

Экономико-математическое моделирование инвестиционных рынков промышленных предприятий

Заруба В.Я., Сиренко С.В.

Повышение конкурентоспособности отечественных товаропроизводителей неразрывно связано с осуществлением реальных инвестиционных проектов. В случае самофинансирования предприятиями крупных инвестиционных проектов возникает необходимость создания на них определенных внутренних условий, обеспечивающих последующие инвестиционные рывки. Для осуществления инвестиционных рывков требуется разработка специальных программ инвестиционной деятельности, направленных на накопление финансовых средств и получение операционной прибыли в ходе финансирования стратегических проектов.

На практике для формирования инвестиционных программ широко используется подход, основанный на оценке эффективности выбираемых инвестиционных проектов путем расчета значений ряда их показателей: чистой приведенной стоимости, внутренней нормы прибыли, периода окупаемости инвестиций и других. Однако при этом оказывается возможным различное упорядочение проектов по приоритетности выбора в зависимости от используемого показателя, что вносит субъективизм в выбор программы [1]. В то же время, формирование инвестиционной программы предприятия требует учета его состояния и внешних условий деятельности, а разнообразие допустимых вариантов программы, как правило, оказывается очень высоким. Указанные обстоятельства обуславливают применение для формирования инвестиционных программ экономико-математических моделей и методов, реализуемых на современной компьютерной технике.

Разработке экономико-математические моделей формирования оптимальных инвестиционных программ предприятий посвящен целый ряд исследований и публикаций, в частности [2,3]. В математическом отношении

задача отыскания оптимальной программы сводится, как правило, к задаче дискретной оптимизации. Это требует, чтобы до начала формирования и сравнения вариантов программы был установлен критерий ее оптимальности. Например, в [2] на основе системы детализированных критериев приоритетности объектов инвестирования строится интегральный критерий, в соответствие с которым потенциальные объекты инвестирования ранжируются, после чего формируется инвестиционный портфель с учетом возможностей его финансирования. В [3] учитывается только монетарное влияние инвестиционных и финансовых альтернатив на выбор инвестиционного портфеля.

По нашему мнению, до начала формирования вариантов инвестиционной программы далеко не всегда возможно построение критерия оптимальности, который бы достаточно точно отражал предпочтения лиц, принимающих решения (ЛПР). Построение адекватного критерия требует выявления всех характеристик эффективности отдельных проектов и их сочетаний, а также последующего ранжирования этих характеристик. Решение этих задач применительно к широкому исходному набору потенциально возможных вариантов инвестиционной программы вызывает у ЛПР большие трудности. Привычной для ЛПР процедурой оптимизации инвестиционной программы является выбор наилучшего варианта программы из ограниченного множества предварительно сформированных допустимых вариантов.

Поскольку авторы большинства разработок стремятся придать моделям универсальный характер, возникают вычислительные трудности в их реализации, что приводит к необходимости ограничения количества анализируемых вариантов проектов. Кроме того, для универсальных моделей усложняется их информационное обеспечение, интерпретация и содержательная оценка получаемых результатов. На наш взгляд, практическое значение моделей повышается, если в них учитывается конкретный характер принятых предприятиями стратегий развития.

Цель настоящей работы состоит в создании экономико-математической модели формирования оптимальных инвестиционных программ предприятий, реализующих стратегию инвестиционного рывка, с учетом возможных представлений ЛПР о своих предпочтениях.

Для формализации задачи инвестиционного рывка среди проектов предприятия целесообразно выделять проекты стратегического и оперативно-тактического значения. Стратегические проекты требуют большого объема инвестиционных средств. Их финансирование представляет собой собственно инвестиционный рывок предприятия, в то время как реализация оперативно-тактических проектов должна быть направлена на создание необходимых условий для этого рывка.

