

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ И ПРИНЯТИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ БОЛЬШОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНТЕРВАЛЬНОГО ТИПА

Яценко Б.Н., к.ф.-м.н., ведущий консультант

ООО "АКЦ", Департамент профессиональной оценки

Работа посвящена проблемам оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях большой неопределенности. Подходы, представленные в работе, являются своеобразным продолжением теории ожидаемого эффекта, описанной в работе [4]. Под большой неопределенностью в работе понимается такая величина неопределенности эффекта проекта, которая сравнима с величиной собственного капитала юридического или физического лица, принимающего решения об участии в проекте. Получено явное выражение для ожидаемого эффекта проекта в случае большой неопределенности. В случае малой неопределенности полученное выражение для ожидаемого эффекта проекта совпадает с критерием Л. Гурвица, предложенным для оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях интервальной неопределенности в работе [4].

## ВВЕДЕНИЕ

Необходимым условием развития как частных компаний, так и регионов и экономики страны в целом является вложения инвестиционных средств в перспективные проекты. Эффективные инвестиции создают добавленную стоимость, тем самым увеличивая ВВП страны. Инвестиции в коммерческие проекты, осуществляемые частными компаниями, призваны способствовать увеличению прибыли компаний, увеличению их доли на рынке и т.д. Государственные инвестиции необходимы для обеспечения обороноспособности страны, ее безопасности, развития инфраструктуры, социальной сферы и т.д.

В настоящее время в России частные компании и государственные органы осуществляют инвестиции на десятки миллиардов долларов США в год, а в мире – на триллионы долларов США в год. К сожалению, денежные средства ограничены, и невозможно вкладывать их во все инвестиционные проекты, которые существуют на повестке дня. Необходимо сравнивать проекты между собой и выбирать только эффективные проекты для того, чтобы отдача от вложенных средств была максимальной. Поэтому при инвестировании неизбежно встает вопрос об оценке эффективности инвестиционных проектов. Ответ на этот вопрос является базой для принятия управленческих решений менеджмента коммерческих компаний, руководителей государственных органов, банков и т.д. относительно участия в реализации проектов.

К сожалению, в реальности проекты осуществляются в условиях неопределенности, которая возникает из-за неполноты и неточности информации об условиях реализации проекта. Вопрос об оценке инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности подробно исследовался в работах [1-10].

Очень часто параметры проекта (и, соответственно, интегральный показатель эффективности проекта) характеризуются интервальной неопределенностью, то есть известно, что некий параметр (от которого зависит эффект проекта) может принимать значения в каком-то интервале (или некий дискретный набор значений), однако распределение вероятностей неизвестно или этот параметр вовсе не является случайной величиной. Такую неопределенность можно встретить повсеместно, и в качестве параметра, характеризующегося интервальной неопределенностью, может выступать цена на конечную продукцию, цена на сырье, объем реализации продукции, объем первоначальных инвестиций и т.д. Очень часто в различных аналитических материалах, анализах рынков и т.д. мы встре-

чаем оценку прогнозных значений цен, объема рынка и т.д. в виде интервала значений. Такие оценки зачастую возникают при рассмотрении уникальных проектов (проекты в области высоких технологий, космических полетов и т.д.).

В том случае, когда интервал возможных значений параметра (и, соответственно, значений интегрального показателя эффективности проекта) небольшой, часто ориентируются на среднее значение или, что более обоснованно, используют формулу для ожидаемого эффекта проекта в случае интервальной неопределенности [1-4].

Зачастую интервал возможных значений параметров проекта (и, соответственно, значений интегрального показателя эффективности) может быть большим. Такие ситуации возникают в случае рассмотрения проектов, в которых цены на конечную продукцию или на сырье сильно изменяются во времени (проекты в области нефтедобычи, металлургии, добычи различного сырья; проекты в области биотехнологий, фармацевтики, космической отрасли, телекоммуникаций и т.д.). В этом случае простые подходы не дают адекватной оценки эффективности проекта, и необходимо рассматривать новые методы и подходы для их оценки.

Перед рассмотрением вопросов, связанных с оценкой эффективности проектов в случае большой неопределенности, рассмотрим вначале понятие интервальной неопределенности и вид критерия эффективности инвестиционных проектов в этом случае.

