

МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Канд. техн. наук, доц. В. А. ПАВЛОВ, асп. К. С. НОВИКОВА

Статья посвящена разработке метода формирования портфеля инновационных проектов для наукоемких предприятий с учетом их сильных сторон, потребностей рынка, ограниченности материальных и интеллектуальных ресурсов и их создания и потребления в системе проектов. С целью его разработки исследуется структура ресурсов, их разновидности и факторы ограниченности. В результате предлагается ряд математических моделей «работы» ресурсов в проектах и на их основе – метод формирования портфеля.

The article explores the working out method of portfolio formation in innovative projects for the high technology enterprises with allowance for their strengths, market demands, limitation of material and intellectual resources and their creation and consumption in the system of projects. For the purpose of that method development the structure of resources, their versions and limitation factors are investigated. A number of mathematical models of “work” of resources in projects and on their basis – the method of portfolio formation as a result are offered.

В настоящее время наукоемкие отрасли и высокие технологии играют авангардную роль в развитии мировой экономики. Как известно, в наукоемкой продукции или технологии относительно велика доля расходов на НИОКР. Удельный вес такой продукции в мировом промышленном производстве существенно увеличился: по данным ряда источников [1,2] за период с 1980 г. по 2001г. он вырос с 7,62 % до 15,8 %. Анализ тенденций показал, что эти рынки развиваются намного динамичнее традиционных сфер производства. Так с 1980 по 1995 гг. объемы продаж обрабатывающей промышленности основных индустриальных стран в сопоставимых ценах росли в среднем на 2,4% в год, тогда как наукоемкого, высокотехнологичного сектора — на 6,5%, а в период с 1996 г. по 2001 г. темпы среднегодового прироста наукоемких отраслей увеличились до 9,8%, тогда как в промышленности сохранились на прежнем уровне. Примерно такая же ситуация складывается в мировой торговле услугами: наиболее весомая доля экспортируемых услуг связана с использованием передовых технологий.

Значительно изменилась и расстановка сил на мировом рынке: страны, традиционно считавшиеся неконкурентоспособными из-за слабой материально-ресурсной базы, занимают лидирующие позиции в новой постиндустриальной экономике, сделав ставку на развитие высоких технологий. Это подтверждает опыт таких государств как Южная Корея, Сингапур, Гонконг и других новых индустриальных стран, которые в сравнительно короткие сроки при минимальной обеспеченности сырьевыми ресурсами совершили прорыв в мировой экономике за счет развития наукоемкого сектора и стремительно приближаются к наиболее развитым странам: США, Великобритании, Германии, ранее контролировавшим большую часть рынка высокотехнологичной продукции.

В России высокий научный потенциал сочетается с достаточной обеспеченностью природными ресурсами. Согласно оценкам экспертов в России проживает 12% численности всех ученых мира, интеллектуальный потенциал страны составляет около 400 миллиардов долларов. Кроме этого, Россия занимает первое место в мире по запасам на душу населения нефти, газа и леса, второе - по запасам угля и железной руды, третье - по запасам пресной воды. Ежегодный размер чистых доходов от природных ресурсов оценивается в 60—80 млрд. долларов [3].

Все это создает реальные предпосылки достойного положения России на мировых рынках. Однако в настоящее время наблюдается значительная несбалансированность: интенсивно используются сырьевые ресурсы страны, тогда как интеллектуальные возможности востребованы существенно меньше. Так по объему экспорта высокотехнологичных товаров Россия многократно уступает странам Запада, Китая и некоторым новым индустриальным странам.

Следовательно, одним из возможных путей гармоничного развития российской экономики может быть разработка таких стратегических направлений развития, где материальные и интеллектуальные ресурсы используются в комплексе, взаимодополняя друг друга. Такое комплексное взаимодействие особенно характерно для крупных предприятий, где одновременно выполняется нескольких крупномасштабных проектов и имеет место как использование, так и создание целого «спектра» материальных и интеллектуальных ресурсов. Данная ситуация типична для оборонных отраслей, в которых продолжительность реализации проектов составляет несколько лет и более, и задействована чрезвычайно широкая номенклатура ресурсов.

