

Моделювання в економіці, організація виробництва та управління проектами

УДК 519.86

В.В. Кондращенко, В.В. Москаленко

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРОЕКТА С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ ФОНДОВОГО РЫНКА

В данной работе рассматривается процесс финансирования инвестиционных проектов, приведены основные проблемы построения схем финансирования. Авторами предложена качественная постановка задачи построения схемы финансирования, на основе которой построена математическая модель нахождения необходимого объема дополнительной эмиссии акций и объемов продажи акций предприятия для обеспечения процесса финансирования инвестиционного проекта. Приведено описание алгоритма построения схемы финансирования на основе метода последовательного анализа вариантов.

Ключевые слова: инвестиции, финансирование, технология, математическая модель, оптимизация.

Введение

Постановка проблемы. На основании проведенного анализа проблем управления инвестиционными проектами, можно отметить комплексный и многогранный характер задач управления процессами финансирования проектов, решение которых осуществляется на протяжении всего жизненного цикла проекта. Так, например, следует определить цели финансирования, источники (как внутренние, так и внешние), схему (план) вложения средств в соответствии с потребностями реализации проекта, схему погашения задолженностей, которые возникли в результате использования заемного капитала и т.д. Каждую из перечисленных выше задач можно рассматривать самостоятельно или в комплексе с другими задачами. 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, основанными на корректировке сроков, объемов работ, оптимизацией объемов необходимых ресурсов, в данной работе рассматривается проблема выбора формы и источника финансирования проекта. В первую очередь эта проблема актуальна для проектов, в которых значительную долю финансирования необходимо привлечь извне. В зависимости от специфики конкретного проекта, объема оборотных средств предприятия, занимающегося внедрением проекта, привлекательность той или иной формы финансирования будет меняться. Правильно выбранная форма и источник финансирования позволят значительно сократить затраты на использование внешнего капи-

тала, что, в свою очередь, повысит рентабельность и привлекательность проекта.

Анализ исследований и публикаций. Существенным отличием данной работы от целого комплекса работ является то, что в данном случае проблема оптимального выбора рассматривается с точки зрения предприятия, которое нуждается в финансировании, а не с точки зрения инвестора [1, 2]. В большинстве работ в качестве инструмента финансирования рассматривается банковское кредитование [3]. В данной работе проблему привлечения денежных средств предлагается решать с помощью инструментов фондового рынка, в частности, за счет продажи акций. Это позволит предприятию не увеличивать кредиторскую задолженность и, следовательно, не ухудшать финансовые показатели. На основе проведенного анализа существующих систем управления проектами, как зарубежных, так и отечественных, можно сделать вывод, что в этих системах не реализована подсистема управления финансированием проектами. Предлагаемая технология является частью информационной технологии, которая реализовывается в виде системы поддержки принятия решений (СППР). Внедрение и использование СППР позволит руководству проекта (предприятия) принимать взвешенные управленческие решения по разработке и внедрению проектов.

Формирование цели статьи. Таким образом, в данной работе объектом исследования является процесс финансирования инвестиционного проекта. Финансирование в данной работе предполагается осуществлять путем привлечения внешнего капитала (возможно в комбинации с собственным капиталом). На основе проведенного анализа существующих источников финансирования проектов, а также с учетом украинского законодательства в области

предпринимательства и финансового рынка, предлагается рассматривать три возможных формы внешнего финансирования: привлечение внешних прямых инвестиций [4]; привлечение банковского кредита [5, 6]; использование инструментов фондового рынка, в частности акций (если предприятие является акционерным обществом).

В данной работе будем рассматривать финансирование за счет привлечения денежных средств от продажи собственных акций предприятия.

Изложение основного материала

Математическая постановка задачи. Привлечение внешних прямых инвестиций или кредитов в некоторых ситуациях связано с определенными трудностями. Например, найти и заинтересовать инвестора в проекте, особенно долговременного характера, как показывает зарубежный опыт инвестирования, затруднительно. Это связано с большими рисками прямого инвестирования денег, невозможностью страхования рисков (либо большими затратами на страхование) и др. [3]. Кредитование прежде всего связано с вопросами обеспечения, т.е. предприятие должно выделить часть имущества под обеспечение, что в условиях недостаточных денежных средств уменьшает маневренность капитала предприятия. Поэтому в большинстве случаев в экономически развитых странах предприятия прибегают к непрямому инвестированию, т.е. используется финансовое инвестирование с привлечением инструментов фондового рынка.