## 1. КРИТЕРИЙ ОЖИДАЕМОГО ЭФФЕКТА В СЛУЧАЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В соответствии с работой [4], рассмотрим такой вид неопределенности, когда какая бы то ни было информация о вероятностях отдельных сценариев отсутствует (или известно, что реализация любого из этих сценариев вообще не является случайным событием и не может быть охарактеризована в терминах вероятностей). Следует отметить, что, конечно, не всякая неопределенность носит вероятностный характер. Всерьез говорить о вероятностях можно лишь применительно к повторяющимся, массовым явлениям, обладающим статистической устойчивостью. Применительно же к новой технике или технологиям и вообще к любым уникальным событиям (с которыми в основном и связаны инвестиционные проекты) говорить о вероятностях просто нельзя.

Часто на практике возникает ситуация, когда имеется  $n$  возможных сценариев реализации проекта, обеспечивающих получение  $n$  различных эффектов, о вероятностях которых ничего неизвестно. Более того, иногда возникают ситуации, когда сценариев может быть бесконечное количество, при этом эффект проекта может принимать любые значения на некоем интервале (о вероятностях при этом ничего не известно). Следует отметить, что в общем случае число возможных сценариев бесконечно. Тот факт, что при оценке проектов учитывается конечное число сценариев, объясняется либо ограниченностью наших расчетных возможностей, либо тем, что мы рассматриваем только "крайние" сценарии, подразумевая, что если при "крайних" сценариях проект реализуем и эффективен, то он будет таким же и для "промежуточных" сценариев. Возможные эффекты проекта не всегда образуют дискретный ряд чисел, они могут заполнять и некоторый интервал на числовой оси и даже несколько непересекающихся интервалов. Описанный вид неопределенности называют интервальной неопределенностью [3,4].

В случае интервальной неопределенности степень возможности неопределенных параметров устроена просто – все значения параметра в соответствующем интервале считаются возможными (степень возможности равна 1), все остальные – невозможными (степень возможности равна 0). В общем же случае мы говорим об интервальной неопределенности, если об эффекте проекта известно только некоторое (дискретное, образованное одними или несколькими интервалами, или какое-то иное) множество его возможных значений, но не распределение вероятностей на этом множестве. Такой вид неопределенности и проблемы оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях такой неопределенности подробно исследовались в работах [3,4].

Для того, чтобы понять, как в случае интервальной неопределенности будет выглядеть критерий ожидаемого эффекта проекта, сформулируем ряд аксиом, на основе которых строится “правильный” критерий эффективности проекта [4]:

**Аксиома монотонности:** При увеличении любого результата проекта (без изменения всех остальных его параметров) интегральный эффект проекта увеличивается.

**Аксиома согласованности:** Эффект проекта, который предусматривает получение суммы *b* на нулевом шаге проекта и нулевой суммы на последующих шагах, равен *b*.

**Аксиома аддитивности:** Эффект совместной реализации двух независимых проектов равен сумме эффектов.

В работе [4] строго доказывается, что критерий ожидаемого эффекта, отвечающий этим аксиомам определяется в соответствии с формулой Гурвица (“критерий оптимизма-пессимизма”):

$$E_{ex} = \lambda E_{max} + (1 - \lambda) E_{min}, \quad (1.1)$$

где

$E_{max}$  и  $E_{min}$  – соответственно наибольший и наименьший интегральные эффекты проекта (ЧДД, NPV) по рассмотренным сценариям;

$\lambda$  – специальный норматив, принимающий значение от 0 до 1, для учета неопределенности эффекта, отражающий систему предпочтений соответствующего хозяйствующего субъекта в условиях неопределенности. При  $\lambda = 0$  эта формула требует оценивать эффективность проекта пессимистически – применительно к худшему из возможных сценариев. Наоборот, при  $\lambda = 1$  эта формула требует оценивать эффективность проекта оптимистически, ориентируясь на лучший из возможных сценариев. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [2] рекомендуют в качестве  $\lambda$  брать значение равное 0,3.

## 2. ТРУДНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КРИТЕРИЯ ОЖИДАЕМОГО ЭФФЕКТА В СЛУЧАЕ БОЛЬШОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Формула Гурвица (1.1) и аксиоматический подход к построению критерия ожидаемого эффекта проекта, безусловно, важны и перспективны. Однако, при их использовании возникают некоторые трудности. Дело в том, что, когда речь идет о построении критерия инте-

грального эффекта проекта, осуществляемого в условиях неопределенности, который будет учитывать степень неопределенности проекта, и на основе которого можно будет принимать обоснованное решение о реализации проекта, фактически предполагается построение функции полезности для лица, принимающего решения (ЛПР) об инвестировании. Подобная функция, зависящая от ожидаемой доходности портфеля и его риска (стандартного отклонения доходности), рассматривается в теории выбора оптимального портфеля на финансовом рынке [9,11].