Определить направление стратегического развития можно было бы, применив к системе проектов какой-либо математический метод оптимизации, например, на базе матриц Леонтьева [4] или планово-производственной задачи Канторовича [5], если бы не одно принципиальное затруднение. Суть его в том, что упомянутые методы применимы лишь для тех ресурсов, подсчет которых возможен по типу простого суммирования притоков-оттоков в общем балансе (например, сырье, материалы и денежные средства). В то же время, для многих интеллектуальных ресурсов такой подсчет неприемлем: в частности, патенты, приобретаемые и разрабатываемые для одного проекта, могут обеспечивать целый ряд других. Иначе говоря, подсчет путем простого суммирования не позволяет рассчитать обеспеченность проектов интеллектуальными ресурсами.

Поэтому в настоящей статье ставится вопрос о способах расчета обеспеченности систем проектов разнородными ресурсами, в том числе, интеллектуальными, и на этой основе предлагается метод оптимизации таких систем. В этом методе рассматривается система проектов для крупных предприятий в виде портфеля продуктовых инновационных проектов (таблица, j — индекс проекта, $j = 1, \dots, J$), и ставится задача формирования портфеля.

Таблица

Портфель инновационных продуктовых проектов наукоемких предприятий

№ проекта	Потребность ($P < 0$) или создание ($P > 0$) ресурсов, по их видам			Инвестиции в проект, дисконтированные V_j	Дисконтированный поток возврата средств по проекту E_j
	Ресурс 1	Ресурс 2	...		
Проект 1	P_{11}	P_{12}	...	V_1	E_1
Проект 2	P_{21}	P_{22}	...	V_2	E_2
...
Проект J	P_{J1}	P_{J2}	...	V_J	E_J

Под продуктовыми инновационными проектами здесь понимается разработка и внедрение новых или усовершенствованных продуктов. Портфель представляет собой принятое к исполнению подмножество проектов, выбранное из некоторого исходного

потенциально возможного множества. Как известно, каждый отдельно взятый проект требует календарного планирования, однако в нашем случае имеется в виду более укрупненная, предшествующая стадия планирования, где ресурсы рассматриваются объемно.

Формирование портфеля предлагается делать оптимальным образом по критерию его общего экономического результата и на основе количественного баланса всех ресурсов. Баланс ресурсов рассматривается в натуральных показателях по портфелю в целом. В результате существует потенциальная возможность отбирать проекты с учетом имеющегося «спектра» ресурсов, причем некоторые избыточные или дефицитные ресурсы можно реализовывать или приобретать на рынках. Кроме того, внутри портфеля ресурсы могут дополнять и «взаимоподдерживать» друг друга (так технологии, разработанные для оборонного применения, могут существенно улучшить экономические показатели портфеля за счет их использования в гражданской продукции).

Мы полагаем, что предлагаемая концепция формирования портфеля может адекватно учитывать как рыночную ситуацию, так и сильные стороны предприятий в части наличия разнородных ресурсов.

На наш взгляд, предлагаемый метод может найти применение, в частности, в условиях российских оборонных предприятий, где накоплен значительный потенциал интеллектуальных ресурсов и где ощущается потребность в методах обоснования принципиально новых стратегических направлений развития.

С целью разработки метода формирования портфеля исследуется структура ресурсов, их разновидности и факторы ограниченности. В результате предлагается ряд математических моделей «работы» ресурсов в проектах и на их основе — метод формирования портфеля проектов для наукоемких предприятий.

Ресурсы подразделяются по признаку особенностей количественной модели работы в проектах, что, в свою очередь, необходимо для расчета натурального баланса ресурсов. Всего выделяется три типа ресурсов, называемых материальными конвертируемыми, материальными загружаемыми и нематериальными ресурсами типа ноу-хау. Внутри типов выделяются виды ресурсов.

Материальные конвертируемые ресурсы — это, например, материальные запасы сырья или комплектующих (всего M видов ресурса, где m — индекс вида, принимающий значения от 1 до M). Запас такого ресурса изменяется при его расходовании и пополнении, и при использовании он, по существу, конвертируется в другие ресурсы. Потребность или создание какого-либо ресурса в том или ином проекте характеризуются переменными величинами R_{jm} , называемыми показателями участия m -го ресурса в j -м проекте. Положительное значение показателя участия означает количество ресурса, создаваемого в проекте, отрицательное — количество потребляемого ресурса. Кроме этого, считается, что ресурсы данного типа можно приобретать или продавать на рынке по ценам $C_m^{(МК)}$.

