

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

С.М. Яровенко, д. т.н., профессор

*Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства,
г Москва, Россия*

Исследователи проблем управления инвестициями широко используют методы математического моделирования. Это во многом связано с тем, что практические задачи управления инвестиционными проектами носят многовариантный характер, а выработка возможных вариантов управленческих решений зависит от большого количества вероятностных фактов. В связи с этим значительная доля задач, и в особенности по планированию инвестиций, носит оптимизационный характер, а их решение требует оценки организационно-технологической надежности. На первом этапе для решения оптимизационных задач управления инвестициями применялись точные методы математического программирования (линейного, нелинейного, целочисленного, динамического и др.). Однако, как показали теоретические исследования и практический опыт, возможности методов математического программирования недостаточны; для описания вероятностных планово-экономических задач. Это обстоятельство повлекло за собой разработку методов имитационного моделирования, возможности которых позволяют моделировать сложные процессы на основе учета как формализуемых, так и неформализуемых фактов [1]. Имитационно-моделирующий принцип соответствует характеру и особенностям организационных систем управления, в которых изменчивость условий функционирования организаций и предприятий требует проведения расчетов по выработке вариантов управленческих решений на основе новых моделей и критериев. К преимуществам имитационного моделирования относятся — возможность:

—синтезировать модель поведения системы на основании знаний о законах поведения ее элементов;

—учета динамического и дискретного характера функционирования элементов и системы в целом;

—высокой адекватности имитационных моделей в связи с близостью их структуры к функциональным и логическим структурам моделируемых систем;

—комплексного исследования различных альтернатив системы на множестве модельных реализаций ее функционирования, т.е. проведение статистических экспериментов;

—применением различных средств математического описания.

В имитационных моделях управления инвестициями на основе теоретических исследований и практического опыта предусмотрено обоснование общих и частных критериев оптимальности, каждый из которых выбирается пользователем для решения задачи. При выборе пользователем определенных критериев оптимальности, из числа предложенных, остальные параметры переходят в разряд ограничений, и моделирующий концептуальный алгоритм реализуется на основе комплексного сочетания форма-

лизуемых и неформализуемых процедур. Таким образом, обеспечивается активное участие эксперта в принятии решения. При этом большое значение в повышении качества принятия решения может обеспечить применение экспертных систем. Как показал опыт разработки и внедрения системы управления проектами по строительству жилых городков для военнослужащих, применение экспертных систем особенно эффективно для решения прикладных задач с применением ЭВМ. Формирование баз знаний на ПЭВМ об объекте и предмете планирования на основе многолетнего отечественного и зарубежного опыта позволяет моделировать варианты плановых решений и ранжировать их по выбранным критериям оптимальности. Пользователь, учитывая реальную ситуацию, может выбрать наиболее рациональное решение в сложившейся обстановке (дефицит какого-то ресурса, изменение конъюнктуры рынка и т.д.).

Совокупность функциональных задач имитационной темы управления инвестициями (СУИ) можно описать множеством:

$$СУИ = F \times Y \times T \times OY \times R, \quad (1)$$

где $F = \{F_i\}$ — множество функций управления;

$Y = \{Y_i\}$ — множество иерархических уровней управления;

$T = \{T_i\}$ — множество временных периодов (режимов) управления;

$OY = \{OY_i\}$ — множество объектов управления;

$R = \{R_i\}$ — множество ресурсов, участвующих в создании проекта.

Система управления инвестициями декомпозируется на следующие подсистемы (рис. 1):

1. Подсистемы, выделяемые для рассмотрения объектом управления: капитальные вложения, проектирование, основное производство, вспомогательное производство, техническое развитие и др.;

2. Ресурсные подсистемы, которые рассматривают: трудовые ресурсы; машины и механизмы; материальные ресурсы; финансовые ресурсы; энергетические ресурсы; прочие основные фонды; научно-техническую информацию и др.;

3. Временные подсистемы, которые включают в себя технико-экономическое и оперативно-производственное проектирование. Техничко-экономическое проектирование состоит из: долгосрочного (более 5 лет), среднего (6 лет) и текущего (1-2 года). Оперативно-производственное проектирование включают в себя квартальное, месячное и недельно (декадно)-суточное.