В гипотетическом случае, когда проект реализуется в условиях полной определенности, в качестве такой функции полезности может выступать NPV (ЧДД) проекта. При этом неважно, как детально устроена эта функция полезности у разных лиц, принимающих решения. Важно то, что чем больше NPV, тем лучше для любого ЛПР. А поскольку функция полезности определена с точностью до монотонного преобразования, то критерий NPV может выступать в качестве функции полезности для любого ЛПР, и на основе этого критерия различные ЛПР смогут принимать решения относительно участия в проекте и сравнивать проекты между собой.

В случае, когда проект осуществляется в условиях неопределенности, ситуация меняется. Для ЛПР становится важным не только ожидаемый доход от проекта, но и величина неопределенности. Поскольку разные ЛПР имеют разные склонности к риску, то и вид интегрального критерия эффективности для разных ЛПР должен отличаться.

В случае критерия Гурвица (1.1) склонность к риску заложена в параметр  $\lambda$ , и в принципе у разных ЛПР могут быть разные значения величины  $\lambda$ . Однако в этом критерии не учитывается то, что для любого отдельно взятого ЛПР величина  $\lambda$  будет зависеть от величины неопределенности ( $E_{max} - E_{min}$ ). Важность этого замечания проиллюстрируем на примере.

Рассмотрим случай интервальной неопределенности. Пусть есть рациональное ЛПР с небольшим капиталом в несколько тысяч долл. США, у которого  $\lambda = 0,3$ . Рассмотрим два проекта. Один из них безрисковый (осуществляется в условиях полной определенности), имеющий NPV, равный 100 долл. США. Второй характеризуется NPV в диапазоне от минус 1 млн. долларов до плюс 2,334 млн. долларов. В соответствии с формулой (1.1) эффект первого проекта равен:

$$E_{ex1} = \lambda E_{max} + (1 - \lambda) E_{min} =$$

$$= 0,3 * 100 \text{ долл. США} + (1 - 0,3) * 100 \text{ долл. США} =$$

$$= 100 \text{ долл. США}$$

Эффект второго проекта равен:

$$E_{ex2} = \lambda E_{max} + (1 - \lambda) E_{min} =$$

$$= 0,3 * 2\,334\,000 \text{ долл. США} + (1 - 0,3) * (-1\,000\,000) \text{ долл. США} = 200 \text{ долл. США}$$

То есть, согласно формуле (1.1), проект номер 2 более эффективен, чем проект номер 1. Однако очевидно, что наш ЛПР с небольшим капиталом (как и многие другие инвесторы с небольшим капиталом в несколько тыс. долл. США) скорее предпочтет проект 1, чем проект 2, так как реализация проекта 2 может повлечь огромные потери, которые могут во много раз превышать капитал ЛПР, а о степени возможности такого варианта развития событий ничего неизвестно.

И дело здесь не в том, что у этого ЛПР (и других мелких инвесторов) должен быть меньший показатель  $\lambda$  (меньше, чем 0,3). Дело в том, что сам показатель  $\lambda$ , очевидно, зависит от максимального и минимального размера  $NPV$  (эффекта), а точнее от размера неопределенности эффекта проекта. Этот пример показывает, что однопараметрический критерий ожидаемого эффекта (1.1) не соответствует рациональному поведению инвестора.

Очевидно, что причина неадекватности критерия ожидаемого эффекта (1.1) состоит в том, что в реальной жизни не выполняется аксиома аддитивности. Если сказать точнее, то эта аксиома не соответствует рациональному поведению инвестора, а поэтому рациональному поведению инвестора не соответствует и сам критерий (1.1) ожидаемого эффекта, что особенно проявляется для случая большой неопределенности.

Из этого примера видно, что, несмотря на то, что при малой степени неопределенности результатов проекта "линейный" критерий ожидаемого эффекта может давать удовлетворительные результаты, в случае большой неопределенности (большие значения разности максимального и минимального  $NPV$ ) он начинает давать неадекватные результаты. Причина этого, как уже было сказано, кроется в невыполнении аксиомы аддитивности (ее несоответствии рациональному поведению инвесторов).

