

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

**В.В. МОСКАЛЕНКО, В.В. КОНДРАЩЕНКО**

Рассмотрена проблема построения оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением внешних источников финансирования. Предложен комплекс математических моделей, соответствующих конкретным формам финансирования, каждая из которых позволяет рассчитать оптимальную схему финансирования и получить оценку ее экономической эффективности с учетом специфики каждой конкретной формы финансирования.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В практике управления инвестиционными проектами особое место занимает проблема сокращения затрат на реализацию проекта. Специфика инвестиционных проектов зачастую приводит к тому, что стоимостной аспект является решающим при принятии решения о целесообразности реализации проекта. Наряду с традиционными путями минимизации затрат, которые основаны на корректировке сроков, объемов работ, оптимизации объемов необходимых ресурсов, в данной работе предлагается уделить внимание проблеме выбора формы и источника финансирования проекта.

**Цель работы** — предложить комплекс математических моделей, которые позволяют субъекту, реализующему инвестиционный проект, оценить экономическую эффективность привлечения внешнего финансирования из того или иного источника, а также рассчитать наиболее эффективную схему привлечения и погашения займов.

Прежде всего, данная проблема актуальна для проектов, в которых значительную долю финансирования необходимо привлечь извне. В зависимости от специфики конкретного проекта, объема оборотных средств предприятия, занимающегося разработкой проекта, привлекательность той или иной формы финансирования будет меняться. Правильно выбранная форма и источник финансирования позволят значительно сократить затраты на использование внешнего капитала, что, в свою очередь, повышает рентабельность и привлекательность проекта.

Существенным отличием данной работы от целого комплекса работ является то, что проблема оптимального выбора рассматривается с точки зрения предприятия, которое нуждается в финансировании, а не с точки зрения инвестора.

### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Решение задачи выбора наиболее подходящей формы и источника финансирования предлагается проводить на основе решения комплекса оптимизаци-

онных задач математического программирования (ЗМП). Предлагается смоделировать процесс финансирования (как совокупность финансовых потоков) для различных форм привлечения средств. Ввиду существенных различий в характере процесса финансирования для различных его форм, необходимо рассматривать комплекс моделей. На данном этапе работы мы не будем рассматривать возможность одновременного привлечения средств из различных по форме источников (например, выпуск акций и привлечение внешнего целевого инвестирования), поскольку корреляция финансовых потоков будет существенно влиять на параметры источника финансирования. Например, выпуск акций подразумевает учреждение акционерного общества и контроль над деятельностью предприятия со стороны держателей акций, что, в свою очередь, влияет на ожидаемые риски и рентабельность инвестиций целевого назначения. Подобные ситуации сложно формализовать, и потому для решения практической задачи совместного финансирования будем использовать поэтапную человеко-машинную процедуру, при которой каждый источник финансирования рассматривается отдельно и в зависимости от решения, полученного на первом этапе, формируется задача для второго и т.д.

Целью моделирования процесса финансирования является расчет оценки прибыльности инвестиционного проекта, построение схемы привлечения заемных средств, схемы вложения собственных оборотных средств предприятия, схемы распределения ожидаемых будущих поступлений от реализации проекта, а также расчет финансового риска невыполнения проекта.

## **ОБЩАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ**

Основная идея, лежащая в основе построения моделей, состоит в поэтапном рассмотрении процесса финансирования значения для каждого из этапов рассчитываются в динамике, т.е. финансовые решения, принятые на более ранних этапах, влияют на дальнейшее развитие проекта. Оценку финансового риска удобно выполнять, применяя нечетко-множественный подход, при котором вычисляется коэффициент устойчивости NPV (net present value — чистая приведенная стоимость) на основе интервально-симметричных оценок исходных данных проекта.

На данном этапе работы предлагается рассмотреть три формы финансирования: банковский кредит, внешние прямые инвестиции и выпуск акций. Каждая форма характеризуется некоторым набором параметров, которые зачастую имеют трудно формализуемый характер. Ниже приводится краткий обзор выбранных форм финансирования и их параметров [1, 2].

Банковский кредит — кредит, представляемый банками в денежной форме. Он имеет строго целевой и срочный характер. Рассматриваемые параметры: процентная ставка (%/год), минимальная сумма кредита (д.е. — денежные единицы), максимальная сумма кредита (д.е.), схема погашения кредита, вид и стоимость обеспечения.

