозируемые перспективные траектории не могут рассматриваться как строго детерминированные, жестко регламентирующие деятельность предприятия РЭП. Они скорее определяют сценарии его инновационного развития, подчиненные достижению намеченных целей<sup>3</sup>.

Отмеченные обстоятельства определяют потребность в динамическом подходе к выбору критерия (критериев) эффективности инновационной деятельности предприятия РЭП, в качестве которых, с нашей точки зрения, можно использовать следующие показатели: достижение максимального уровня прибыли за определенный период времени, устойчивость инновационного развития предприятия РЭП и др. Для выявления наиболее благоприятного момента времени внедрения очередной инновации и оценки ее эффективности экономико-математическая модель инновационной стратегии предприятия РЭП должна учитывать фазы инновационного процесса. Принятие решения о включении инновации в инновационную стратегию предприятия РЭП должно осуществляться после ее оценки по нескольким критериям с учетом определения в динамике эффективности, стоимости и рисков реализации инновации (инновационного проекта).

Разработка инновационной стратегии предприятия РЭП включает также анализ текущего и возможного состояния его инновационного потенциала на некотором отрезке времени - периоде, на который разрабатывается инновационная стратегия. Основой такого анализа является расчет технико-экономических показателей на базе различных методов и моделей, применяемых в теории прогнозирования. В первую очередь, по нашему мнению, необходимо использовать имитационные модели, позволяющие адекватно отражать состояние инновационного развития предприятия РЭП на основе анализа его хода с помощью набора управляющих параметров и технико-экономических показателей.

В модели инновационной стратегии предприятия РЭП должны учитываться спросовые ограничения согласно имеющимся или прогнозируемым контрактам предприятия, а также оценкам перспектив развития рынка, на котором реализуется или планируется к реализации его продукция. Реализуемость "инновационного портфеля", в который должны быть включены все инновации, планируемые к реализации в стратегии инновационного развития предприятия РЭП, определяется его сбалансированностью с его инновационным потенциалом, а также с объемами финансирования инновационной деятельности.

Оценка инновационного потенциала предприятия РЭП должна включать определение основных влияющих на него факторов, а также расчет техни-

ко-экономических показателей, характеризующих динамику его развития. Каждый конкретный вариант инновационной стратегии должен, с нашей точки зрения, включать прогноз развития инновационного потенциала предприятия РЭП, т.е. определенную последовательность его состояний через некоторые промежутки времени. Получаемые варианты должны подвергаться сравнительному анализу для выбора оптимального. Анализируемые варианты инновационной стратегии предприятия РЭП должны включать в себя расчет всех основных технико-экономических показателей, сравнение которых позволяет количественно и качественно оценить альтернативы инновационного развития на базе общих методологических основ (принципов, правил и т.д.).

Для моделирования инновационной стратегии предприятия РЭП необходимо выбрать систему показателей, которая не только характеризует различные варианты инновационного развития предприятия, но и содержит возможность расширения, т.е. ее показатели должны рассчитываться в динамике и зависеть от управляющих параметров<sup>4</sup>.

Специфика моделирования процесса формирования инновационной стратегии предприятия РЭП объективно требует применения при решении указанной задачи методологии структурного анализа, т.е. исследования стратегии, начиная с ее общего описания и последующей детализацией и структуризацией до отдельных задач. Применение методов структурного анализа к исследованию процесса разработки модели инновационной стратегии развития предприятия РЭП позволяет представить процесс моделирования в формализованном виде следующим образом.

Предположим, что предприятие РЭП производит  $N$  продуктов, каждый из которых начинал производиться в момент времени  $t_n$  и имел свой жизненный цикл. Пусть предприятие РЭП в году  $(t - 1)$  производит  $n$  продуктов. Тогда можно ввести понятие годового валового продукта предприятия (ВПП) и представить его в виде:

$$ВПП_{t-1} = x_{t-1}^0 + x_{t-1}^1 + \dots + x_{t-1}^{n-1}. \quad (1)$$

Если допустить, что в момент  $t$  производство продукта  $x^0$  (самого старого и морально устаревшего из создаваемых на предприятии изделий) прекращается и появляется новый продукт, то верно следующее соотношение:

$$ВПП_t = ВПП_{t-1} + \alpha ВПП_{t-1} + \beta ВПП_{t-1}, \quad (2)$$

где  $\alpha = \alpha(t)$  - темп подготовки к производству нового продукта;

$\beta = \beta(t)$  - норма выбытия старого в момент  $t$ .

То есть происходит переход на новое изделие.

Время от времени, в связи с ограниченным жизненным циклом инноваций, предприятие должно менять структуру своей деятельности. Для этого предприятие должно иметь потенциал  $P(t)$  изменений. Если  $P(t) > 0$ , то предприятие РЭП идет по пути эволюции, расширяя и обновляя производство, при  $P(t) < 0$  возникают проблемы его адаптации к новым потребностям рынка. В этот период предприятие РЭП предпринимает попытку начать производство нового продукта (технологии)  $x_n$ , что требует привлечения внешних инвестиционных ресурсов, поскольку возможности предприятия на данном этапе его развития значительно снижаются<sup>5</sup>.

Инновационное развитие предприятия РЭП происходит в определенном диапазоне, границы которого задаются объемом денежной массы, потребляемой предприятием в единицу времени, и величиной отдачи на вложенные средства. Нижняя граница данного диапазона задается взаимосвязанными функциями  $r_1(t)$  и  $M_1(t)$ , верхняя  $r_2(t)$  и  $M_2(t)$ . Границы диапазона выступают функциями и других базовых переменных, характеризующих потенциал РЭП. Будем считать, что потенциал прогнозируемых инновационных изменений задается величиной издержек  $C(t)$ , требуемых для преобразований экзогенных правил:

$$P(t) = C(t) = M(t). \quad (3)$$

Запишем функцию инновационного преобразования предприятия РЭП:

$$P(t) = M(t) = h(y, L, K, T), \quad (4)$$

где  $y = F(L, K, T)$  - производство продукции (или совокупный доход) предприятия РЭП на одного занятого;

$L(t)$  - функция, описывающая изменения человеческого капитала предприятия;

$K(t)$  - функция изменения основного капитала;

$T(t)$  - технологическая функция.