В данной работе рассматривается возможность привлечения стороннего финансирования предприятием, как за счет продажи, так и за счет дополнительной эмиссии собственных акций. В качестве критерия выбора схемы финансирования предлагается использовать максимизацию рентабельности инвестиционной и финансовой деятельности предприятия. Это обусловлено тем, что данный показатель является основным при обосновании реализации тех или иных проектов и программ перед акционерами (собственниками предприятия). При этом необходимо учитывать, что построение моделей основывается на необходимости непрерывного выполнения проекта в соответствии с графиком работ. Для этого предлагается весь период выполнения проекта разбить на равные этапы. Для каждого этапа должны быть известны объем средств, необходимых для вложения (затраты), и ожидаемый чистый доход от реализации проекта по этапам. Будем считать, что все ресурсы, необходимые для выполнения проекта, представлены в стоимостном выражении. Требование непрерывности выполнения выражается в том, что в начале каждого этапа денежных средств должно быть достаточно для покрытия расходов в течение этого этапа.

В качестве исходных данных предлагается использовать следующую информацию:

N – количество этапов, на которые разбивается рассматриваемый плановый период. Ввиду объективной сложности долгосрочного прогнозирования фондовых трендов предлагается рассматривать краткосрочные плановые периоды (до 1 года). Количество этапов при этом определяется субъективно в зависимости от информации о рассматриваемом проекте (обычно используется поквартальное или помесечное разбиение);

d_i – объем денежных средств, необходимых для своевременной и успешной реализации i -го этапа проекта ($i \in \overline{1, N}$), т.е. объем инвестиций i -го этапа;

p_i – объем поступлений от внедрения проекта в i -м этапе ($i \in \overline{1, N}$). Значения d_i и p_i ($i \in \overline{1, N}$) определяются на основании бизнес-плана инвестиционного проекта;

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 ($i \in \overline{1, N}$). Эти данные можно получить на основе соответствующих ретроспективных данных, используя методы прогнозирования и анализа финансовых показателей, такие как методы анализа временных рядов, метод экспоненциального сглаживания, казуальные методы. Для упрощения дальнейшей корректировки тренда в зависимости от решений, принимаемых в ходе моделирования процесса финансирования, величину c_i предлагается представить в виде суммы двух компонент c_i^I и c_i^{II} , где c_i^I – составляющая тренда стоимости, которая обусловлена объективной конъюнктурой рынка акций в данной отрасли, а c_i^{II} – составляющая тренда, существенно зависящая от деятельности рассматриваемого 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;

Q – затраты на размещения пакета акций на конкретной фондовой бирже. Будем считать, что взнос Q предприятие обязано уплачивать каждый раз при выставлении на продажу пакета акций;

$f(e)$ – функция стоимости дополнительной эмиссии пакета акций объемом (e) (т.е. эмиссионные затраты). Объем дополнительной эмиссии ограничен максимально допустимой эмиссией e^{\max} : $e_i \leq e^{\max}$, $i \in \overline{1, N}$. Если $e_i = 0$, то $f(e_i) = 0$. Функция $f(e)$ может быть представлена в простейшем виде, как линейная: $f(e) = \xi_0 + \xi \cdot e_i$, где ξ_0 – постоянные затраты на эмиссию, связанные с оформлением документов, получением разрешений и проч.; ξ – коэффициент, характеризующий переменные затраты, связанные с объемами размещения и продажи акций на фондовой бирже. Величина ξ может быть

как положительной величиной, так и отрицательной, если существуют скидки при продаже большего пакета акций.

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 ($i \in \overline{1, N}$);

$k(c_j^{\text{II}}, j, i, v_i, e_i)$ – функция корректировки составляющей тренда c_j^{II} (стоимости акций предприятия в j -м этапе) в зависимости от объема проданных акций (v_i) и объема эмитированных в i -м этапе акций (e_i):

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

Эта функция также отражает не только экономические интересы акционеров (получение дивидендов), но и другие, такие например, как мотивация удержания большего объема акций, мотив защиты своих интересов на фондовом рынке и проч. В данной работе определение вида функции $k(c_j^{\text{II}}, j, i, v_i, e_i)$ не рассматривается. Однако она может быть задана как кусочно-линейная функция (в зависимости от объема продаваемых акций). В нашем случае будем считать, что экспертами определены значения $k(c_j^{\text{II}}, j, i, v_i, e_i)$ на данном рассматриваемом периоде.

На основании этих данных можно составить следующее рекуррентное соотношение, характеризующее прибыль от инвестиционной и финансовой деятельности предприятия.

