

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ  
МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ОПТИМИЗАЦИИ  
ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОГРАММ  
СУБЪЕКТОВ ФЕДЕРАЦИИ**

**Е.В. Быковская**

*Кафедра «Бухгалтерский учет и аудит», ТГТУ*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** инвестиции; инвестиционная программа; моделирование инвестиций; оптимизация инвестиций.

**Аннотация.** Рассмотрены основные аспекты методического подхода к математическому моделированию процессов оптимизации инвестиционных программ на региональном уровне. Проанализирована система критериальных показателей и ограничений, используемых при оптимизации. Приведена постановка задачи оптимизации инвестиционной программы субъекта федерации по критерию максимизации чистого дисконтированного дохода.

---

Современные инвестиционные программы субъектов РФ чаще всего представляют собой неорганизованную совокупность отдельных инвестиционных проектов. Такой подход, когда программными свойствами наделяются документы, выполняющие чисто координационные функции и совершенно не обладающие качествами, присущими программам, не позволяет обеспечить надлежащую эффективность их реализации.

Для таких документов, как правило, не разрабатывается единая критериальная база оценки эффективности их реализации. Экономический эффект от реализации таких «программ» определяется как сумма эффектов от реализации отдельных инвестиционных проектов, но при этом не учитывается синергический программный эффект.

При доработке таких документов для их трансформации в программы возникает целый ряд методических задач, без решения которых невозможно добиться максимального эффекта от их реализации.

К таким задачам относится, в частности, оптимизация региональных инвестиционных программ, к которым, при некоторых допущениях, с полным правом можно отнести программы субъектов РФ.

Проведение эффективной оптимизации, в свою очередь, требует предварительного решения ряда методических вопросов, к которым можно отнести:

- формулирование принципов оптимизации;
- определение возможных видов оптимизации и выбор наиболее целесообразных из них для конкретных инвестиционных программ;
- определение целей оптимизации и выработку соответствующих «деревьев целей»;
- анализ условий реализации инвестиционных программ и выработка на этой основе системы ограничений для формулирования и использования в расчетах

математической модели оптимизации по каждому типу и каждому критерию оптимизации;

– выбор наиболее адекватной математической модели оптимизации по каждому виду и критерию оптимизации и, при необходимости, доработка используемого математического аппарата.

Все эти задачи решаются в комплексе.

Рассмотрим методические подходы к решению каждой из этих задач подробнее.

### **Принципы оптимизации**

Анализ имеющейся в литературных источниках информации о методических подходах к оптимизации инвестиционных программ [1, 2] дает возможность сформулировать следующие принципы оптимизации:

– сохранение баланса интересов отдельных инвесторов, с одной стороны, и региона, с другой;

– сохранение баланса интересов в экономической системе более высокого порядка (национальной экономике);

– обеспечение максимально возможной эффективности оптимизации на всех уровнях хозяйствования;

– информационная достаточность проводимой оптимизации.

Реализация в процессе оптимизации указанных принципов позволяет учесть все наиболее существенные внешние ограничения.

### **Цели и критерии оптимизации**

Соблюдение принципа баланса интересов (которые в ряде случаев могут не совпадать у отдельных хозяйствующих субъектов, инвесторов и регионов) диктует цели оптимизации, которые оцениваются соответствующими критериальными показателями и состоят в следующем:

– минимизация издержек на формирование и реализацию программы при сохранении, либо улучшении технико-технологического уровня и уровня качества всех инвестиционных объектов (такая минимизация возможна за счет снижения по каждому инвестиционному проекту инфраструктурных издержек при формировании и эксплуатации общей для инвестиционной программы инфраструктуры);

– максимизация эффекта от реализации программы (методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов [3] этот эффект оценивается размером чистого дисконтированного дохода, полученного в целом по программе и являющегося критериальным показателем для оптимизации);

– минимизация периода формирования и реализации инвестиционной программы (возможность такой оптимизации обусловлена таким параметром программы, как разновременность запуска в реализацию отдельных инвестиционных проектов, и возможностью маневрирования этим параметром при сохранении установленной системы ограничений).

### **Виды оптимизации**

А. Оптимизация по технологическому принципу.

Этот вид оптимизации может быть осуществлен на следующей основе.

1. Оптимизация функциональной структуры программы, в основе которой лежит анализ технологических взаимосвязей между отдельными инвестиционными процессами. При проведении такой оптимизации, по мнению автора может быть использован как критериальный показатель – коэффициент технологической зависимости между отдельными инвестиционными проектами, определяемый как соотношение количества общих технологических процессов к общему количеству технологических процессов, реализуемых в целом по программе.

2. Организационно-структурная оптимизация, заключающаяся в оптимизации структуры инвестиционного цикла на основе изменений в технологии осуществления отдельных стадий инвестиционного цикла, а также изменений механиз-

ма запуска и окончания реализуемых в соответствии с программой инвестиционных проектов. Критерием такой оптимизации является минимизация времени на формирование и реализацию всей инвестиционной программы. Основой оптимизации является анализ и минимизация трудоемкости всех выполняемых операций.