Множеству I_0 рассматриваемых проектов (стратегического или оперативно-тактического значения) поставим в соответствие множество I_0^M портфелей I (подмножеств I_0) проектов, а каждому портфелю I - множество V^I допустимых программ его реализации, $V^I = \{v(t^I) \mid t^I \in T^I\}$, где $t^I = (t_i^I, i \in I)$ - вектор номеров интервалов начала реализации (финансирования) проектов из портфеля I , $v(t^I)$ - номер программы реализации портфеля J , соответствующей вектору t^I , T^I - множество допустимых сроков начала реализации проектов из портфеля I , $T^I = \{t^I \mid t_i^I \geq t_i^{\text{min}}, t_i^I \leq t_i^{\text{max}} - \tau_i^F (i \in I)\}$, t_i^{min} - самое раннее допустимое время начала реализации проекта i , t_j^{max} - самое позднее допустимое время окончания финансирования проекта j , τ_i^F - период финансирования проекта i .

На возможности предприятия по самофинансированию стратегических инвестиций влияет выбор программы $v(t^Q)$ оперативно-тактического значения, которая определяется портфелем реализуемых проектов $Q \subseteq Q_0$ и вектором $t^Q = (t_q^Q, q \in Q)$ номеров интервалов начала их реализации, где Q_0 - множество всех рассматриваемых оперативно-тактических проектов. Положим, что s - номер интервала времени, с начала которого

финансируются инвестиционные проекты стратегического значения, $s > 1$, а τ - номер интервала времени, по окончании которого должно быть завершено финансирование инвестиционных проектов стратегического значения $\tau \geq s$. Для количественной оценки возможности самофинансирования инвестиционных проектов стратегического значения введем понятие стратегического потенциала самофинансирования инвестиций предприятия за период времени $[s, \tau]$. Под этим потенциалом будем понимать множество $H[s, \tau] = \{h\}$ возможных вариантов $h = (h^l, l=1, 2, \dots, \tau-s+1)$ финансирования потребностей предприятия в ресурсах в течении периода $[s, \tau]$, где h^l - возможный объем финансирования потребностей на интервале $s+l-1$ планового периода.

Формально потенциал $H[s, \tau]$ самофинансирования определяется следующими условиями:

$$\sum_{p=1}^{\tau-s+1} h^{lp} = h_0^l \quad (l=1, 2, \dots, \tau-s+1) \quad (1)$$

$$h^l = \sum_{p=1}^l (1+r)^{l-p} h^{lp} \quad (l=1, 2, \dots, \tau-s) \quad (2)$$

$$h^{\tau-s+1} \leq \sum_{p=1}^{\tau-s+1} (1+r)^{\tau-s+1-p} h^{p\tau-s+1} \quad (3)$$

$$h^{lp} \geq 0 \quad (l=1, 2, \dots, \tau-s+1) \quad (p=1, l+1, \dots, \tau-s+1) \quad (l=1, 2, \dots, \tau-s+1) \quad (4)$$

где h_0^l ($l=1, 2, \dots, \tau-s+1$) - исходные ресурсы для самофинансирования инвестиций в течении периода времени $[s, \tau]$ (по интервалам $l=1, 2, \dots, \tau-s+1$ реализации стратегической инвестиционной программы,

$$h_0^1 = \Delta \Phi_A^{s-1}(t^Q),$$

$$h_0^l = P_0^{s+l-2} + \sum_{q \in Q} P_q^{s+l-2}(t^Q) - K_0^{s+l-1} - \sum_{q \in Q} K_q^{s+l-1}(t_q^Q) - L^{s+l-1} \quad (l=2, 3, \dots, \tau-s+1),$$

$\Delta \Phi_A^{s-1}(t^Q)$ - накопления (остаток) финансовых активов в конце интервала $s-1$ планового периода, соответствующие программе $v(t^Q)$ реализации проектов оперативно-тактического значения;

P_0^t – прогнозируемый чистый денежный поток на интервале t планового периода от использования материальных активов предприятия при предположении об отсутствии реализации в течение планового периода новых инвестиционных проектов;

$P_q^t(t^q)$ – величина чистого денежного потока от реализации q -го проекта на интервале t планового периода;

K_0^t – необходимый на интервале t объем финансирования инвестиционных проектов, реализация которых начата до начала планового периода;

$K_q^t(t^q)$ – объем финансирования q -го проекта на интервале t в соответствии с программой $v(t^q)$;

L^t – суммарная величина выплачиваемых дивидендов, финансирования социальных программ и мероприятий, необходимых для нормальной реализации операционной деятельности, на интервале t планового периода;

h^{lp} – количество исходного ресурса на интервале l , которое используется для самофинансирования инвестиций на интервале p , $l=1,2,\dots,\tau-s+1$, $p=1, l+1, \dots, \dots, \tau-s+1$;

h^l – объем самофинансирования инвестиций на интервале l , $l=1,2,\dots,\tau-s+1$.