Внешнее прямое инвестирование — целевое выделение денежных средств организацией-инвестором на реализацию инвестиционного проекта. Рассматриваемые параметры: максимальный размер инвестиций (д.е.), минимальная рентабельность инвестиций, риск невыполнения проекта и т.д.

Выпуск акций — выпуск долевых ценных бумаг, закрепляющих права на получение прибыли в виде дивиденда, на участие в управлении предприятием и на получение части имущества, оставшегося после его ликвидации. Рассматриваемые параметры: текущая рыночная цена, номинальная стоимость акции, будущая стоимость акции. Выпуск акций может осуществлять предприятие, являющееся только акционерным обществом.

Общая схема решения задачи выбора оптимальной формы и источника финансирования состоит в следующем (рисунок):

- Осуществляется сбор данных о возможных источниках финансирования, которые группируются по формам финансирования.
- Для каждого источника  $\{A_1, \dots, A_n, B_1, \dots, B_m\}$  выполняется анализ и подготовка данных, необходимых для применения соответствующего инструмента расчета, где  $A_1, \dots, A_n$  — источники банковского кредитования, т.е. набор возможных банковских кредитов,  $B_1, \dots, B_m$  — источники прямого инвестирования.
- Если предприятие является акционерным обществом, то выполняется анализ фондового рынка и подготовка данных, необходимых для реализации акций, при этом рассматриваются два варианта:  $C_1$  — продажа на фондовом рынке собственных акций, которые находятся в распоряжении у предприятия;  $C_2$  — дополнительная эмиссия акций и продажа их на рынке.

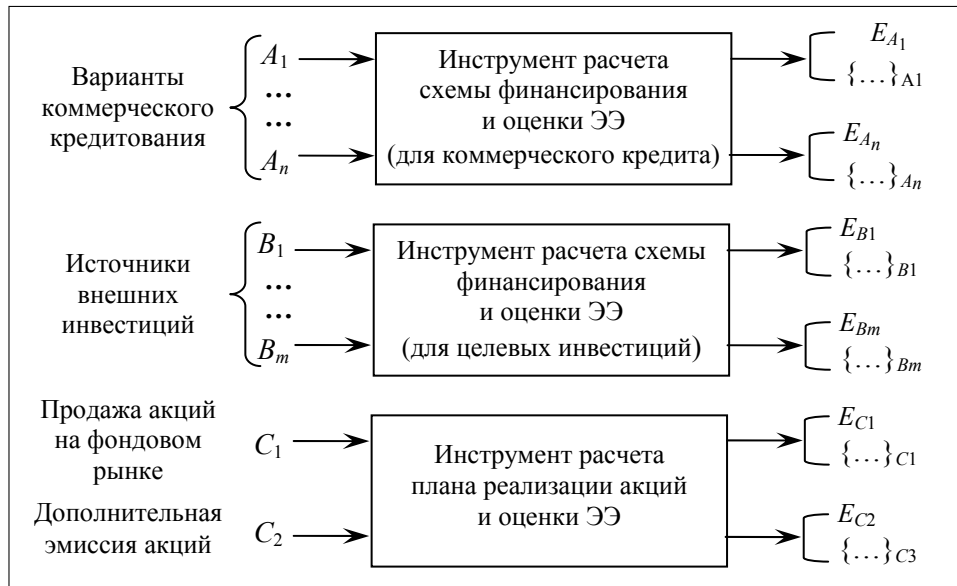


Рисунок. Общая схема выбора оптимального источника финансирования

- Для каждого источника  $\{A_1, \dots, A_n, B_1, \dots, B_m\}$  применяется инструмент расчета схемы финансирования (в соответствии с формой источника финансирования) и производится оценка  $\{E_{A_1}, \dots, E_{A_n}, E_{B_1}, \dots, E_{B_m}\}$  от реализации проекта на конец рассматриваемого периода. При возможности использования инструментов фондового рынка, аналогичная процедура используется и для способов  $C_1$  и  $C_2$ , т.е. определяются  $E_{C_1}$  и  $E_{C_2}$ .

- Производится сравнение полученных значений  $\{E_{A_1}, \dots, E_{A_n}, E_{B_1}, \dots, E_{B_m}, E_{C_1}, E_{C_2}\}$ , в результате которого выбирается такой способ  $k \in \{A_1..A_n, B_1..B_m, C_1, C_2\}$ , при котором было достигнуто максимальное  $E_k$ .
- Выбранному способу  $k$  будет соответствовать схема финансирования данного инвестиционного проекта.