Для разработки имитационных моделей планирования и оценки инвестиционных проектов на основе проведенных исследований были отобраны следующие общие требования:

1. Моделируемый процесс должен быть наблюдаемым, т.е. входная и выходная информация должна поддаваться формализации для обеспечения ее ввода в модель или использования при оценке эффективности функционирования;

2. Моделируемый процесс должен быть стабильным, т.е. объект моделирования должен характеризоваться устойчивостью и относительно медленной изменяемостью;

3. Модель должна быть экстраполируема, т.е. применима не только для одного моделируемого процесса, но и для других, находящихся в пределах граничных условий, описываемых моделью;



Рис. 1 Структура системы управления инвестиционным процессом

4. Моделируемый процесс должен иметь конечное число входов и выходов, т.е. число характеристик, учитываемых в модели, должно быть конечным и не слишком большим;

5. Модель и моделируемый процесс должны быть согласованными, т.е. понятия и параметры процесса и аналогичные им понятия и параметры модели должны однозначно соответствовать;

6. Вычислительные операции должны быть конечны, т.е. число операций и время их выполнения при моделировании ограничены определенным числовым значением.

Наряду с общими требованиями при разработке моделей планирования инвестиций необходимо учитывать и специфические отраслевые требования. В соответствии с ними модели должны:

—отвечать организации планирования и управления и отражать специфику задач, решаемых на различных иерархических уровнях;

—учитывать изменение во времени целей, задач, исходных данных и ресурсов;

—реализовывать принцип непрерывности планирования;

—увязывать цели с возможностями их достижения;

—выражать количественно существенные параметры конкретной планово-экономической задачи;

—обеспечивать наиболее эффективное достижение конечной цели моделирования;

—обладать мобильностью и позволять своевременно корректировать планы при изменении целей, исходных данных и ресурсов;

—создавать возможность автоматизированной обработки информации, необходимой для решения задач планирования.

Трудность формализации задач текущего планирования инвестиций с учетом ОТН, сложность количественного определения вероятностных характеристик факторов, подлежащих учету при их решении, предопределили необходимость введения точек диалога пользователя и ПЭВМ в ходе выполнения расчетов. Это дает возможность пользователю работать с ПЭВМ в интерактивном режиме и позволяет [1, 2]:

—сочетать интеллектуальные способности пользователя к неформальному решению задач, основанные на его знаниях, опыте, интуиции, с вычислительными возможностями ПЭВМ, позволяющими быстро обрабатывать большие объемы информации и представлять их в удобной форме;

—использовать в ходе выработки решений не только количественную, но и качественную информацию на любом уровне управления;

—учитывать трудноформализуемые факторы и параметры, характеризующие инвестиционный процесс;

—применять эвристические приемы и методы при решении комбинаторных задач большой размерности (составление расписаний);

—находить эффективные решения многокритериальных задач;

—отслеживать на моделях возможные последствия принимаемых управленческих решений;

—приближать в определенной степени процесс планирования инвестиций к реальным условиям.