Величина $\sum_{p=1}^{\tau-s+1} (1+r)^{\tau-s+1-p} h^{p\tau-s+1} - h^{\tau-s+1}$ определяет объем накопленных за период времени $[s,\tau]$ финансовых ресурсов, которые могут использоваться на следующем периоде планирования или рассматриваться как резерв финансовых ресурсов в ходе реализации стратегической инвестиционной программы. В соответствии с условием (3) эта величина должна быть неотрицательной.

С экономической точки зрения потенциал самофинансирования $H[s,\tau]$ определяет множество всех возможных вариантов $h = (h^l, l=1,2,\dots,\tau-s+1)$ финансирования потребностей предприятия в ресурсах, которые могут быть

сформированы на основе исходных финансовых ресурсов h_0^l ($l=1,2,\dots,\tau-s+1$) либо путем их использования для финансирования на текущих интервалах времени $l=1,2,\dots,\tau-s+1$, либо путем их накопления и использования на последующих интервалах времени.

Потребности в финансировании стратегической инвестиционной программы в течении периода $[s,\tau]$ могут быть представлены как вектор $g = (g^l, l=1,2,\dots,\tau-s+1)$, где g^l – необходимый объем финансирования инвестиций на интервале $s+1-l$ планового периода. Будем говорить, что потенциал $H[s,\tau]$ соответствует вектору $g = (g^l, l=1,2,\dots,\tau-s+1)$ потребности в финансовых ресурсах, если на основе исходных финансовых ресурсов h_0^l ($l=1,2,\dots,\tau-s+1$) могут быть сформированы такие величины h^l , ($l=1,2,\dots,\tau-s+1$) фактических ресурсов, которые обеспечат финансирование инвестиций в необходимых объемах g^l ($l=1,2,\dots,\tau-s+1$). Нетрудно видеть, что в математической интерпретации условие соответствия потенциала $H[s,\tau]$ самофинансирования варианту $g = (g^l, l=1,2,\dots,\tau-s+1)$ его потребности в финансовых ресурсах в течение периода времени $[s,\tau]$ состоит в том, чтобы вектор g принадлежал множеству $H[s,\tau]$: $g \in H[s,\tau]$.

Введем в рассмотрение величины

$$\Delta h_0^l = h_0^l - g^l(t^l), \Delta h_0^l = \Delta^l - g^l(t^l) \quad (l=2,\dots,\tau-s+1),$$

где $\Delta^l = h_0^l + (1+r)\Delta h_0^{l-1}$.

Нетрудно доказать, что $g \in H[s,\tau]$ тогда и только тогда, когда

$$\Delta h_0^l \geq 0 \quad (l=2,\dots,\tau-s+1). \quad (6)$$

Для разработки эффективных вычислительных процедур согласования потенциала и потребностей финансирования оказываются полезным использование дополнительного «только необходимого» условия, которое состоит в том, чтобы величина $P[s]$ приведенных к началу интервала s исходных финансовых ресурсов для стратегических инвестиций в течение периода $[s,\tau]$ была бы не меньше суммы $\Pi[s]$ приведенных к началу

интервала s потребностей предприятия в финансировании инвестиционных проектов стратегического значения:

$$P[s] \geq \Pi[s], \quad (7)$$

где $P[s] = \sum_{l=1}^{\tau-s+1} h_{0s}^m$, h_{0s}^m – приведенная к началу интервала s планового

периода величина исходных финансовых ресурсов для инвестиций на интервале l реализации стратегической инвестиционной программы, $l=1, 2, \dots, \tau-s+1$,

$$h_{0s}^m = h_0^l, \quad h_{0s}^m = h_0^l / (1+r)^{l-1} \quad (l=2, 3, \dots, \tau-s+1),$$

r - ставка доходности по безрисковым финансовым инвестициям,

$\Pi[s] = \sum_{l=1}^{\tau-s+1} g_s^m$, g_s^m - приведенная к началу интервала s планового

периода величина потребности предприятия в финансировании инвестиционных проектов стратегического значения на интервале l реализации стратегической инвестиционной программы, $l=1, 2, \dots, \tau-s+1$,

$$g_s^m = g^l / (1+r)^{l-1} \quad (l=2, 3, \dots, \tau-s+1).$$

Справедливость этого утверждения может быть доказана строго математически.