Прибыль 1-го этапа определяется так:

$$S_1 = q_1 - d_1 + c_1 \cdot v_1 - g_1 - f(e_1).$$

Эта прибыль используется для финансирования 2-го этапа. Прибыль 2-го этапа включает величину S_1 , а также поступления денежных средств p_1 от внедрения проекта на 1-м этапе. Тогда прибыль на 2-м этапе составит:

$$S_2 = S_1 + q_2 + p_1 - d_2 + c_2 \cdot v_2 - g_2 - f(e_2),$$

аналогично формируется прибыль для третьего и последующих этапов. Прибыль на i -м этапе составит:

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

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

Количество акций, которым располагает предприятие на i -м этапе, составит:

$$V_i = V_{i-1} + e_i - v_{i-1}.$$

Количество акций, которое может быть продано на фондовом рынке в i -м этапе, не должно пре-

вышать количества выпущенных акций в этом этапе (e_i) и акций, которыми предприятие владело на предыдущем $i-1$ -м этапе:

$$v_i \leq V_{i-1} + e_i.$$

Так как объем акций, который может быть продан на i -м этапе, ограничивается необходимостью сохранения контрольного пакета акций за предприятием, то должно выполняться неравенство:

$$V_i \geq \left(\left(V_{\text{ext}} + V_0 + \sum_{j=1}^i e_j \right) / 2 \right) + 1,$$

где V_0 и V_{ext} – количество акций, которые принадлежат предприятию на начало планового периода и находятся в собственности других акционеров, соответственно. Очевидно, что $V_0 + V_{\text{ext}}$ составляют общее количество акций, эмитированных на начало рассматриваемого периода.

На основе вышесказанного, можно записать ограничение для количества акций, которое возможно продать на фондовом рынке в i -м этапе:

$$v_i \leq \left(\left(V_{\text{ext}} + V_0 + \sum_{j=1}^i e_j \right) / 2 \right) - \sum_{j=1}^{i-1} v_j - 1.$$

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 ($c_i \cdot v_i$). Так как 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 (R) нераспределенной прибыли от финансовой деятельности, поэтому должно выполняться следующее неравенство:

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

В качестве критерия оптимальности схемы финансирования с привлечением средств от реализации акций на фондовом рынке выберем максимизацию суммарной рентабельности инвестиционной и финансовой деятельности предприятия. Как говорилось ранее, это обусловлено тем, что рентабельность является «универсальным» показателем целесообразности вложения капитала:

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

где $S_i \geq 0$ и вычисляется по формуле (1).

Тогда качественно задачу можно определить следующим образом: определить поэтапный план объемов продажи и объемов дополнительной эмиссии акций, которые при определенных условиях позволят своевременно реализовать инвестиционный проект при максимальной суммарной рентабельности инвестиционной деятельности с привлечением инст-

рументов фондового рынка. Следовательно, имеем оптимизационную математическую модель с критерием оптимальности следующего вида:

$$\sum_{i=1}^N \frac{S_i}{d_i + g_i + f(e_i)} \rightarrow \text{MAX} \quad (2)$$

и с ограничениями:

$$v_i \leq \left(\left(V_{\text{ext}} + V_0 + \sum_{j=1}^i e_j \right) / 2 \right) - \sum_{j=1}^{i-1} v_j - 1; \quad (3)$$

$$\frac{c_i \cdot v_i - (g_i + f(e_i))}{g_i + f(e_i)} \geq R; \quad (4)$$

$$c_j = c_j^I + k(c_j^{II}, j, i, v_i, e_i), \quad \forall j > i; \quad (5)$$

$$e_i \leq e^{\text{max}}; \quad (6)$$

$$v_i \geq 0, e_i \geq 0, i \in \overline{1, n}. \quad (7)$$

Таким образом, требуется найти множество значений $\{v_i, e_i\}$, $i \in \overline{1, N}$, которые удовлетворяют ограничениям (3) – (7) и доставляют максимум целевой функции (2). Ввиду рассмотрения исключительно краткосрочных плановых периодов, в модели не осуществляется дисконтирование денежных потоков.

Покажем существование ограниченной области допустимых значений переменных, в рамках которой лежит искомое оптимальное решение. Переменная e_i ($i \in \overline{1, N}$) ограничена снизу ограничением (7), а сверху ограничением (6). Переменная v_i ($i \in \overline{1, N}$) ограничена снизу ограничением (7) и ограничена сверху (3). Таким образом, область значений переменных v_i, e_i ($i \in \overline{1, N}$) ограничена, а, следовательно, задача (2) – (7) имеет решение.