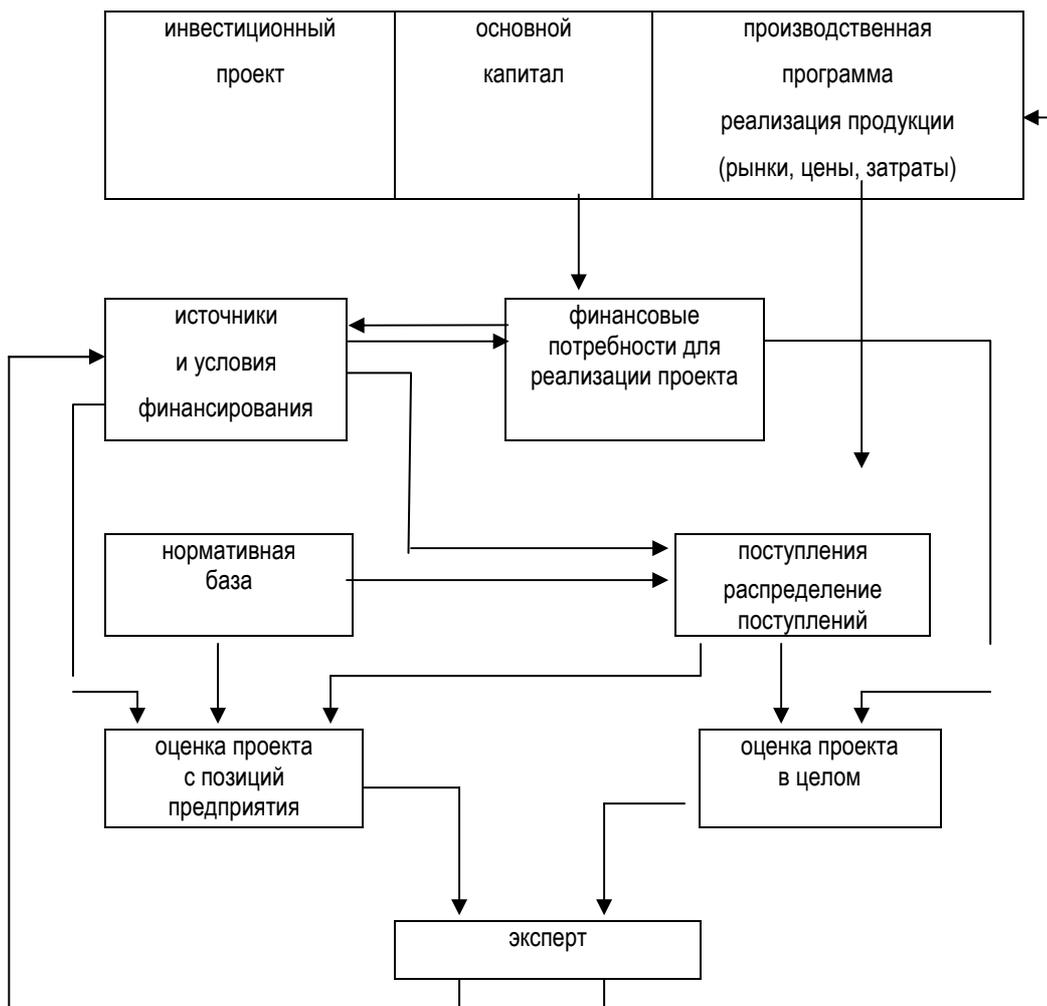


Рис. 2 Схема имитационной модели для анализа финансовых возможностей инвестирования проекта

Сформулированные подходы к системе имитационного моделирования инвестиционных процессов были учтены при разработке концептуальной и частных экономико-математических моделей, (рис.2).

Для описания концептуальной имитационной модели управления инвестиционным проектом приняты следующие условные обозначения:

IP — инвестиционный проект;

IP_j — j -й технологический этап проекта;

RB_{ij} — работа ij -го технологического этапа;

T_{ij} — плановая продолжительность работы ij -го технологического этапа;

t_{ij} — фактическая продолжительность работы ij -го технологического этапа;

T_{ij}^n, t_{ij}^n — плановое и фактическое начало работы ij -го технологического этапа;

T_{ij}^{ok}, t_{ij}^{ok} — плановое и фактическое окончание работы ij -го технологического этапа;

V_{ij}, v_{ij} — планируемый и фактический объем работы ij -го технологического этапа;

R_{ijk}^n — нормативная потребность в ресурсе k работы ij -го технологического этапа;

R_{ijk} — фактическая потребность в ресурсе k работы ij -го технологического этапа;

A_{ijk} — выработка ресурса k на работе ij -го технологического этапа;

t_p — текущий момент принятия решений о перераспределении ресурсов и изменении технологических этапов проекта;

C — суммарные затраты на осуществление инвестиционного проекта;

C_{ij} — стоимость выполнения работы ij -го технологического этапа;

C_{ij}^H — нормативная стоимость работы ij -го технологического этапа;

Cl_{ij} — собственные издержки инвестора (заказчика) за период t_{ij} ;

CP_{ij} — стоимость услуг подрядчика по выполнению работы ij -го технологического этапа;

K_u, K_z, \dots, K_n — поправочные коэффициенты, учитывающие инфляцию, риски, качество выполнения работ и т.д.;

T_{ij}^{on} — оптимальная продолжительность проекта или технологического этапа для инвестора (заказчика);

T_{ij}^H — нормативная продолжительность проекта (этапа);

C_{ij}^H — стоимость выполнения проекта (этапа) при нормативных сроках выполнения работ;

C_{ij}^{on} — стоимость выполнения этапа при рациональных сроках выполнения работ;

CP_{ij}^H — стоимость услуг подрядчика при нормативной продолжительности работ;

CP_{ij}^{on} — стоимость услуг подрядчика при рациональных сроках выполнения работ;

Cl_{ij}^H — собственные издержки инвестора (заказчика) при нормативной продолжительности работ;

Cl_{ij}^{on} — собственные издержки инвестора (заказчика) при рациональной продолжительности работ;