Использование приведенной схемы определения наилучшего способа внешнего финансирования накладывает определенные ограничения на ту информацию, которую необходимо знать о проекте и о рассматриваемых источниках финансирования.

Построение моделей основывается на необходимости непрерывного выполнения проекта в соответствии с графиком работ. Для этого предлагается весь период выполнения проекта разбить на  $N$  равных этапов. Для каждого этапа известны объем средств  $d_k$  ( $k = \overline{1, N}$ ), необходимый для вложения (затраты), и ожидаемый чистый доход от реализации проекта  $p_k$  ( $k = \overline{1, N}$ ) на данном этапе. Предполагается, что все ресурсы, необходимые для выполнения проекта, представлены в стоимостном выражении. Таким образом, в математической модели требование непрерывности выполнения выражается в том, что в начале каждого этапа денежных средств должно быть достаточно для покрытия расходом этого этапа.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ БАНКОВСКОГО КРЕДИТА

Из всех возможных форм финансирования проектов банковское кредитование является наиболее универсальным и гибким. Это связано с тем, что банковский кредит предоставляется на строго определенный срок и может быть привлечен в любое удобное заемщику время. С другой стороны, кредит удобен с точки зрения его погашения, поскольку при известной схеме погашения кредита можно четко контролировать предстоящие расходы.

Принятие решения на каждом из этапов о взятии кредита, его размере и длительности использования, определяется запасом оборотных средств на каждом из этапов. Обозначим уровень запасов в конце  $k$ -го этапа  $s_k$ . Тогда,  $s_0 = Q$ , где  $Q$  — объем целевых средств.

Уровень запасов на  $k$ -м этапе имеет следующий вид [3]:

$$s_k = s_{k-1} - d_k + p_k + x_k - \sum_{i=1}^{k-1} Y_i,$$

где  $s_{k-1}$  — уровень запасов в конце  $(k-1)$ -го этапа;  $d_k$  — затраты в  $k$ -м этапе;  $p_k$  — поступления в  $k$ -м этапе;  $x_k$  — размер кредита, взятого в начале  $k$ -го этапа;  $\sum_{i=1}^{k-1} Y_i$  — суммарные затраты на погашение кредитов, взятых в предыдущих этапах.

Затраты в  $k$ -м этапе на погашение кредита, взятого в  $i$ -м этапе, определяются как:

$$Y_i = \begin{cases} Y_i(x_i, n_i), & \text{если } (k-i) \leq n_i \text{ и } k > i, \\ 0, & \text{если } (k-i) > n_i \text{ или } k < i, \end{cases}$$

где вид функции  $Y_i$  определяется типом схемы погашения кредита  $t_i$ . Предлагается рассматривать схему погашения долга равными срочными платежами, равными выплатами основного долга и выплатами, изменяющимися в арифметической или геометрической прогрессиях. Каждой схеме погашения поставим в соответствие номер от 1 до 4, тогда  $t_i \in \{1, 2, 3, 4\}$ .

Для поддержания уровня оборотных средств, достаточного для покрытия затрат на каждом этапе, необходимо, чтобы выполнялось условие  $s_k \geq 0$ .

Критерием оптимальности набора кредитов является минимум суммарных начисленных процентов по всем кредитам. Величину начисленных процентов по кредиту, взятому на  $k$ -м этапе, можно рассчитать по формуле:  $(x_k(1+r(n_k)))^{n_k} - x_k$ .

Тогда суммарные начисленные проценты будут равны сумме начисленных процентов по кредитам, взятым на каждом из этапов:

$$W = \sum_{k=1}^N [(x_k(1+r(n_k)))^{n_k} - x_k],$$

где  $x_k = 0$  для этапов, в которых кредит брать не нужно, и  $x_k \neq 0$  в противном случае.

Учет ограниченности размера кредита произведем путем введения констант  $x^{\min}$  и  $x^{\max}$ . Аналогично учет ограниченности длительности использования кредита произведем путем введения констант  $n^{\min}$  и  $n^{\max}$ .