Материальные загружаемые ресурсы в процессе функционирования проекта могут быть либо свободными, либо занятыми (например, технологические установки, коллективы разработчиков или испытательные полигоны) и в этом смысле аналогичны обслуживающим приборам в системах массового обслуживания. Для этого типа ресурсов выделяется l видов ($l = 1, \dots, L$), при этом индекс вида ресурса одновременно обозначает и индекс научно-технической задачи, решаемой с помощью данного ресурса. Ресурсы этого типа могут создаваться в ходе выполнения какого-либо проекта, однако приобрести или продать их на рынке невозможно, поскольку рассматриваются уникальные ресурсы. Аналогично случаю предыдущего типа, U_{jl} — участие ресурсов в проекте, измеряемое в машино-часах, человеко-часах и т.п. Потребность проекта в данном ресурсе или его создание отличаются знаком: если $U_{jl} < 0$, то в j -м проекте нужно использовать U_{jl} l -х

загружаемых ресурсов, и, напротив, при U_{ji} большем нуля в j -м проекте создается ресурс в количестве U_{ji} по l -му загружаемому ресурсу.

Нематериальные ресурсы типа ноу-хау, такие как патенты, лицензии и технологии, неограниченно тиражируются на проекты, а также покупаются на рынке по ценам $C_k^{(hx)}$. Ресурсы этого типа (k – индекс вида ресурса, $k = 1, \dots, K$) могут создаваться в результате выполнения какого-либо проекта, что изображается показателем участия $P_{jk} > 0$, а $P_{jk} < 0$ означает, что для j -го проекта нужно наличие P_{jk} k -х ресурсов типа ноу-хау.

В процедуре формирования портфеля каждый вид всех трех типов ресурсов представлен по принципу баланса, то есть подсчитывается создание этого ресурса в одних проектах и использование в других, причем способ подсчета различен для каждого типа. Считается, что некоторые избыточные или недостаточные ресурсы можно продавать или покупать по заданным ценам, количество наличных ресурсов предприятия ($N_k^{(hx)}$ — k -х нематериальных ресурсов типа ноу-хау, $N_l^{(мз)}$ — l -х материальных загружаемых ресурсов, $N_m^{(мк)}$ — m -х материальных конвертируемых ресурсов) на момент решения задачи также задано.

Проекты отбираются и включаются в портфель из некоторого заданного исходного множества, включающего J проектов. Все возможные варианты выбора представляются в виде таблицы (матрицы) Y_{ji} из нулей и единиц, где j – индекс проекта, i – индекс портфеля (то есть комбинация проектов, отбираемых в портфель), $i = 1, \dots, I$, где I – число возможных вариантов выбора. Очевидно, $I = 2^J$. Значения элементов матрицы изображают факт включения j -го проекта в i -й вариант портфеля: $y_{ji} = 1$, либо факт невключения: $y_{ji} = 0$.

В задаче формирования портфеля требуется найти i , то есть некоторую комбинацию проектов, отбираемых в портфель, при которой обеспечивается максимум экономического результата $S(i)$:

$$S(i) \xrightarrow{i} \max,$$

где экономический результат портфеля подсчитывается с учетом заданных инвестиций (V_j) и возврата средств по проектам (E_j), а также приобретения (или реализации) ресурсов на рынке:

$$S(i) = \sum_j y_{ji} E_j + \sum_k C_k^{hx} Z_k^{hx} + \sum_m C_m^{mk} Z_m^{mk} - \sum_j y_{ij} V_j,$$

$Z_k^{(hx)}$ — недостаток/избыток k -го нематериального ресурса типа ноу-хау; $Z_m^{(мк)}$ — недостаток / избыток m -го материального конвертируемого ресурса.

Следовательно, задача формирования портфеля сводится к выбору столбца матрицы Y_{ji} то есть значения индекса i .

Эту задачу требуется решить в условиях некоторых ограничений. Балансы ресурсов всех трех типов представляют собой одну из разновидностей ограничений. Для ресурсов типа материальных конвертируемых баланс записывается с учетом имеющихся на предприятии запасов и в результате рассчитываются избыточные или недостающие ресурсы, которые можно реализовать или приобрести на рынке по заданным ценам. Очевидно, этот избыток (или недостаток) формируется как следствие создания и потребления внутри портфеля:

$$Z_m^{(мк)} = N_m^{(мк)} + \sum_j (y_{ji} R_{jm}). \quad (1)$$

Для ресурсов типа материальных загружаемых баланс выглядит в виде неравенства, поскольку считается, что эти ресурсы невозможно не приобретать, ни реализовывать на рынках:

$$\sum_j y_{ji} U_{ji} \leq N_i^{(ms)}. \quad (2)$$

Так как единица измерения данных ресурсов — доступное время использования, то в балансе контролируется время загрузки каждого вида этих ресурсов, причем учитывается возможность как загрузки, так и создания, например, коллективов разработчиков, экспериментальных установок или испытательных полигонов.