В том случае, когда величина неопределенности проекта становится сравнимой с собственным капиталом компании, очевидно, что в качестве ожидаемого эффекта необходимо будет рассматривать уже нелинейный критерий. Строго говоря, такое рассмотрение представляет собой более адекватное построение (параметризацию) функции полезности инвестора. Такое рассмотрение необходимо для оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях большой неопределенности и особенно полезно в современных российских условиях, а также для других развивающихся рынков.

### 3. ПОСТРОЕНИЕ КРИТЕРИЯ ОЖИДАЕМОГО ЭФФЕКТА В СЛУЧАЕ БОЛЬШОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНТЕРВАЛЬНОГО ТИПА

Перейдем к построению критерия ожидаемого эффекта в случае интервальной неопределенности. В случае интервальной неопределенности лицо, принимающее решение, обладает лишь информацией о минимально  $E_{min}$  и максимально  $E_{max}$  возможном значении эффекта проекта и на основе этих двух величин необходимо принять решение о реализации проекта. Очевидно, что критерий ожидаемого эффекта будет представлять собой некую функцию от  $E_{min}$  и  $E_{max}$ . Понятно, что в любом случае эффект проекта не может принимать значения меньше чем  $E_{min}$  и больше, чем  $E_{max}$ , поэтому естественно считать, что ожидаемый эффект проекта будет также находиться в этом диапазоне.

#### Аксиома 1

Значение ожидаемого эффекта проекта не может принимать значение, меньшее, чем  $E_{min}$  и большее, чем  $E_{max}$ :

$$E_{min} \leq \varepsilon(E_{min}, E_{max}) \leq E_{max}, \quad (3.1)$$

где

$\varepsilon(E_{min}, E_{max})$  – ожидаемый эффект проекта.

Для дальнейшего анализа нам будет необходимо сделать более строгое допущение.

#### Аксиома 2

Будем считать, что для любого значения  $W$  ожидаемый эффект проекта, который характеризуется минимальным  $E_{min} + W$  и максимальным  $E_{max} + W$  значением эффекта проекта, равен  $W$  плюс ожидаемый эффект проекта с минимальным и максимальным значениями эффекта проекта  $E_{min}$  и  $E_{max}$  соответственно. Формально, эта аксиома имеет следующий вид:

$$\varepsilon(E_{min} + W, E_{max} + W) = W + \varepsilon(E_{min}, E_{max}), \quad (3.2)$$

где

$\varepsilon(E_{min}, E_{max})$  – критерий ожидаемого эффекта проекта;

$W$  – некоторое значение.

Фактически эта аксиома говорит о том, что ожидаемый эффект совместной реализации некоего проекта с неопределенными результатами и безрискового проекта (проект, осуществляемый в отсутствии неопределенности) равен сумме эффектов этого проекта и безрискового проекта. Следует подчеркнуть, что эта аксиома менее строгая, чем аксиома аддитивности в работе [4], где говорится о совместной реализации (и о суммировании эффектов) любых двух проектов. А в нашем случае один из этих проектов должен быть безрисковым. Аксиома 2 довольно естественна и отражает рациональное поведение инвестора.

В частном случае, когда  $W = -E_{min}$ , получаем, что:

$$\varepsilon(E_{min}, E_{max}) = E_{min} + \varepsilon(0, E_{max} - E_{min}) = E_{min} + g(\Delta), \quad (3.3)$$

где

$\Delta = E_{max} - E_{min}$  (величина неопределенности эффекта проекта);

$g(\Delta)$  – ожидаемый эффект проекта, эффект которого находится в диапазоне от 0 до  $\Delta$ , таким образом  $g(\Delta)$  – некая функция от  $\Delta$ , определенная при  $\Delta \geq 0$ , значение которой при  $\Delta = 0$  равно 0. Из аксиомы 1 следует, что

$$0 \leq g(\Delta) \leq \Delta.$$

Используя представление функции  $g(\Delta)$  в окрестности нуля в виде ряда Тейлора, получим:

$$\begin{aligned} g(\Delta) = & g(0) + \left. \frac{dg(x)}{dx} \right|_{x=0} \Delta + \\ & + \frac{1}{2!} \left. \frac{d^2g(x)}{dx^2} \right|_{x=0} \Delta^2 + \\ & + \frac{1}{3!} \left. \frac{d^3g(x)}{dx^3} \right|_{x=0} \Delta^3 + O(\Delta^4). \end{aligned} \quad (3.4)$$