Заметим, что необходимое условие (7) соответствия потенциала $H[s, \tau]$ потребностям в финансировании не является достаточным. Приведем примеры, в которых условие (7) выполняется, но при этом $g \notin H[s, \tau]$. Пример

1. $h_0^1 = g^1 - \delta$, $\sum_{l=2}^{\tau-s+1} (h_0^l - g^l) / (1+r)^{l-1} \geq \delta$, $\tau-s \geq 1$, $\delta > 0$. Пример 2 $h_0^1 = g^1$, $h_0^2 = g^2 - \delta$,

$\sum_{l=3}^{\tau-s+1} (h_0^l - g^l) / (1+r)^{l-1} \geq \delta / (1+r)$, $\tau-s \geq 2$, $\delta > 0$. Из этих примеров видно, что при

выполнении условия (7) несоответствие потенциала $H[s, \tau]$ потребностям в финансировании может иметь место при недостаточном количестве исходных финансовых ресурсов на начальных интервалах финансирования стратегических инвестиций.

Величина $P[s]$ приведенных к началу интервала s исходных финансовых ресурсов для стратегических инвестиций зависит от выбора множества Q оперативно-тактических проектов и программы $v(t^\varrho)$ их реализации: $P[s] = P^Q[s](t^\varrho)$. Из формулы (7) следует, что для оценки принципиальной возможности «инвестиционного рывка» требуется отыскание максимальной величины $P^{\max}[s]$ при условии согласования на каждом интервале t планируемого объема оперативно-тактических инвестиций с максимально возможным объемом их финансирования. Задача отыскания $P^{\max}[s]$ может быть представлена в следующем виде:

$$\text{найти } P^{\max}[s] = \max \{P^Q[s](t^\varrho) = \sum_{l=1}^{\tau-s+1} h_{0s}^{ll} \mid (Q, t^\varrho) \in R\},$$

где множество R определяется следующими условиями:

$$Q \subseteq Q_0, t^\varrho \in T^Q, \Delta \Phi_A^1(t^\varrho) = (\Delta \Phi_A^0 - K_0^1 - \sum_{q \in Q} K_q^1(1) - L^1)(1+r), \Delta \Phi_A^1(t^1) \geq \Phi^{\min 1},$$

$$\Delta \Phi_A^t(t^\varrho) = (\Delta \Phi_A^{t-1}(t^\varrho) + P_0^{t-1} + \sum_{q \in Q} P_q^{t-1}(t^\varrho) - K_0^t - \sum_{q \in Q} K_q^t(t^\varrho) - L^t)(1+r),$$

$$\Delta \Phi_A^t(t^\varrho) \geq \Phi^{\min t} \quad (t = 2, \dots, s-1).$$

В описании задачи приняты такие обозначения: T^Q - множество допустимых по срокам финансирования программ t^ϱ реализации портфеля Q , $\Delta \Phi_A^0$ - накопления (остаток) финансовых активов, переходящие из предпланового периода на интервал $t=1$ планового периода; $\Delta \Phi_A^t(t^\varrho)$ - накопления (остаток) финансовых активов в конце интервала t планового периода, соответствующие программе $v(t^\varrho)$; $\Phi^{\min t}$ - минимально допустимый по условию обеспечения финансовой устойчивости предприятия остаток финансовых активов в конце интервала t .