В случае ресурсов типа ноу-хау каждый ресурс соответствует некоторой научно-технической задаче, а показатель P_{jk} каждого проекта означает количество патентов, лицензий и технологий, необходимых или создаваемых в этом проекте по данной задаче, причем знак «-» — потребность, а знак «+» — создание соответствующего типа ресурса. Мы рассматриваем случай, когда предприятие может приобретать патенты, лицензии и технологии, но их продажа не допускается. Тогда для нематериальных ресурсов баланс принимает форму, учитывающую максимальную обеспеченность данной научно-технической задачи в портфеле в целом:

$$Z_k^{(ms)} = \begin{cases} (N_k^{(ms)} + A) - B, & \text{если } (N_k^{(ms)} + A) - B < 0 \\ 0, & \text{если } (N_k^{(ms)} + A) - B \geq 0 \end{cases}$$

Здесь вспомогательная переменная величина A обозначает создание ресурсов типа ноу-хау в i -м портфеле: $A = \max_j (y_{ji} P_{jk})$, где $P_{jk} > 0$.

Вспомогательная переменная величина B — потребность в i -ом портфеле в ресурсах типа ноу-хау: $B = \max_j (-y_{ji} P_{jk})$, где $P_{jk} \leq 0$.

Ограничение (3) мы называем балансом, поскольку в нем соизмеряется наличие, создание и потребность в ресурсе. Баланс по выражению (3) можно назвать нелинейным, в отличие от линейных балансов (1) и (2).

Кроме балансовых ограничений требуется также выполнение следующих условий:

суммарные инвестиции в проекты выбранного i -го портфеля не должны превышать некоторый заданный уровень V_{ms} , допустимый для данного портфеля:

$$\sum_j y_{ji} V_j \leq V_{ms},$$

доходность портфеля должна быть не меньше заданной нормы доходности r

$$\frac{\sum_j y_{ji} E_j}{S(i)} \geq r.$$

Кроме того, существует еще одно ограничение, связанное с тем, что некоторые проекты из исходного множества $\{1, 2, \dots, J\}$ должны быть включены в портфель обязательно. Такими «обязательными» проектами могут быть, во-первых, проекты уже начатые на предприятии, и, во-вторых, проекты, выбираемые по внеэкономическим причинам (например, учитывающие потребности обороны страны, экологические или социальные обстоятельства). Множество индексов «обязательных» проектов обозначается γ , $\gamma \subset \{1, 2, \dots, J\}$, и тогда соответствующее ограничение на выбор портфеля записывается в виде $y_{ji} = 1$ для всех $j \in \gamma$.

Можно предположить, что, решив задачу формирования портфеля, имеется возможность максимизировать общий экономический результат за счет оптимизации количественного взаимодействия и дополнения друг другом материальных и интеллектуальных ресурсов.

В связи с настоящей постановкой задачи возникает вопрос о получении исходных данных. Здесь предполагается, что необходимые данные получены в результате разработки проектов на предэскизном, концептуальном уровне; в каких-то случаях, показатели участия и финансовые параметры могут оцениваться экспертно.

Сформулированная задача является задачей целочисленного нелинейного программирования. Мы полагаем, что в реальных условиях число проектов в исходном множестве не может быть слишком большим и поэтому не должны возникать принципиальные трудности получения решения (например, решение задачи можно получить прямым перебором).

Рассмотрим пример, поясняющий нелинейный баланс ресурсов типа ноу-хау.