Таким образом, можно построить следующую математическую модель:

$$W = \sum_{k=1}^N [(x_k(1+r(n_k)))^{n_k} - x_k] \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$s_k = s_{k-1} - d_k + p_k + x_k - \sum_{i=1}^{k-1} Y_i^{t_i}, \quad k = \overline{1, N}, \quad (2)$$

$$x^{\min} \leq x_k \leq x^{\max}, \quad k = \overline{1, N}, \quad (3)$$

$$n^{\min} \leq n_k \leq n^{\max}, \quad k = \overline{1, N}, \quad (4)$$

$$t_k \in \{1, 2, 3, 4\}, \quad k = \overline{1, N}, \quad (5)$$

$$s_0 = Q, \quad (6)$$

$$s_k \geq 0, \quad k = \overline{1, N}, \quad (7)$$

где  $Y_i$  соответствует схеме погашения кредита.

Имеем задачу нелинейного программирования с дискретными переменными. Она построена на основе классической задачи динамического программирования управления запасами, однако имеет существенное отличие, а именно: в задаче управления запасами рассматривается фиксированный расход на каждом этапе, а в нашем случае расход является переменным, поскольку зависит от объемов средств, необходимых для погашения взятых кредитов.

На основании математической модели ставится следующая оптимизационная задача: определить  $x_k$ ,  $n_k$  и  $t_k$  ( $k = \overline{1, N}$ ), которые удовлетворяют условиям (2)–(7) и доставляют минимум функции (1).

Очевидно, что задачу (1)–(7), как задачу нелинейного программирования с дискретными переменными решать затруднительно, поэтому предлагается представить базовую модель в виде задачи динамического программирования и для ее решения применить одну из схем динамического программирования, например, метод последовательного анализа вариантов.

## **ФИНАНСИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ПРЯМЫХ ИНВЕСТИЦИЙ**

В финансировании проекта с привлечением прямых внешних инвестиций непосредственно участвуют две заинтересованные в прибыли стороны: предприятие, занимающееся реализацией проекта, и внешний инвестор (далее инвестор). Таким образом, будем рассматривать задачу формирования схемы финансирования проекта на основе критериев максимизации суммарной приведенной прибыли обеих сторон. Другими словами, необходимо произвести расчет долей финансирования между инвестором и предприятием по этапам реализации инвестиционного проекта (в работе не рассматриваются единовременные инвестиции, а инвестирование осуществляется по этапам реализации проекта).

Выделим следующие критерии оптимальности схемы финансирования проекта:

- Максимизация суммарной (по всем этапам реализации проекта) прибыли инвестора. Суммарная прибыль инвестора будет равна его суммарному доходу от реализации проекта минус его суммарные инвестиции.
- Максимизация суммарной прибыли предприятия от реализации проекта. Затраты предприятия складываются из двух составляющих: целевые вложения предприятия на выполнение проекта, и отчисления части дохода на финансирование следующего этапа.
- Минимизация стоимости капитала, затраченного на выполнение проекта. Так как финансирование проекта осуществляется из двух источников (средства предприятия и средства инвестора), то выбор приоритетного источника может быть осуществлен на основании оценки стоимости капитала источника финансирования. Поэтому, стоимость капитала предприятия может быть оценена коэффициентом рентабельности альтернативного вложения средств, а стоимость капитала инвестора — минимальной величиной рентабельности данного проекта.

Целью моделирования является определение для каждого этапа выполнения проекта оптимальных значений следующих величин:

- объем внешних инвестиций. Если на некотором этапе инвестиции не требуются, то их объем считается равным нулю;
- часть дохода от внедрения проекта, которая отчисляется инвестору;
- часть дохода от внедрения проекта, которая отчисляется предприятию;
- часть дохода предприятия, которую необходимо вложить на следующем этапе выполнения проекта.

Основное требование к реализации проекта состоит в необходимости его непрерывного выполнения в соответствии с запланированным графиком работ. В математической модели это требование выражается в том, что в начале каждого этапа денежных средств должно быть достаточно для покрытия расходов на этом этапе.

Для этого могут быть задействованы:

- $q_k$  ( $k = \overline{1, N}$ ) — целевые средства, выделенные предприятием на реализацию проекта (объемы целевых средств планируются предприятием для каждого этапа и являются фиксированными).

- $x_k$  ( $k = \overline{1, N}$ ) — внешние инвестиции, объем которых на каждом этапе является переменной величиной и определяется в ходе решения задачи (величина  $x_k$  может быть ограничена некоторым фиксированным максимальным значением  $x^{\max}$ ).