Учитывая то, что  $g(0) = 0$ , и подставляя выражение (3.4) в (3.3), получим общее выражение для ожидаемого эффекта проекта:

$$\begin{aligned} \varepsilon(E_{min}, E_{max}) = & E_{min} + \alpha(E_{max} - E_{min}) + \\ & + \beta(E_{max} - E_{min})^2 + \gamma \\ & + \gamma(E_{max} - E_{min})^3 + O((E_{max} - E_{min})^4), \end{aligned} \quad (3.5)$$

где

$$\alpha = \left. \frac{dg(x)}{dx} \right|_{x=0},$$

$$\beta = \left. \frac{1}{2!} \frac{d^2g(x)}{dx^2} \right|_{x=0},$$

$$\gamma = \left. \frac{1}{3!} \frac{d^3g(x)}{dx^3} \right|_{x=0} \quad (3.6)$$

Выясним экономический смысл параметров  $\alpha$  и  $\beta$  критерия ожидаемого эффекта. Из формулы (3.5) видно, что в случае, когда неопределенность  $\Delta = E_{max} - E_{min}$  очень мала, а именно при  $\Delta \ll |E_{min}|/\alpha$ , в выражении для критерия ожидаемого эффекта мы можем ограничиться первым слагаемым, таким образом, получаем, что:

$$\varepsilon(E_{min}, E_{max}) = E_{min}. \quad (3.7)$$

При увеличении  $\Delta$  в том случае, если величина неопределенности эффекта все еще остается относительно небольшой, можно ограничиться первыми двумя слагаемыми в разложении (3.5), таким образом, получаем:

$$\varepsilon(E_{min}, E_{max}) = E_{min} + \alpha(E_{max} - E_{min}). \quad (3.8)$$

Это выражение совпадает с "традиционным" выражением для критерия ожидаемого эффекта (2.1). При этом получаем, что коэффициент  $\alpha$  совпадает с параметром оптимизма-пессимизма  $\lambda$  (см. формулу (2.1)).

Выясним, вплоть до каких значений величины неопределенности  $\Delta$  применим критерий (3.8). Очевидно, что для этого надо сравнить второй и третий члены в разложении (3.5). Получаем, что критерий (3.8) можно применять при  $\Delta \ll \alpha/|\beta|$ . В том случае, если это условие не выполняется, необходимо уже учитывать третье слагаемое в выражении (3.5), при этом критерий ожидаемого эффекта будет иметь следующий вид:

$$\varepsilon(E_{min}, E_{max}) = E_{min} + \alpha(E_{max} - E_{min}) + \beta(E_{max} - E_{min})^2. \quad (3.9)$$

Очевидно также, что критерий (3.9) будет правильно работать, пока  $\Delta \ll |\beta/\gamma|$ . При еще больших значениях  $\Delta$  необходимо учитывать 4-й, 5-й и так далее члены ряда Тейлора (3.5).

Выясним смысл параметров  $\alpha$  и  $\beta$ . Параметр

$\alpha = \left. \frac{dg(x)}{dx} \right|_{x=0}$  при малых значениях  $\Delta$  совпадает с величиной  $\lambda$  (вес величины  $E_{max}$  в ожидаемом эффекте проекта). Значение

$$\lambda = \alpha + \beta(E_{max} - E_{min}) + O((E_{max} - E_{min})^2)$$

должно быть положительной величиной, так как ожидаемый эффект отсчитывается от  $E_{min}$ , и чем больше неопределенность  $\Delta$  тем, вообще говоря, больше степень возможности получить в результате реализации проекта эффект больший, чем  $E_{min}$ . Вместе с тем,  $\lambda$  не может быть больше 1, поскольку ожидаемый эффект проекта  $\varepsilon(E_{min}, E_{max})$  не должен превышать максимального эффекта  $E_{max}$ . Поскольку параметр  $\alpha = \lambda(\Delta = 0)$ , то параметр  $\alpha$  также должен находиться

в диапазоне от 0 до 1. Следует также упомянуть, что параметры  $\alpha$  и  $\lambda$  – безразмерные величины.