В исходном множестве, из которого следует сделать выбор, есть 4 проекта. Всего возможно $2^4 = 16$ вариантов включения проектов в портфель. По некоторой k -й научно-технической задаче у предприятия имеется 20 собственных патентов, то есть наличный ресурс типа ноу-хау k -го вида $N_k^{(нх)} = 20$. В первом проекте предполагается ОКР по данной k -й научно-технической задаче, результаты которой эксперты оценили, как создание 10 новых патентов, дополняющие 20 уже имеющихся, $P_{1k} = 10$. Во втором проекте требуется разработка той же научно-технической задачи, но это решение должно быть более глубоким по сравнению с первым проектом и поэтому предполагается создание 20 новых патентов, дополняющих 20 имеющихся, $P_{2k} = 20$. В третьем проекте для его успешного выполнения необходимо иметь решение данной k -й научно-технической задачи, но в отличие от первых двух проектов разработка задачи не предполагается, степень необходимой глубины решения задачи оценивается числом необходимых патентов, равным 60, $P_{3k} = -60$. В данном случае положительные и отрицательные значения показателей участия означают создание и потребность соответственно, что согласуется с данным выше определением P_{jk} . В четвертом проекте решения k -й задачи не требуется, $P_{4k} = 0$.

В варианте портфеля, когда к исполнению принимаются все четыре проекта, создание k -го ресурса в портфеле:

$$A = \max(10, 20) = 20.$$

Этот расчет интерпретируется следующим образом. Разработка k -й задачи будет выполняться в рамках одного предприятия, и поэтому ее результаты доступны для любого проекта.

Потребность в пределах портфеля:

$$B = \max(-60) = 60.$$

Обеспеченность k -ой задачи патентами складывается из наличия и создания:

$$N_k^{(нх)} + A = 20 + 20 = 40.$$

Потребность больше обеспеченности:

$$(N_k^{(нх)} + A) - B = 40 - 60 < 0,$$

что означает необходимость приобретать на рынке недостающие патенты. Тогда по верхней строке (3):

$$Z_k^{(нх)} = (N_k^{(нх)} + A) - B = -20,$$

то есть необходимо приобрести 20 патентов.

Очевидно, предложенная задача является лишь одним из ряда этапов управления наукоемкими предприятиями: кроме специальной подготовки проектов могут потребоваться, например, такие этапы как качественный отбор проектов экспертным

методом, выбор общего производственно-технологического направления вида деятельности предприятия, работа с базой данных патентов и промышленных образцов и др.

Следующим этапом после формирования портфеля может быть календарное планирование и оперативное управление системой проектов.

Нетрудно видеть, что предложенная постановка задачи и модели ресурсов не являются единственно возможными. Их модификации и варианты могут разрабатываться применительно к условиям тех или иных отраслей и отдельных предприятий. В частности, возможно приобретение или аренда на рынке материальных загружаемых ресурсов. Другим примером может быть случай, когда не все ресурсы некоторого типа можно продавать или покупать вне предприятия, и тогда для ресурсов такого отсутствующего на рынке вида следует задать нулевую цену, а задачу дополнить условием неотрицательности переменной величины, изображающей недостаток / избыток. Рассмотренный выше вариант постановки задачи и использованные в ней модели ресурсов соответствуют той реальной ситуации формирования портфеля, которая послужила основой настоящего исследования. В то же время, мы полагаем, что предложенная концепция формирования портфеля на базе нелинейных балансов при условии ее адаптации должна быть ядром масштабной и дорогостоящей работы по определению направления развития высокотехнологичных отраслей и предприятий.

В качестве выводов, можно сказать, что:

1) предложен метод оптимального формирования портфеля продуктовых инновационных проектов на основе учета потребностей рынка и сильных сторон предприятий, путем анализа количественных балансов интеллектуальных и материальных ресурсов;

2) особенность предложенного метода составляет разработанный способ количественного моделирования наличия и потребности нематериальных интеллектуальных ресурсов называемый нелинейным балансом;

3) предложенный метод можно рассматривать как инструмент обоснования стратегических направлений развития высокотехнологичных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Science and Engineering Indicators 2000 // Industry, technology and the global marketplace, Washington, National Science Board — 2000, pp. 120-122.
2. Science and Engineering Indicators 2002 // National Science Board, Industry, technology and the global marketplace, Arlington, VA, April — 2002, pp. 87—90.
3. А б р а м о в Д. С. Без эффективной экономики знаний у нашей страны нет будущего // Российская научная газета, Федеральный выпуск — 2003. — № 3122. — С. 15—17.
4. Л е о н т ь е в В. Межотраслевая экономика — М.: Экономика, 1997. — 479 с.
5. Моделирование микроэкономики / Е.Ю. Дорохина, М.А. Халикова, под общей ред. проф., д.э.н. Н.П. Тихомирова — М.: Экзамен, 2003. — 224 с.