Пусть $v(t^{j1}), v(t^{j2})$ программы реализации портфеля J стратегических проектов. Для снижения рисков реализации этих проектов предприятию естественно стремиться к тому, чтобы как можно раньше начать и завершить их. Поэтому будем говорить, что программа $v(t^{j1})$ доминирует программу

$v(t^{j2})$, если $t_j^{j1} \leq t_j^{j2}$ ($j \in J$), и хотя бы для одного проекта $j \in J$ оказывается, что $t_j^{j1} < t_j^{j2}$. Программу $v(t^j)$ назовем эффективной на множестве V^J допустимых программ реализации портфеля J , если ее не доминирует ни одна другая программа из этого множества V^J .

Рассмотрим случай, когда имеется всего один инвестиционный проект стратегического значения, $|J_0|=1$. Тогда программа $v(t_1^j)$ реализации портфеля J определяется выбором скалярной величины $t_1^j = s$ начала финансирования этого проекта. Определим такой интервал s^* планового периода, что $F(s^*) = \min\{F(s) \mid F(s) \geq 0\}$, где $F(s) = P^{\max}[s] - \Pi[s]$. Если такой интервал s^* существует, и на нем будет начата реализация проекта, то будет выполняться необходимое условие (7) его самофинансирования. Если при этом будет выполняться и условие (6), то интервал s^* планового периода и программа $v(s^*)$ будут оптимальными (единственными эффективными) по условиям начала финансирования проекта на множестве V^J допустимых программ: $s^* = s^0$, где $V^J = \{v(t_1^j) \mid t_1^j \in [t_1^{\min}, t_j^{\max} - \tau_j^{Fcp}], g(t^j) \in H[t_1^j, t_1^j + \tau_1^{Fcp}]\}$, s^0 – номер оптимального интервала начала финансирования стратегического проекта. Если оказывается, что $F(s) < 0$ для всех $s = t_1^{\min}, t_1^{\min} + 1, \dots, t_j^{\max} - \tau_j^{Fcp}$, то реализация проекта не возможна. Если на интервале s^* не выполняется условие (6), то следует поэтапно рассматривать интервалы $s = s^* + 1, \dots, t_j^{\max} - \tau_j^{Fcp}$ планового периода с тем, чтобы выбрать минимальный номер интервала s^0 , на котором это условие выполняется. Программа $v(s^0)$ будет оптимальной на множестве V^J допустимых программ. Если ни для одного из интервалов $s = s^* + 1, \dots, t_j^{\max} - \tau_j^{Fcp}$ планового периода условие (6) не выполняется, то рассматриваемый стратегический проект не может быть реализован.

В общем случае исходное множество J_0 рассматриваемых проектов стратегического значения определяет множество J_0^M всех портфелей J (подмножеств J_0) проектов, которые могут планироваться к реализации, $J_0^M = \{J \mid J \subseteq J_0\}$. Разработанная для общего случая процедура планирования

«инвестиционного рывка» предприятия включает решение следующих задач: отыскание множества $J_0^{MF} \subseteq J_0^M$ портфелей стратегических проектов, которые могут быть реализованы путем самофинансирования; отыскание для каждого портфеля $J \in J_0^{MF}$ множества $V^*[V^J]$ эффективных программ реализации портфеля J , выбор ЛПР наиболее подходящего (оптимального) варианта $v^*(t^J)$ инвестиционной программы стратегического значения из множества $\{V^*[V^J], J \in J_0^{MF}\}$ эффективных вариантов программ.

Выводы. Определены условия, которым должны удовлетворять инвестиционные проекты оперативно-тактического значения, для обеспечения финансирования стратегической инвестиционной программы, реализующей инвестиционный рывок предприятия. Предложена процедура разработки оптимальной стратегической программы, предполагающая алгоритмическое формирование множества ее эффективных вариантов и выбор ЛПР наиболее подходящего (оптимального) варианта.

Список литературы: 1. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 144с. 2. Шмиголь Н.М. Математичне моделювання реального інвестування в умовах трансформаційної економіки України. Автореф. дис... канд. економ. наук: 08.03.02. -К.: КНЕУ, 2004. – 20с. 3.Галіцин В.К., Кубрушко Ю.О. Особливості моделювання інвестиційних процесів в електроенергетичній галузі промисловості// Моделювання та інформаційні системи в економіці. - К.: КНЕУ, 2003. -Вип. 69. – С.4-14.