Δn — дополнительные издержки подрядчика при сокращении продолжительности работ на $t_{ij} = |T_{ij}^{on} - T_{ij}|$;

Δz — сокращение собственных издержек заказчика при сокращении продолжительности работ на величину t_{ij} ;

Δo — издержки заказчика при отклонении продолжительности работ от рациональной. В качестве критериев оптимальности и зависимости от типа инвестиционного проекта, источников его финансирования и других факторов могут приниматься:

1. Стоимость проекта стремится к минимуму стоимости от продолжительности его создания. Требуется определить наиболее рациональные параметры стоимости и продолжительности проекта и ее отдельных технологических этапов, которые используются для проведения тендеров и определения договорной цены между заказчиком и подрядчиком.

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} \rightarrow \min \quad (2)$$

2. Продолжительность создания проекта должна быть минимальна

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m T_{ij} \rightarrow \min \quad (3)$$

3. Срок окупаемости затрат на создание проекта минимален

$$T^{\circ k} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Графики зависимости стоимости проекта от его продолжительности представлены на рис. 3.

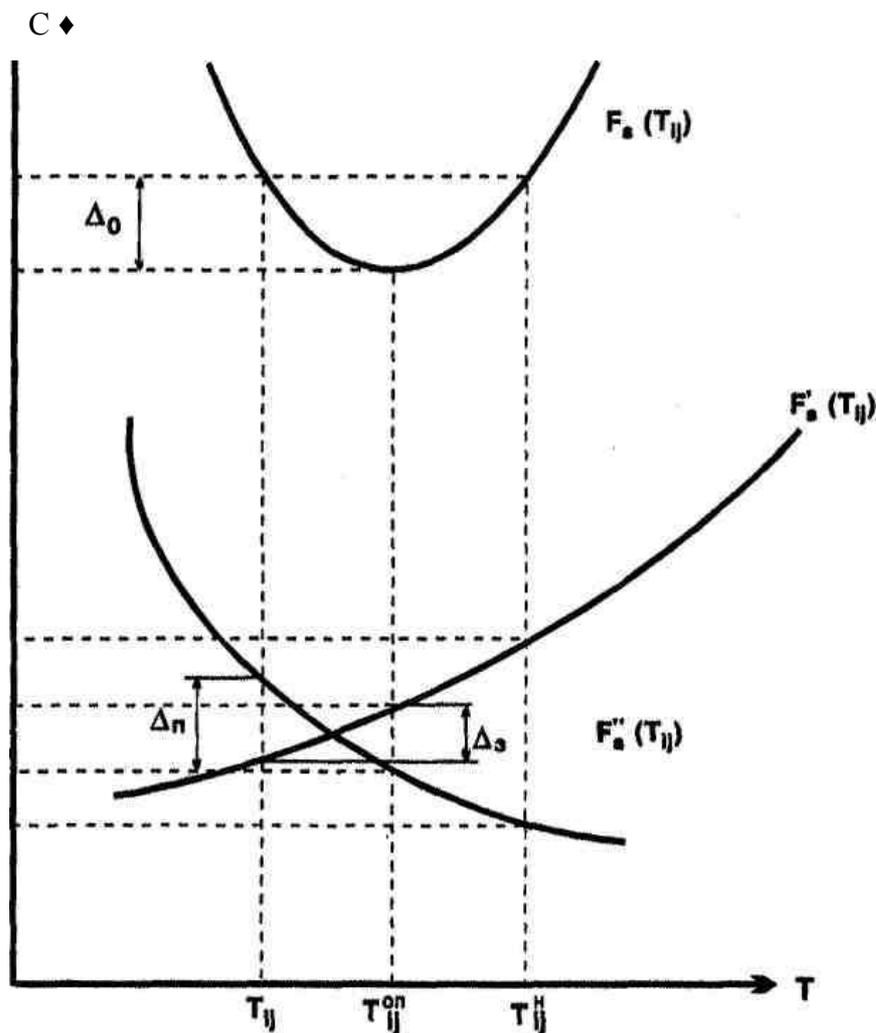


Рис. 3 График зависимости стоимости проекта от его продолжительности

4. Прибыль (рентабельность) в результате выпуска продукции (оказания услуг) должна быть максимальна

$$\Pi \rightarrow \max \text{ и др.} \quad (5)$$

Основными ограничениями являются:

1. Плановая стоимость работ по проекту не должна превосходить нормативную с учетом поправочных коэффициентов на инфляцию, риски и т.д.