Технология построения схемы финансирования инвестиционного проекта

Рассматриваемая технология построения схемы финансирования основывается на математической модели (2) – (7). Она является оптимизационной задачей нелинейного программирования. Переменные в данной модели относятся к двум разным классам: вектора $\{v_i\}, \{e_i\}, \{c_i\}$ содержат непрерывные переменные, на которые накладывается ограничение неотрицательности; вектор $\{g_i\}$ является вектором дискретных переменных. Кроме этого, переменная v_i зависит от переменных e_j ($\forall i \in \overline{1, N}, j \in \overline{1, i}$); переменная g_i зависит от переменной v_i ($\forall i \in \overline{1, N}$); переменная c_i в общем случае зависит от переменных e_j, v_j, g_j ($j \in \overline{1, (i-1)}$). Размерность задачи – $4 \cdot N$.

Решение задачи данного класса отличается высокой трудоемкостью и зачастую требует разработки эмпирического подхода к решению. Снижение размерности и упрощение структуры задачи математи-

ческого программирования может быть достигнуто путем ввода дополнительных предпосылок и допущений, что приведет к преобразованию более общей модели к ее частному виду. Таким образом, снижается вычислительная сложность поиска оптимального решения в ущерб диапазону применимости модели.

В данной работе предлагается рассмотреть технологию решения задачи математического программирования (2) – (7) в ее исходном виде. В качестве метода решения рассматриваемой оптимизационной задачи предлагается применить метод последовательного анализа вариантов. Современный уровень вычислительной техники позволяет достаточно эффективно применять данный метод для решения структурно сложных оптимизационных задач.

Для эффективного применения метода последовательного анализа вариантов необходимо провести преобразование непрерывных переменных в дискретные путем квантования. Для этого введем в рассмотрение параметры Q^v и Q^e , которые соответственно определяют шаг квантования переменных v_i и e_i ($\forall i \in \overline{1, N}$).

Тогда алгоритм поиска оптимального решения задачи (2) – (7) будет состоять из следующих этапов.

0. Принимается $i = 1$, $F_{\text{opt}} = -\infty$.

1. Определить граничные значения переменной e_i исходя из ограничений (6) и (7):

$$e_i^{\text{min}} = 0; \quad e_i^{\text{max}} = e^{\text{max}}.$$

2. Определить множество возможных значений Δ_i^e переменной e_i путем квантования области значений, полученной на шаге 1:

$$e_i \in \Delta_i^e = \{e_i^{\text{min}}, e_i^{\text{min}} + Q^e, \dots, e_i^{\text{max}}\}.$$

3. Выбрать очередное значение переменной e_i из множества Δ_i^e .

4. Определить граничные значения переменной v_i исходя из ограничений (3) и (7):

$$v_i^{\text{min}} = 0,$$

$$v_i^{\text{max}} = \left(\left(V_{\text{ext}} + V_0 + \sum_{j=1}^i e_j \right) / 2 \right) - \sum_{j=1}^{i-1} v_j - 1.$$

5. Определить множество возможных значений Δ_i^v переменной v_i путем квантования области значений, полученной на шаге 4:

$$v_i \in \Delta_i^v = \{v_i^{\text{min}}, v_i^{\text{min}} + Q^v, \dots, v_i^{\text{max}}\}.$$

6. Выбрать очередное значение переменной v_i из множества Δ_i^v .

7. Проверить выполняется ли условие (4). Если выполняется, то перейти к п. 8, иначе – к п. 7.1.

7.1. Если множество Δ_i^v не пустое, то перейти к п. 6; иначе, проверка множества Δ_i^e .

7.2. Если множество Δ_i^e не пустое, то перейти к п. 3; иначе, если $i=1$, то перейти к п. 11; иначе $i=i+1$ и перейти к п. 7.1.

8. Если $i=N$, то перейти к п. 9, иначе перейти к п. 10.

9. Определить значение F целевой функции (2). Если это значение лучше F_{opt} , то

a) $F_{opt} = F$,

b) $v_{opt} = \{v_i\}$, $e_{opt} = \{e_i\}$ и $c_{opt} = \{c_i\}$.

9.1. Если множество Δ_i^v не пустое, то перейти к п.6; иначе, если множество Δ_i^e не пустое, то перейти к п. 3; иначе, если $i=1$, то перейти к п. 11; иначе $i=i+1$ и перейти к п. 9.1.

10. Выполнить пересчет векторов s в соответствии с формулой (5). Присвоить $i=i+1$ и перейти к п. 1.