- $p_k^C$  ( $k = \overline{1, N}$ ) — объем внутренних инвестиций проекта, выделенных предприятием из чистого дохода  $k$ -го этапа в  $(k + 1)$ -й этап (данная величина является переменной).

Для обеспечения непрерывного финансирования проекта необходимо выполнение условия:

$$x_k + p_{k-1}^C = d_k - q_k \quad (k = \overline{1, N}). \quad (8)$$

Предприятие и инвестор получают доход за счет поступлений от внедрения проекта  $p_k$  ( $k = \overline{1, N}$ ). Поступления на  $k$ -м этапе представим в виде суммы двух составляющих: дохода инвестора  $p_k^I$  и дохода предприятия  $p_k^{\Pi}$ .

$$p_k^I + p_k^{\Pi} = p_k \quad (k = \overline{1, N}). \quad (9)$$

Предприятие может вложить часть своего дохода  $k$ -го этапа в следующий  $(k + 1)$ -й этап проекта, сократив при этом внешние инвестиции. Размер отчислений обозначим  $p_k^C$ , причем

$$p_k^C \leq p_k^{\Pi} \quad (k = \overline{1, N}). \quad (10)$$

Целесообразность самоинвестирования на том или ином этапе будем определять на основании критерия минимизация «стоимости» капитала:

$$V = \sum_{k=1}^N \frac{c^I x_k + c^{\Pi} (p_{k-1}^C + q_k)}{(1+r)^k} \rightarrow \min, \quad (11)$$

где  $c^I$  — коэффициент, характеризующий стоимость внешних инвестиций для предприятия;  $c^{\Pi}$  — коэффициент, характеризующий стоимость собственного капитала предприятия;  $r$  — рыночная стоимость капитала.

Как предприятие, так и инвестор, стремятся максимизировать свою прибыль от реализации проекта. Прибыль будем рассчитывать на основе *NPV*.

Стремление инвестора получить максимальную прибыль можно представить в виде следующего критерия:

$$NPV^I = \sum_{k=1}^N \frac{p_k^I - x_k}{(1+r)^k} \rightarrow \max, \quad (12)$$

где  $x_k$  — объем инвестиций в  $k$ -м этапе (равен нулю, если инвестиции не вкладывались).

Интересы предприятия можно представить как:

$$NPV^{\Pi} = \sum_{k=1}^N \frac{p_k^{\Pi} - p_{k-1}^C - q_k}{(1+r)^k} \rightarrow \max. \quad (13)$$

В результате имеем модель инвестирования, состоящую из критериев (4)–(6) при ограничениях (1)–(3), а также

$$x_k \leq x^{\max} \quad (k = \overline{1, N}); \quad (14)$$

$$p_k^I \geq 0, \quad p_k^{\Pi} \geq 0, \quad p_k^C \geq 0, \quad x_k \geq 0 \quad (k = \overline{1, N}), \quad (15)$$

причем  $p_0^C = 0, p_0^{\Pi} = 0$ .

Тогда задача состоит в определении таких векторов  $x = \{x_k\}$ ,  $p^I = \{p_k^I\}$ ,  $p^{\Pi} = \{p_k^{\Pi}\}$ ,  $p^C = \{p_k^C\}$ , которые удовлетворяют ограничениям (8)–(10), (14)–(15) и доставляют экстремумы функциям (11)–(13).

Данная задача относится к классу многокритериальных задач линейного программирования с непрерывными переменными. Алгоритм ее решения подробно описан в [4].

## ФИНАНСИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ФОНДОВОГО РЫНКА

Инструменты фондового рынка (эмиссия и размещение пакетов акций на фондовых рынках) могут применяться предприятиями, которые по форме собственности являются акционерными обществами. В данной работе фондовый рынок рассматривается как один из источников привлечения внешнего капитала для реализации конкретного инвестиционного проекта. При этом подразумевается, что предприятие имеет юридические основания для проведения подобных операций, располагает некоторым объемом акций,



которые оно предполагает реализовать на фондовой бирже без утраты контрольного пакета акций.