$$C_{ij} < C_{tj} \times K_i \times K_s \times \dots \times K_n. \quad (6)$$

2. Плановый или фактический срок окончания работ по проекту должен быть не более срока, установленного в ТЭО (бизнес-плане), договорах подряда или контрактах

$$T_{ij}^{ok} \text{ (или } t_{ij}^{ok}) < T_{ij}^{ok, np}; \quad (7)$$

$$T_{IP}^{ok} \text{ (или } t_{IP}^{ok}) < T_{IP}^{ok, np} \quad (8)$$

3. Плановая или фактическая продолжительность работ по проекту должна быть не более продолжительности, установленной в ТЭО (бизнес-плане), договорах подряда или контрактах

$$\frac{V_{ij}}{A_{ij} \times R_{ijk}} < T_{IP}^{ok} - T_{ij}^H \quad (9)$$

$$T_{ij} \text{ (или } t_{ij}) < T_{ij}^{np} \quad (10)$$

$$T_{IP} \text{ (или } t_{IP}) < T_{IP}^{np}. \quad (11)$$

4. Плановая или фактическая потребность в ресурсах должны быть не более нормативной

$$R_{ijk}^{nji} (R_{ijk}^{\Phi}) < R_{ijk}^H \quad (12)$$

$$R_{ip}^{nji} (R_{ip}^{\Phi}) < R_{ip}^H \quad (13)$$

Наиболее существенными параметрами в концептуальной модели являются стоимость и продолжительность инвестиционного проекта. Исходя из этого, рассмотрим более детально имитационную модель определения стоимости проекта.

Критерием оптимальности в модели является минимизация стоимости проекта (или его этапа), рассчитываемая по формуле:

$$C_{ij} - F_s(T_{ij}) - Cl_{ij} + CP_{ij} = F_s(T_{ij}) + F_s(T_{ij}) + F''_s(T_{ij}) \rightarrow \min. \quad (14)$$

Минимальному значению целевой функции будет соответствовать рациональная продолжительность проекта или его этапа (T_{ij}^{on} или T_{IP}^{on}).

Основными ограничениями являются зависимость, аналогичные концептуальные модели. Кроме того, на определение рациональных параметров стоимости и продолжительности проекта (его этапов), влияет значительное количество как формализуемых, так и неформализуемых факторов, которые могут приниматься как ограничения при оптимизации управленческих решений. В частности, сроки и объемы поставки технологического оборудования, сроки землеотвода и т.д. Данные ограничения могут привести к увеличению стоимости и продолжительности проекта (или его технологического этапа).

В случае если заказчик проекта вынужден вследствие влияния определенных факторов, к примеру, требований инвестора, уменьшить срок окупаемости выделяемых инвестором инвестиций, запланировать сокращение продолжительности реализации проекта или его технологического этапа, т.е. $T_{ij} < T_{ij}$, (или $T_{ij} < T_{ij}$), стоимость работ по проекту возрастает как у заказчика, так и у подрядчиков. На рис. 3 видно, что при $T_{ij} = T_{ij}$ имеют место собственные издержки заказчика (Δz) и дополнительные издержки подрядчика (Δn). Интересы подрядчика должны быть учтены при определении стоимости подрядных работ, которая затем выставляется на подрядные торги.

Дополнительными издержками подрядной организации при сокращении срока строительства объекта являются:

- потери производительности труда из-за перенасыщения фронта работ;
- использование дополнительного числа рабочих;
- привлечение дополнительных технических ресурсов;
- увеличение продолжительности строительства других объектов производственной программы.

Дополнительными издержками заказчика (инвестора) при увеличении продолжительности выполнения работ являются:

- содержание аппарата управления проекта;
- выплата процентов по кредитам, арендных платежей;
- инфляционные потери и т.д.

Сокращение сроков выполнения работ по проекту имеет смысл в случае, когда снижение собственных издержек заказчика превосходит размер компенсаций подрядчику за долгосрочное выполнение подряда.

Предложенная модель опробирована в процессе проектирования нескольких крупных проектов. В частности, при создании завода по выпуску железобетонных изделий в городе Санкт-Петербурге за счет привлечения западногерманских инвестиций. На основе предложенной модели рассчитано три варианта проекта, проведен анализ соотношения его стоимости и продолжительности. Это позволило выбрать рациональный вариант проекта. Вместе с тем практическая реализация разработанной модели показала необходимость проведения дополнительных исследований по более комплексной финансовой оценке проекта на предварительной стадии. В связи с этим возникла необходимость проведения исследований и разработки соответствующего метода оценки.