3. Ресурсная оптимизация, являющаяся оптимизацией объема и структуры используемых при реализации программы ресурсов. Причем она осуществляется в трех видах: финансовом, материальном, трудовом. Критериальными показателями для оценки этих видов оптимизации являются минимумы соответствующих ресурсов.

4. Качественная оптимизация структуры программы, цель которой минимизация в программе количества инвестиционных проектов не отвечающих признакам программной принадлежности. Итоги такой оптимизации непосредственно в математическом аппарате не используются, однако существенным образом влияют на эффективность всех других видов оптимизации и, в конечном итоге, на эффективность реализации программы.

Б. По степени охвата критериальных показателей оптимизацию можно разделить на:

- однофакторную (монокритериальную) оптимизацию;
- многофакторную (поликритериальную) оптимизацию;
- сквозную, как предельный вариант полифакторной оптимизации при учете всех существенных ограничений.

В большинстве случаев осуществляется монокритериальная оптимизация финансового типа, где в качестве критерия используют чистый дисконтированный доход.

Задача оптимизации инвестиционных программ решается как на уровне отдельных хозяйствующих субъектов, так и на уровне региона. Наибольший эффект дает оптимизация, проведенная последовательно на низшем и высшем уровнях хозяйственной системы.

Наиболее прогрессивной с методической точки зрения является методика оптимизации, основанная на использовании математических моделей, которые, чаще всего, относятся к классу моделей, используемых в линейном программировании.

По мнению автора, при определенной доработке такой методический подход может быть использован при оптимизации инвестиционных программ субъектов РФ.

Исходя из сказанного, при построении математической модели оптимизации инвестиционной программы необходимо учитывать следующие условия и факторы.

1. Известно множество инвестиционных проектов, которые могут быть включены в соответствующие инвестиционные программы и которые соответствуют признакам программной принадлежности. Эти признаки изложены автором в работе [3].

Обозначим это множество инвестиционных проектов как

$$\Pi = (\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n),$$

где  $n$  – общее количество инвестиционных проектов, включаемых в инвестиционную программу.

2. Известны объемы финансирования по каждому из инвестиционных проектов, т.е. известно множество

$$\Phi = (\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n).$$

3. Известен плановый период реализации инвестиционной программы –  $p$  (число расчетных периодов – лет, кварталов и др.), тогда период возможной реализации  $j$ -го инвестиционного проекта должен укладываться в  $i = 0, 1, \dots, p-1$ .

4. Известен общий объем финансирования инвестиционной программы за расчетный период

$$\text{ОФ} = (\text{ОФ}_0, \text{ОФ}_1, \dots, \text{ОФ}_{p-1}).$$

Введем двоичную переменную  $X_{ji}$ , где  $i$  – расчетный период,  $j$  – инвестиционный проект.

Эта переменная принимает значения 0 и 1.  $X_{ji} = 0$ , если  $j$ -й инвестиционный проект не начинается в  $i$ -ом расчетном периоде,  $X_{ji} = 1$ , если  $j$ -й инвестиционный проект начинается в  $i$ -ом расчетном периоде.

Целевая функция оптимизации – максимизация чистого дисконтированного дохода в целом по инвестиционной программе. Для ее реализации необходимо сформировать соответствующую инвестиционную программу, т.е. определить такое подмножество инвестиционных проектов из имеющегося множества, включенных в инвестиционную программу, чтобы при этом был обеспечен минимум общего объема финансирования.

Каждый инвестиционный проект, включенный в инвестиционную программу, характеризуется также расчетной величиной чистого дисконтированного дохода ( $Ч_j$ ), приведенного к одному и тому же моменту времени.

Исходя из указанных условий можно произвести следующие расчеты.

Потребность в финансировании инвестиционной программы в  $i$ -ом расчетном периоде определяется соотношением

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^n \Phi_{ji} X_{ji}, \quad (1)$$

где  $\Phi_i$  – необходимый объем финансирования инвестиционной программы в  $i$ -ом расчетном периоде.

Тогда условие реализуемости инвестиционной программы может быть записано

$$\sum_{j=1}^n \Phi_{ji} X_{ji} \leq \text{ОФ}_i, \quad (2)$$

где  $\text{ОФ}_i$  – общий объем финансирования программы в  $i$ -ом расчетном периоде.

Чистый дисконтированный доход по каждому инвестиционному проекту может быть определен следующим образом:

$$\text{ЧДД}_j = Ч_j X_{j0} + \frac{Ч_j}{(1+e)} X_{j1} + \dots + \frac{Ч_j}{(1+e)^{p-1}} X_{jp-1}, \quad (3)$$

где  $\text{ЧДД}_j$  – чистый дисконтированный доход для  $j$ -го инвестиционного проекта;  $e$  – норма дисконта (коэффициент дисконтирования).

В приведенной формуле учитывается тот факт, что реализация каждого проекта целесообразна не позднее чем в  $(p-1)$  периоде.