Расчет плана финансирования с использованием инструментов фондового рынка предлагается выполнить на основе оптимизационной математической модели. В качестве исходных данных предлагается использовать следующую специфическую информацию:  $q_i$  — объем целевых внутренних инвестиций, выделяемых предприятием в  $i$ -м этапе на реализацию проекта;  $c_i$  — среднее прогнозное значение тренда стоимости акций предприятия в  $i$ -м этапе ( $i \in \overline{1, N}$ ). Для упрощения дальнейшей корректировки тренда в зависимости от «решений», принимаемых в ходе моделирования процесса финансирования,  $c_i$  будет представлено в виде суммы двух компонент  $c_i^I$  и  $c_i^{II}$ , где  $c_i^I$  — составляющая тренда, обусловленная объективной конъюнктурой рынка акций в данной отрасли, а  $c_i^{II}$  — составляющая тренда, существенно зависящая от данного конкретного предприятия. Такое разделение позволяет производить корректировку только составляющей  $c_i^{II}$ , притом, что  $c_i^I$  не будет существенно меняться в зависимости от действий предприятия на фондовом рынке.  $G$  — затраты на размещения пакета акций на данной конкретной фондовой бирже. Будем считать, что взнос  $G$  предприятие обязано уплачивать каждый раз при выставлении на продажу пакета акций.  $f(e)$  — функция стоимости дополнительной эмиссии пакета акций объемом  $e$ .  $V_i$  — количество акций, которыми предприятие располагает для продажи в начале  $i$ -го этапа. Соответственно,  $V_0$  — количество акций для продажи, которыми предприятие располагает в начале планового периода. От этапа к этапу значение  $V_i$  изменяется в зависимости от количества акций, проданных и дополнительно эмитированных в предыдущих этапах.  $v_i$  — количество акций, проданных на фондовом рынке в  $i$ -м этапе ( $i \in \overline{1, N}$ ).  $k(c_j^{II}, j, i, v_i, e_i)$  — функция корректировки составляющей  $c_i^{II}$  тренда стоимости акций предприятия в  $j$ -м этапе в зависимости от объема акций  $v_i$  проданных, и объема акций  $e_i$  эмитированных в  $i$ -м этапе.

Тогда

$$\forall_{j>i} c_j = c_j^I + k(c_j^{II}, j, i, v_i, e_i).$$

На основании этих данных можно составить следующее рекуррентное соотношение, характеризующее прибыль от инвестиционной и финансовой деятельности предприятия в  $i$ -м этапе:

$$S_i = S_{i-1} + q_i + p_{i-1} - d_i + c_i v_i - g_i - f(e_i),$$

$$\text{где } S_0 = 0, S_i \geq 0, g_i = \begin{cases} 0, & v_i = 0, \\ G, & v_i > 0. \end{cases}$$

Объем акций, который может быть продан на  $i$ -м этапе, ограничивается необходимостью сохранения контрольного пакета акций за предприятием:

$$v_i \leq V_{i-1} + e_i, \quad V_i = V_{i-1} + e_i - v_{i-1},$$

$$V_i \geq \frac{V_{\text{ext}} + V_0 + \sum_{j=1}^i e_j}{2} + 1,$$

где  $V_0$  и  $V_{\text{ext}}$  — количество акций, которые, соответственно, принадлежали и не принадлежали предприятию на начало планового периода. Очевидно, что  $V_0 + V_{\text{ext}}$  составляют общее количество акций эмитированных на начало планового периода.

Отсюда, можно выразить следующее ограничение:

$$v_i \leq \frac{V_{\text{ext}} + V_0 + \sum_{j=1}^i e_j}{2} - \sum_{j=1}^{i-1} v_j - 1.$$

Таким образом, проект на каждом этапе может быть профинансирован из двух источников: нераспределенной прибыли от финансовой деятельности предприятия  $S_{i-1}$  и дохода от продажи акций предприятия на фондовой бирже  $c_i v_i$ . Вклад каждого источника в процесс финансирования на каждом этапе определяется из ограничения на рентабельность привлечения денежных средств от продажи акций, которая должна быть не меньше рентабельности нераспределенной прибыли от финансовой деятельности  $R$ :

$$\frac{c_i v_i - (g_i + f(e_i))}{g_i + f(e_i)} \geq R.$$

Критерием оптимальности схемы финансирования проекта с привлечением средств от реализации акций на фондовом рынке является максимизация суммарной рентабельности инвестиционной и финансовой деятельности