Экономическая эффективность инвестиций в общем случае представляет собой соотношение результатов от рационализации проекта и затрат. Экономическая эффективность является комплексным понятием, включающим множество показателей эффективности, имеющих различные методы расчета и трактования как понятия результатов проекта, так и понятия затрат.

Показатели эффективности проекта распределяются на два вида: показатели, характеризующие эффективность отдельных этапов реализации (временных интервалов) проекта и показатели, характеризующие эффективность проекта в целом.

К показателям, характеризующим эффективность проекта на определенном временном интервале, относятся:

- денежный поток (Cash Flow);
- рентабельность активов (Return On Investment);
- рентабельность акционерного капитала (Return On Equity).

Денежный поток является финансовым итогом деятельности предприятия и позволяет оценить, сколько денег и на каком этапе осуществления проекта потребуется. Он служит для проверки синхронности поступления и расхода денежных средств и подтверждения будущей платежеспособности предприятия, постоянного наличия на расчетном счете сумм, достаточных для расчета по обязательствам при реализации данного проекта. Прямого эквивалента денежного потока в отечественной экономической терминологии не существует. Основное отличие денежного потока от прибыли заключается в учете инвестиций полностью в тот временной период, когда они сделаны, а не постепенно в виде амортизационных отчислений. Если прибыль в основном характеризует деятельность предприятия, связанную с производством товаров (услуг), то денежный поток является основным показателем деятельности предприятия периода освоения и строительства.

Денежный поток рассчитывается по следующей формуле:

$$CF_t = POST_t - RASH_t, CF_t > = S_{min}, \quad (15)$$

где CF_t — денежный поток за период t ;

$POST_t$ — поступление денежных средств за период t ; $RASH_t$ — расход денежных средств за период t ; S_{min} — минимально допустимая сумма. В качестве ограничения принимаются: денежный поток на каждом расчетном временном интервале должен быть больше или равен минимально допустимой сумме остатка средств на счету предприятия.

Рентабельность активов отражает общую эффективность использования всех средств, вложенных в проект, на каждом этапе его реализации. Рентабельность активов рассчитывается как отношение чистой прибыли к сумме активов:

$$ROI_t = \frac{CHISTPR_t}{AKTIV_t}, \quad (16)$$

где ROI_t — рентабельность активов за интервал t ;

$CHISTPR_t$ — чистая прибыль за интервал t ;

$AKTIV_t$ — сумма активов на интервал t . Рентабельность акционерного капитала показывает эффективность использования собственных средств предприятия. Рентабельность акционерного капитала рассчитывается как отношение чистой прибыли к акционерному капиталу:

$$ROE_t = \frac{CHISTPR_t}{AKKAP_t}, \quad (17)$$

где ROE_t — рентабельность акционерного капитала за интервал V ,

$AKKAP_t$ — акционерный капитал на интервал t . К показателям, характеризующим эффективность проекта в целом, относятся:

- рентабельность инвестиций (Profitability Index);
- чистая текущая стоимость (Net Present Value);
- внутренняя норма прибыли (Internal Rate of Return);
- срок окупаемости (Payback Period).

При расчете эффективности инвестиционного проекта в целом важное значение приобретает фактор времени, т.е. когда получен доход и когда сделаны затраты. Время поступления и расхода средств учитывается с помощью коэффициента дисконтирования. Коэффициент дисконтирования является нормативом приведения разновременных затрат к единому моменту времени. При назначении коэффициента обычно ориентируются на существующий или ожидаемый усредненный уровень ссудного процента и субъективные оценки, основанные на опыте инвестора. Важным моментом при определении процентной ставки, применяемой для дисконтирования, является учет риска при оценке инвестиционного процесса. Риск в инвестиционном процессе независимо от его конкретных форм в конечном счете предстает в виде возможного уменьшения реальной отдачи от капитала по сравнению с ожидаемой величиной. Поэтому необходимо вводить поправку к уровню процентной ставки, которая характеризует доходность по безрисковым вложениям.