Параметр  $\beta$ , очевидно, имеет размерность обратных денежных единиц. Для того чтобы определить знак параметра  $\beta$ , необходимо упомянуть, что при оценке эффективности проекта инвесторы склонны к некоторому занижению вклада очень оптимистических сценариев реализации проекта, поэтому фактор оптимизма-пессимизма  $\lambda(\Delta)$  должен уменьшаться с ростом величины неопределенности  $\Delta$ . Так как  $\alpha = \cos(t)$  и не зависит от  $\Delta$ , то, очевидно, что  $\beta < 0$ .

Попробуем понять, от чего зависит параметр  $\beta$ . Очевидно, что от "внешних" параметров он не зависит, поскольку ожидаемый эффект проекта является своеобразной функцией полезности лица принимающего решение об инвестировании. Таким образом,  $\beta$  должно зависеть от "внутренних" параметров самого инвестора. Принимая во внимание примеры, которые были описаны в части 2, невольно можно натолкнуться на мысль о том, что параметр  $\beta$  должен зависеть от величины собственного капитала инвестора (в случае, если это физическое лицо – то его личного капитала, в случае юридического лица – собственного капитала компании).

Таким образом, будем предполагать, что необходимость учета третьего члена в формуле (3.9) определяется фактором  $\frac{\Delta}{A_0}$ , где  $A_0$  – собственный капитал. Та-

ким образом,  $\beta = -\frac{\theta}{A_0}$ , где  $\theta$  – безразмерный множи-

тель, определяющийся предпочтениями лица, принимающего решение об инвестировании. Очевидно, что

$$\theta = \left. \frac{-A_0}{2!} \frac{d^2g(x)}{dx^2} \right|_{x=0}$$

представляет собой фактор уменьшения параметра оптимизма-пессимизма  $\lambda$  при росте неопределенности. Теперь, глядя на формулу (3.9), видим, что чем меньше собственный капитал лица, принимающего решение об инвестировании, тем скорее (при увеличении  $\Delta$ ) при рассмотрении критерия ожидаемого эффекта начнет играть третье слагаемое в формуле (3.9).

Критерий (3.8) перестает работать, когда не выполняется условие  $\frac{\Delta}{A_0} \ll \alpha/\theta$ . В этом случае необходимо

уже использовать критерий (3.9), который также имеет границы применимости. Очевидно, что границы применимости критерия ожидаемого эффекта проекта (3.9) будут определяться несколькими соображениями. С одной стороны, критерий (3.9) будет давать разумные результаты пока фактор оптимизма-пессимизма  $\lambda = \alpha + \beta(E_{max} - E_{min}) \geq 0$ , то есть:

$$\frac{\Delta}{A_0} \leq \alpha/\theta. \quad (3.10)$$

Следует подчеркнуть, что в этом случае условие  $\lambda \leq 1$  выполняется для любых значений  $\Delta$ , поскольку  $\alpha \leq 1$ , а величина  $\beta \Delta$  отрицательна.

С другой стороны, как уже было сказано ранее, критерий ожидаемого эффекта должен быть устроен так,

чтобы для любого значения  $\Delta$ ,  $\frac{d\varepsilon(\Delta)}{d\Delta} \geq 0$ , таким обра-

зом, из (3.9) получаем более жесткое условие:

$$\frac{\Delta}{A_0} \leq \frac{\alpha}{2\theta}. \quad (3.11)$$

Кроме того, необходимо упомянуть условие, при котором мы можем пренебречь 4-м, 5-м и т.д. слагаемыми в разложении (3.5):

$$\Delta \ll |\beta/\gamma|. \quad (3.12)$$

Однако для практических целей кажется разумным, как это часто делается, использовать критерий (3.9) в качестве аппроксимации даже в случае, когда условие (3.12) нарушается, при условии, что условие (3.11) выполняется, поскольку условия (3.10) и (3.11) несут ясный и четкий экономический смысл.

В том случае, когда условие  $\frac{\Delta}{A_0} \leq \frac{\alpha}{2\theta}$  нарушается,

использование критерия (3.10) может приводить к парадоксальным выводам, поэтому в этом случае необходимо уже использовать более сложный вид критерия ожидаемого эффекта проекта, учитывающий 4-й, 5-й и т.д. слагаемые в разложении (3.5). Однако, к сожалению, это может привести к усложнению задачи, возможным неточностям в определении параметров разложения (3.5) и т.д.