Развитие предприятия РЭП выражается в расширении производственных мощностей, росте прибыли, зарплат и т.д. Поэтому:

$$M(t) = h[F(L, K, T), L, K, T] = g(L, K, T). \quad (5)$$

На следующем этапе производится формирование совокупности инновационных идей (проектов) с учетом критерия возможности их выполнения и временных характеристик. Для этого для каждой инновационной идеи  $i$ , которая потенциально может удовлетворить существующую потребность на рынке, проводится базовое прогнозирование воз-

можных моментов времени выхода на рынок продукта, реализующего данную инновационную идею, и морального его старения. Затем для каждой выбранной  $i$ -й инновационной идеи (инновационного проекта) решается задача по формированию оптимальной производственной программы в разрезе каждого момента времени. В качестве целевой функции может приниматься получаемая предприятием прибыль в период выведения инновационного объекта на рынок до его морального старения и снятия с производства (осуществляется прогнозирование прибыли). В этом случае необходимо опделить функцию  $N_{ij}(t)$ , максимизирующую целевую функцию прибыли:

$$Z_i = \sum_{j=1}^m \int_{t_4}^{t_8} [\Pi_{ij}(t)N_{ij}(t) - \Delta\Pi_{ij}(t)N_{ij}(t)]dt - \\ - \sum_{j=1}^m \int_{t_4}^{t_8} [C_{ij}(t)N_{ij}(t) - \Delta C_{ij}(t)N_{ij}(t)]dt \rightarrow \max \quad (6)$$

при наличии следующей системы ограничений:

$$\sum_{j=1}^m \alpha_{ijk} N_{ij}(t) \leq M_k; \quad k = \overline{1, K}, \quad (7)$$

где  $t_4 - t_8$  - этапы жизненного цикла инновации (инновационного проекта): реализация инновации -  $t_4$ , выведение ее на рынок -  $t_5$ , упрочение позиций на рынке -  $t_6$ , насыщение рынка -  $t_7$ , моральное старение инновации -  $t_8$ ;

$N_{ij}(t)$  - прогнозируемая функция производства (считается, что производится такое количество продукции в некоторый период времени, какое и продается) в соответствии с  $i$ -й инновационной идеей для  $j$ -го вида комплектности (или ассортимента);

$\Pi_{ij}(t)$  - прогнозируемая функция цены продукции  $j$ -го вида в соответствии с  $i$ -й инновационной идеей;

$C_{ij}(t)$  - прогнозируемая функция себестоимости производства продукции  $j$ -го вида в соответствии с  $i$ -й инновационной идеей;

$\Delta\Pi_{ij}(t)$ ,  $\Delta C_{ij}(t)$  - прогнозируемые функции изменения, соответственно, цены и себестоимости производства продукции  $j$ -го вида в соответствии с  $i$ -й инновационной идеей;  $\alpha_{ijk}$  - расход  $k$ -го вида ресур-

са на производство  $j$ -го вида продукции в соответствии с  $i$ -й инновационной идеей;  $k = \overline{1, K}$ ;

$K$  - общее количество видов имеющихся ресурсов;

$M_k$  - общее имеющееся количество ресурса вида  $k$ ;

$N_{ij}^{\min}(t)$  - прогнозируемая функция минимальных объемов производства  $j$ -го вида продукции в соответствии с  $i$ -й инновационной идеей;

$N_{ij}^{\max}(t)$  - функция прогнозируемых объемов потребления  $j$ -го вида продукции для  $i$ -й инновационной идеи.

После определения совокупности  $N_{ij}(t)$  формируется прогноз развития производства,  $N_{ij}^{прогн}(t)$ , который является основой для выбора инновационной стратегии развития предприятия РЭП<sup>6</sup>.

Представляется целесообразной разработка нескольких вариантов инновационной стратегии. Для выбора оптимального варианта при этом необходимо использовать различные показатели: соотношение затрат и результатов функционирования предприятия РЭП, устойчивость его развития и др. Применение разработанной модели позволяет формировать научно-обоснованные и практически реализуемые стратегии инновационного развития предприятий РЭП, что значительно повышает эффективность их инновационного развития.

<sup>1</sup> Батьковский А.М. Управление инновационным развитием предприятий радиоэлектронной промышленности. М., 2010.

<sup>2</sup> Финансовое оздоровление и развитие предприятий радиоэлектронного комплекса в период посткризисного восстановления и модернизации российской экономики / под ред. Б.Н. Авдониной. М., 2010.

<sup>3</sup> Экономико-математический инструментарий финансового оздоровления российских предприятий в условиях глобализации и мирового финансового кризиса / под ред. А.М. Батьковского. М., 2009.

<sup>4</sup> Авдонин Б.Н., Батьковский А.М. Экономические стратегии развития предприятий радиоэлектронной промышленности в посткризисный период. М., 2010.

<sup>5</sup> Методология и инструментарий управления инновационной деятельностью экономических систем в условиях транснационализации экономики и ее неустойчивого посткризисного развития / под ред. А.М. Батьковского. М., 2010.

<sup>6</sup> Стратегия развития российских предприятий в современный период: теория и методология / А.М. Батьковский [и др.]. М., 2009.

Поступила в редакцию 10.12.2010 г.