Рентабельность инвестиций определяет отдачу от вложенных в проект средств. Рентабельность инвестиций рассчитывается как отношение дисконтированных чистых поступлений от реализации проекта к первоначальным инвестициям. В качестве чистых поступлений в практических расчетах используется денежный поток, подсчитанный без учета первоначальных инвестиций или сумма прибыли, амортизации и отчислений в фонды предприятия, относимые на себестоимость продукции по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^T \frac{CHPOST_t}{(1+d)^t} : \sum_{t=1}^T \frac{INVEST_t}{(1+d)^t}, \quad (18)$$

где PI_t — рентабельность инвестиций;

$CHPOST_t$ — чистые поступления за интервал t ;

$INVEST_t$ — первоначальные инвестиции за интервал t ;

d — коэффициент дисконтирования.

Чистая текущая стоимость характеризует абсолютный результат инвестиционного проекта и рассчитывается как разность дисконтированных чистых поступлений за все время реализации проекта и первоначальных инвестиций. Основное ограничение: чистая текущая стоимость проекта должна быть больше нуля.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CHPOST_t}{(1+d)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{INVEST_t}{(1+d)^t}, NPV > 0, \quad (19)$$

где NPV — чистая текущая стоимость.

Внутренняя норма прибыли представляет собой поверочный дисконт, при котором чистые поступления от проекта равны первоначальным инвестициям, и проект является окупаемым. Внутренняя норма прибыли рассчитывается исходя из равенства чистой текущей стоимости нулю. В качестве ограничения принимается, что внутренняя норма прибыли должна быть больше принятой ставки дисконта для данного проекта.

$$\sum_{t=1}^T \frac{CHPOST_t}{(1+IRR)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{INVEST_t}{(1+d)^t}, IRR > d, \quad (20)$$

где IRR — внутренняя норма прибыли.

Срок окупаемости является временным периодом, за который чистые поступления от реализации проекта достигают значений первоначальных инвестиций. Основным ограничением для данного показателя является максимально допустимый срок окупаемости вложенных средств.

$$\sum_{t=1}^{PB} \frac{CHPOST_t}{(1+d)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{INVEST_t}{(1+d)^t}, PB \leq PB \max, \quad (21)$$

где PB — срок окупаемости проекта.

Эффективность инвестиционных проектов во многом зависит от выбора подрядчика для его дальнейшей реализации. С этой целью разработана методика сравнительной оценки конкурсных предложений подрядчиков.

Сравнительная оценка ofert (конкурсных предложений) является наиболее ответственной и сложной задачей конкурсного комитета. Предложения oferentov, несмотря на соответствие требованиям по составу и содержанию офeрты, отличаются друг от друга по стоимости, срокам выполнения подряда, техническим решениям и другим показателям. Поэтому оценка офeрт должна иметь многокритериальный характер. Так как на подрядных торгах рассматривается не готовый объект, а описание потенциальной возможности подрядчика по его возведению, то при оценке отдельных показателей и сравнении офeрт основное ограничение должно отражать реальность осуществления предлагаемых условий выполнения подряда.

Одним из важнейших, хотя далеко не единственным, критерием при этом является цена. На практике организаторы торгов весьма часто отходят от правила минимальной цены, в частности, предпочтение может отдаваться фирмам, с которыми сложились устойчивые, долгосрочные отношения. Принцип присуждения заказа офeренту, предложившему минимальную цену, зачастую нарушается и по объективным причинам. Ориентация заказчика только на уровень цен приводит к тому, что подряд передается фирме, не имеющей достаточного опыта в этой области. В результате заказчику приходится сталкиваться с низким техническим уровнем, плохим качеством, срывом сроков сдачи объекта или банкротством подрядчика, что в конечном итоге оборачивается срывом всего проекта.

Помимо цены, большую роль играет весь комплекс технико-экономических условий, предлагаемых участникам торгов, в том числе возможность кредитования заказчика, сроки выполнения работ, гарантийное и послегарантийное обеспечения оборудования и т.п. В ряде случаев можно специально в условиях конкурса оговорить пункт, согласно которому участнику, заявившему минимальную цену и наиболее благоприятные коммерческие условия, выдача заказа не гарантируется, и контракт может быть заключен с любым участником торгов. Приоритет, отдаваемый организаторами торгов предложениям, удовлетворяющим самым высоким техническим требованиям, а также деловой репутации фирм-участниц, в последние годы стал характерен для многих стран, а роль цены как важнейшего критерия при присуждении подряда имеет тенденцию к снижению.