11. Если $F_{opt} \neq -\infty$, то оптимальное решение задачи найдено и достигается при значениях векторов переменных v_{opt} , e_{opt} и c_{opt} ; иначе задача не имеет решения при заданных исходных параметрах.

Таким образом, в результате реализации данной технологии на каждом этапе будет определены количество продаваемых акций предприятия и необходимый объем дополнительной эмиссии акций. Эти объемы должны покрыть необходимое финансирование проекта.

Выводы

В работе предложен подход к формированию схемы финансирования проектов на основе привлечения денежных средств от продажи собственных акций предприятия, на котором внедряется проект, предполагается использование возможности дополнительной эмиссии акций. Реализация данной технологии позволит уменьшить стоимость проекта за счет привлечения более дешевых источников финансирования и, следовательно, увеличить эффективность проекта. Разработанная технология является

модулем системы поддержки принятия инвестиционных решений [7, 8].

Список литературы

1. Williams T. *The Contribution of Mathematical Modelling to the Practice of Project Management* / T. Williams // *IMA Journal of Management Mathematics*, 2003. – 14, (1). – P. 3-30.
2. Dailami M. *Infrastructure Project Finance and Capital Flows: a new perspective* / M. Dailami, D. Leipziger. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://cendoc.esan.edu.pe/paginas/infoalerta/project/world3.pdf>.
3. Inderst R. *Financing a Portfolio of Projects* / R. Inderst, Holger M. Mueller, F. Munnich. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.finance.uni-frankfurt.de/wp/1799.pdf>.
4. Годлевский М.Д. *Математическая модель расчета оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением внешних инвестиций* / М.Д. Годлевский, В.В. Москаленко, В.В. Кондращенко // *Вестник НТУ «ХПИ» «Системный анализ, управление и информационные технологии»*. – X.: НТУ «ХПИ», 2006. – №19. – С. 151-157.
5. Москаленко В.В. *Применение системного подхода к решению задачи выбора схемы финансирования инвестиционного проекта* / В.В. Москаленко, В.В. Кондращенко // *Материалы XV міжн. конф. з автомат. управління (Автоматика-2008), Ч.1.* – Одесса: ОМА, 2008. – С. 378-380.
6. Москаленко В.В. *Математические модели управления процессами финансирования инвестиционных проектов* / В.В. Москаленко, В.В. Кондращенко // *Системний аналіз та інформаційні технології: Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції (26-30 травня 2009р., Київ)*. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – С. 355.
7. Godlevskiy M. *Modeling of the analytical data of investment project financing process* / M. Godlevskiy, V. Moskalenko, V. Kondrashchenko // *Information systems technology and its applications. International conference ISTA'2007.* – P. 78-90.
8. Кондращенко В.В. *Архитектура СППР для построения схемы финансирования инвестиционного проекта* / В.В. Кондращенко, В.В. Москаленко, Т.В. Захарова // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Тематичний випуск «Системний аналіз, управління та інформаційні технології»*. – X.: НТУ «ХПИ». – 2010. – № 9. – С. 149-156.

Поступила в редколлегию 21.03.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Гамаюн, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

ТЕХНОЛОГІЯ ПОВБУДОВИ СХЕМИ ФІНАНСУВАННЯ ПРОЕКТУ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ ІНСТРУМЕНТІВ ФОНДОВОГО РИНКУ

В.В. Кондращенко, В.В. Москаленко

У даній роботі розглядається процес фінансування інвестиційних проектів, наведені основні проблеми побудови схем фінансування. Авторами запропонована якісна постановка задачі побудови схеми фінансування, на основі якої побудована математична модель знаходження необхідного обсягу додаткової емісії акцій і обсягів продажу акцій підприємства для забезпечення процесу фінансування проекту. Наведено опис алгоритму побудови схеми фінансування на основі методу послідовного аналізу варіантів.

Ключові слова: інвестиції, фінансування, технологія, математична модель, оптимізація.

TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF CHART OF FINANCING OF PROJECT WITH BRINGING IN OF INSTRUMENTS OF FUND MARKET

V.V. Kondrashchenko, V.V. Moskalenko

In hired the process of financing of investment projects is examined, basic problems over of construction of charts of financing are brought. Authors are offer the quality raising of task of construction of chart of financing, on the basis of that the mathematical model of being of necessary volume of additional emission of actions and volumes of sale of actions of enterprise is built for providing of process of financing of project. Description over of algorithm of construction of chart of financing is brought on the basis of method of successive analysis.

Keywords: investment, financing, technology, mathematical model, optimization.