Исходя из формулы (3) чистый дисконтированный доход в целом по программе ( $\text{ЧДД}_n$ ) будет определен как

$$\text{ЧДД}_n = \sum_{j=1}^n \sum_{i=0}^{p-1} \frac{Ч_j}{(1+e)^i} X_{ji}. \quad (4)$$

Возможность оптимизации инвестиционной программы субъекта федерации связана в соответствии с указанной выше системой ограничений тем, что в ходе ее реализации могут возникать случаи, когда в определенный расчетный период  $i$  появляется инвестиционный проект  $j$ , не только не требующий финансирования, а, напротив, обеспечивающий получение промежуточного дохода, который может

быть использован для финансирования других инвестиционных проектов входящих в программу. Тогда в левую часть уравнения (2) этот доход входит как соответствующий объем финансирования со знаком (-).

Кроме того, для каждого инвестиционного проекта должно соблюдаться условие

$$\sum_{i=0}^{p-1} X_{ji} \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Таким образом, модель оптимизации финансирования инвестиционной программы субъекта федерации по критерию максимизации чистого дисконтированного дохода может быть записана:

$$\text{ЧДД}_n = \sum_{j=1}^n \sum_{i=0}^{p-1} \frac{Ч_j}{(1+e)^i} X_{ji} \rightarrow \max;$$

$$\sum_{j=1}^n \Phi_{ji} X_{ji} \leq \text{ОФ}_i;$$

$$\sum_{i=0}^{p-1} X_{ji} \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, n;$$

$$X_{ji} = 0, 1; \quad i = 0, 1, \dots, p-1; \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Сформулированная задача оптимизации финансирования инвестиционной программы субъекта федерации относится к классу задач линейного программирования и может быть решена с помощью стандартных пакетов программ реализации задач соответствующего класса.

Результатом решения поставленной задачи является подмножество  $\Pi^0$  инвестиционных проектов, обеспечивающее выполнение условий финансирования инвестиционной программы и максимальную величину чистого дисконтированного дохода.

Проведение ряда итерационных расчетов при маневрировании сроками начала реализации отдельных инвестиционных проектов, включенных в программу, а также возможностями ее рефинансирования за счет доходов от реализации отдельных инвестиционных проектов до срока реализации всей программы дает возможность руководству программы реализовать тот ее вариант, который, во-первых, будет полностью учитывать жесткие ресурсные ограничения, а, во-вторых, скажется на улучшении основных критериальных показателей оценки эффективности инвестиционной программы, а также на уровне ее реализуемости.

#### *Список литературы*

1. Руднева Е.В. Целевые комплексные программы: организационно-экономический механизм. М.: Наука, 1989.
2. Шниппер Л.И. Региональное программное планирование. Новосибирск, 1998.
3. Быковская Е.В. Признаки программной принадлежности инвестиционных проектов и их использование при разработке математического обеспечения оптимизации инвестиционных программ. Сб. научн. тр. «Математические и инструментальные методы экономического анализа: управление качеством», вып. 9. Тамбов, ТГТУ, 2003.

4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). Оригинальное издание. Утверждены МЭ РФ, МФ РФ, ГК по строительной, архитектурной и жилищной политике. № ВК 477 от 21.06.99. М.: Экономика. 2000.

---

## **Methodological Approach to Mathematical Modeling of Optimization Process of Investment Programs of Federation Subjects**

**E.V. Bychkovskaya**

*Department «Accounting and Audit», TSTU*

**Key words and phrases:** investments; investment program; investment modeling; investment optimization.

**Abstract:** Main aspects of methodological approach to mathematical modeling of optimization processes of investment programs in regions are considered. The system of criteria indicators and limitations used in the process of optimization is analyzed. Task setting of optimization of investment program of federation subject at the criterion of maximization of net discount profit is given.

---

## **Methodische Einstellung zur mathematischen Modellierung der Optimierungsprozesse der Investitionsprogramme von den Subjekten der Föderation**

**Zusammenfassung:** Es sind die Hauptaspekte der methodischen Einstellung zur mathematischen Modellierung der Optimierungsprozesse der Investitionsprogramme auf dem Regionalniveau betrachtet. Es ist das System der bei der Optimierung benutzenden Kriteriakennziffer und Beschränkungen analysiert. Es ist die Aufgabestellung der Optimierung des Investitionsprogramms des Föderationssubjektes nach dem Kriterium der Maximisierung des Diskontierungseinkommens angeführt.

---

## **Approche méthodique envers la modélisation mathématique des processus de l'optimisation des programmes d'investissement des sujets de la fédération**

**Résumé:** Sont examinés les aspects essentiels de l'approche méthodique envers la modélisation mathématique des processus de l'optimisation des programmes d'investissement sur le niveau régional. Est analysé le système des indices de critères et des limitations utilisés au cours de l'optimisation. Est effectuée la formulation du problème de l'optimisation du programme d'investissement du sujet de la fédération selon le critère du revenu pure discounté.

---