$$\sum_{i=1}^N \frac{S_i}{d_i + g_i + f(e_i)} \rightarrow \text{MAX}.$$

Таким образом, имеем оптимизационную математическую модель с одним критерием оптимальности следующего вида:

$$\sum_{i=1}^N \frac{S_i}{d_i + g_i + f(e_i)} \rightarrow \text{MAX} \tag{16}$$

при ограничениях

$$S_i = S_{i-1} + q_i + p_{i-1} - d_i + c_i v_i - g_i - f(e_i), \tag{17}$$

$$S_0 = 0, \quad S_i \geq 0, \tag{18}$$

$$g_i = \begin{cases} 0, & v_i = 0, \\ G, & v_i > 0, \end{cases} \tag{19}$$

$$v_i \leq \frac{V_{\text{ext}} + V_0 + \sum_{j=1}^i e_j}{2} - \sum_{j=1}^{i-1} v_j - 1, \quad (20)$$

$$\frac{c_i v_i - (g_i + f(e_i))}{g_i + f(e_i)} \geq R, \quad (21)$$

$$\forall_{j>i} c_j = c_j^I + k(c_j^II, j, i, v_i, e_i). \quad (22)$$

Тогда задача состоит в определении таких значений  $v_i$  и  $e_i$ ,  $i \in \overline{1, N}$ , которые удовлетворяют ограничениям (17)–(22) и доставляют максимум (16). Решением данной задачи является множество троек значений  $\{v_i, c_i, e_i\}$ ,  $i \in \overline{1, N}$ , которые определяют поэтапный план продажи и дополнительной эмиссии акций. При заданных исходных данных и допущениях это решение позволит своевременно реализовать инвестиционный проект при максимальной суммарной рентабельности инвестиционной деятельности с привлечением инструментов фондового рынка. Необходимо отметить, что дисконтирование финансовых потоков в модели не применяется.

#### АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ

Рассмотренные модели были апробированы для построения схем финансирования нескольких инвестиционных проектов. На основе приведенной схемы выбора оптимального источника финансирования для построенных схем с использованием трех рассмотренных моделей был проведен анализ стоимости привлечения и эффективности проектов. Таким образом, можно сделать следующие выводы о применимости предложенных моделей в отдельных случаях. Использование кредитования как вариант финансирования проектов имеет свои преимущества и недостатки. Привлечение банковского кредита не требует учета интереса банка в объекте инвестирования и дополнительных выгод с инвестируемым объектом, как в случае с прямыми инвестициями. Это связано с тем, что финансовый интерес банка выражается в параметрах займа, таких как процентная ставка, схема погашения и длительность погашения. Ввиду того, что задача построения схемы финансирования рассматривается с точки зрения предприятия, занимающего реализацией проекта, основной акцент делается на максимизации экономической выгоды именно предприятия. Поэтому набор параметров кредитования может изменяться в заданных пределах, однако в работе не рассматривается задача наиболее эффективных параметров с точки зрения банка. Так как кредитование сопровождается обязательным обеспечением кредита и требованиями к кредитоспособности предприятия как объекта кредитования, то это может существенно сузить набор рассматриваемых кредитов для финансирования и/или увеличить затраты на оформление кредита, что, в свою очередь, увеличит затраты по проекту и уменьшит эффективность проекта. Поэтому, кредитование как вид финансирования инвестиционных проектов является выгодным только для финансово устойчивых предприятий с бла-

гоприятной кредитной историей, имеющих ликвидные активы в своем распоряжении. В других случаях необходимо применять прямое инвестирование, что обязано сопровождаться заинтересованностью инвестора в объекте инвестирования, в его участии в процессе внедрения проекта. Это возможно в случае производственной кооперации предприятий, вертикальной интеграции, когда инвестируемый объект завязан в цепочку «поставка-производство-сбыт», а также в других особых случаях, когда присутствует не только коммерческий интерес, но и другая экономическая целесообразность инвестирования.