Выбор критериев оценки определяется целями и предметом торгов, возможностью измерения и достижения наибольшей объективности. Набор критериев для оценки предложений определяется конкурсным комитетом. Предлагаемый перечень критериев для сравнения предложений по строительству объекта при наличии проектной документации включает:

- продолжительность выполнения подряда;
- стоимость выполнения подряда;
- опыт возведения аналогичных объектов;
- опыт работы в данном регионе;
- качество используемых материалов;
- наличие возможности привлечения квалифицированных субподрядчиков и поставщиков;
- профессиональный состав и квалификация работников подрядчика;
- надежность подрядчика как делового партнера;
- финансовая устойчивость подрядчика;
- условия оплаты, вид договорной цены;
- гарантийное и послегарантийное обеспечение объекта, оборудования.

Для сведения качественно разнородных частных критериев в один обобщающий показатель предлагается использовать метод, основанный на использовании функции полезности, рекомендуемый Международным банком реконструкции и развития и успешно применяемый рядом отечественных фирм для анализа конкурсных предложений. Главной идеей метода является использование единой оценочной шкалы полезностей для измерения качественно разнородных критериев, при этом по каждому варианту оферты по каждому критерию ставится в соответствие определенная полезность, выраженная числом, что позволяет свести все критерии к одному показателю.

Для каждого предложения (оферты) определяется вектор полезности:

$$[F(x_1); F(x_2); \dots; F(x_m)], \quad (22)$$

где $F(X_i)$ — мера полезности по критерию i ,
 $i=1, m$ — количество критериев.

Определение обобщающей полезности варианта j осуществляется посредством комбинирования мер полезностей $F(X_i)$ при помощи весового коэффициента W_i , отражающего относительный вклад фактора i в суммарной полезности вариантов:

$$F_j = \sum_{i=1}^n W_i F_{ij}(x_i) \quad (23)$$

где F_j — обобщенная полезность варианта j ;
 $F_{ij}(x_i)$ — полезность варианта j по критерию i ;
 W_i — весовой коэффициент критерия i .

Для применения метода необходимо:

—определить перечень критериев для сравнительной оценки вариантов;

—назначить веса критериям при условии $\sum_{i=1}^n W_i = 1$;

—выбрать шкалу для измерения полезности;

—построить функции полезности по каждому критерию.

—Определение веса частных критериев является задачей тендерного комитета и основывается на субъективных суждениях его экспонентов и аналитиков о значимости данного показателя для выбора победителя торгов.

Для измерения полезности используется шкала с балльными оценками, значения которых определяются выбранным масштабом. Обычно применяется три шкалы, от 0 до 1, от 0 до 10, от 0 до 100 баллов. Масштаб шкалы частного критерия выбирается произвольно, т.к. полезности, измеренные по одной шкале, могут быть преобразованы в полезности по любой другой и зависят только от количества вариантов и требуемой дискретности показателей. Шкала отражает уровень результативности данного критерия, для чего на ней выделяется ряд характерных уровней. Например, при десятибалльной шкале могут быть выделены следующие уровни полезности:

0 — низкий уровень (плохо);

5 — приемлемый уровень (удовлетворительно);

10 — высокий уровень (хорошо).

При определении частных мер полезностей $F_{ij}(X_i)$, помимо построения функций, может применяться непосредственная, экспертная оценка по каждому критерию по балльной системе в соответствии с выбранной шкалой. Этот метод наиболее прост, но процедура формирования указанных оценок является интуитивной и не поддающейся контролю. Данный недостаток устраняется при построении функций полезности для каждого из критериев, вид которых может быть согласован с организатором торгов до процедуры оценки тендерных предложений.

Функция полезности определяет значение полезности, выраженное в баллах, по условному показателю эффективности данного критерия. Функция полезности при этом приобретает вид графика, в котором по оси X откладывается условная эффективность критерия, а по оси Y — мера полезности $F_{ij}(x_i)$, представленная балльной оценкой.

Конкурсным комитетом утверждаются уровни полезности по оси Y , приемлемый диапазон условной эффективности по оси X и вид графика функции полезности по каждому критерию. Функция полезности может быть линейной, нелинейной, выпуклой, вогнутой, непрерывной, ступенчатой, с положительным и отрицательным наклоном в зависимости от принятой условной эффективности критерия. Эмпирическая функция полезности может быть аппроксимирована соответствующей математической зависимостью, что уменьшит погрешности вычисления меры полезности по условной эффективности, неизбежные при графическом способе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусаков А.А. Системотехника строительства. – М.: Стройиздат, 1993.
2. Бусленко В.Н. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1978.