Однако, как показывает зарубежный опыт инвестирования, поиск прямого инвестора связан не только со временем его поиска, но и с другими трудностями, такими как невозможностью страхования рисков (либо большими затратами на страхование). Поэтому в большинстве случаев в экономически развитых странах предприятия прибегают к непрямому инвестированию, т.е. используется финансовое инвестирование с привлечением инструментов фондового рынка. Однако применение такого способа также ограничено. Предприятие должно быть акционерным обществом, а также иметь возможности дополнительной эмиссии или должно иметь в своем распоряжении пакет собственных акций, который может быть продан для привлечения денежных средств без ущерба потери контроля над предприятием. Возможности в дополнительной эмиссии выражаются в следующем: предприятие обязано получить разрешение на дополнительную эмиссию от государственных структур, регулирующих выпуск ценных бумаг; рыночная стоимость акций, обращающихся на рынке, должна быть приемлемой с точки зрения доходности и ликвидности; предприятие должно пройти проверку фондовой биржи на предмет ликвидности и платежеспособности и т.д. Таким образом, при рассмотрении этого варианта финансирования должны быть учтены вопросы риска потери контроля над предприятием со стороны мажоритарных акционеров в случае дополнительной эмиссии. Поэтому можно сделать вывод, что для небольших проектов до одного года, которые внедряются на предприятиях, имеющих акционерную форму собственности, приемлемым является привлечение инвестиций за счет использования фондовых инструментов. Однако финансирование долгосрочных проектов также может осуществляться данным способом, но при условии, что часть проектов будут финансироваться за счет привлечения прямых инвесторов. Так как дополнительная эмиссия увеличивает собственный капитал предприятия, то может рассматриваться схема с прямыми инвестициями. Например, для долгосрочных проектов может рассматриваться модель прямого финансирования (8)–(15), в которой собственные денежные средства, выделяемые предприятием для финансирования  $q_k$  ( $k = \overline{1, N}$ ), формируются с помощью модели с использованием инструментов фондового рынка (16)–(22).

Таким образом, при организации финансирования инвестиционных проектов должны быть учтен ряд факторов: организационно-правовая форма предприятия, внедряющего данный проект; состояние фондового рынка и рыночная стоимость акций предприятия, ее прогноз на рассматриваемом

периоде; состояние кредитного рынка и стоимость кредитов, их виды и возможности получения кредита предприятием; рентабельность собственного капитала и возможности самофинансирования проекта и целесообразность отвлечения денежных средств из оборота предприятия на финансирование проекта и другие факторы. Поскольку все сказанное выше предполагает сбор и обработку множества разнородной информации, в работах [4, 5] предложена система поддержки принятия финансовых решений, в которой предложенные модели входят в подсистему «Модели и алгоритмы финансирования». Было также разработано программное обеспечение, реализующее расчет планов финансирования, и предоставляющее инструменты для удобной работы с исходными данными и результатами расчета [6, 7].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предложенный комплекс математических моделей охватывает распространенные формы финансирования инвестиционных проектов. На их основе предлагается построить схемы финансирования проекта и выбрать оптимальную схему с точки зрения экономической эффективности. Все это даст количественную оценку управленческим решениям о выборе формы и источника финансирования проекта.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ван Хорн К. Основы управления финансами. — М.: «Финансы и статистика», 1997. — 800 с.
2. Бертонеш М., Найт Р. Управление денежными потоками. — СПб.: Питер, 2004. — 240 с.
3. Кондращенко В.В. Математическая модель расчета оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением коммерческого кредита // Тр. V междунар. науч.-практ. конф. — М.: МИИТ, 2008. — С. 117–119.
4. Годлевский М.Д., Москаленко В.В., Кондращенко В.В. Система поддержки принятия решений процесса финансирования инвестиционного проекта // Вестн. НТУ «ХПИ». Тем. сб. «Системный анализ, управление и информационные технологии». — 2007. — № 5. — С. 75–88.
5. Godlevskiy M.D., Moskalenko V.V., Kondrashchenko V.V. Analytical data modeling of investment project financing process // Information systems technology and its applications: 6-th international conference ISTA–2007, May 23–25. — Kharkiv. — 2007. — P. 78–90.
6. Кондращенко В.В., Москаленко В.В., Захарова Т.В. Архитектура СППР для построения схемы финансирования инвестиционного проекта // Вісн. НТУ «ХПІ». Тем. випуск «Системний аналіз, управління та інформаційні технології». — 2010. — № 9. — С. 149–156.
7. Кондращенко В.В. Программная реализация СППР для построения схемы финансирования инвестиционного проекта // Вісн. НТУ «ХПІ». Тем. випуск «Системний аналіз, управління та інформаційні технології». — 2010. — № 9. — С. 157–168.

*Поступила 27.05.2009*