В практическом плане, предполагая, что величина  $\alpha/\theta$  принимает значения порядка 1 (например, если

$$g(\Delta) = A_0 \ln \left( 1 + \frac{\lambda_0 \Delta}{A_0} \right) = \lambda_0 \Delta - \frac{\lambda_0^2}{2A_0} \Delta^2 + O(\Delta^3),$$

то получим, что

$$\frac{\alpha}{\theta} = \frac{\lambda_0}{(\lambda_0^2/2)} = 2/\lambda_0 \approx 6,67 \text{ при } \lambda_0=0,3, \text{ разумно при}$$

$0 \leq \Delta \leq A_0/100$  использовать "традиционный" критерий (3.8), а при  $A_0/100 \leq \Delta \leq A_0/2$ , обобщенный критерий (3.9). В случае, когда  $\Delta > A_0/2$  следует использовать критерий ожидаемого эффекта проекта, учитывая члены более высокого порядка в разложении (3.5).

Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что в случае малой неопределенности относительно эффекта проекта рассматриваемый критерий ожидаемого эффекта проекта (3.9) переходит в "традиционный" критерий (2.1), использование которого было обосновано в работе [4]. Таким образом, рассматриваемая модель является своеобразным продолжением и обобщением теории ожидаемого эффекта [4] на случай большой неопределенности.

#### 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА ОЖИДАЕМОГО ЭФФЕКТА ПРОЕКТА И ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ О РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Для расчета показателя ожидаемого эффекта проекта в случае интервальной неопределенности в соответствии с критерием (3.9) необходимо знать минимально  $E_{min}$  и максимально  $E_{max}$  возможное значение эффек-

та проекта, величину собственного капитала  $A_0$ , а также параметры  $\alpha$  и  $\theta$ .

Значения  $E_{min}$  и  $E_{max}$  могут быть рассчитаны инвестиционным аналитиком, на основе рассмотрения пессимистического и оптимистического сценариев развития проекта. При расчетах  $E_{min}$  и  $E_{max}$  необходимо использовать норму дисконта, задаваемую частным инвестором, владельцами или менеджментом компании, принимающей решение об инвестировании (проще говоря - ЛПР). Здесь следует подчеркнуть, что рассуждения, приводимые выше, основаны на предположении о том, что аспекты, которые традиционно учитываются при принятии управленческих решений (социальные, экологические аспекты и т.д.), уже явно или неявно учтены при расчетах  $E_{min}$  и  $E_{max}$ , таким образом, мы уже свели задачу от многокритериальной к однокритериальной. Значение собственного капитала может быть определено из данных финансовой отчетности компании (либо непосредственно, либо с помощью профессионального оценщика на основе применения затратного, доходного и сравнительного подходов к оценке [15]).

Для определения параметров  $\alpha$  и  $\theta$  необходимо проводить опрос владельцев (или менеджмента) компании. Пока для простоты будем считать, что компанией владеет один человек, который при этом также занимается и оперативным управлением компании.

Опрос можно разбить на 2 этапа. На первом этапе определяется величина  $\alpha$  - параметр, который при малой неопределенности эффекта проекта совпадает с фактором оптимизма-пессимизма  $\lambda$ . При этом владельцу предлагается оценить в стоимостном выражении право получить доход в размере от  $E_{min}$  до  $E_{max}$ , при условии, что степень возможности получения той или иной суммы абсолютно неизвестна. В качестве  $E_{min}$  можно взять, например, значение, равное 0, а значение  $\Delta = E_{max} - E_{min}$  варьировать от 0 до  $A_0/100$ . Следует провести некоторое количество  $N$  таких экспериментов. Для каждого значения  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_N$  мы сможем получить соответствующие значения ожидаемого эффекта проекта  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_N$ . Поскольку значения  $\Delta_n$  брались из диапазона, для которого в качестве критерия ожидаемого эффекта мы можем использовать формулу (3.8), получим, что:

$$\alpha_n = \frac{\varepsilon_n - E_{min}}{\Delta_n}, \quad n = 1, 2, \dots, N. \quad (4.1)$$

Поскольку значения  $\alpha_n$  есть результаты эксперимента, который мы можем повторять сколь угодно много раз (разумеется, пока владельцу компании этот процесс не надоест), то последовательность  $\alpha_n, n = 1, 2, \dots, N$ , является последовательностью случайных чисел. В качестве оценки для параметра  $\alpha$  можно взять среднее значение:

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha_n. \quad (4.2)$$

При этом ошибка в определении параметра  $\alpha$  будет равна  $\sigma/\sqrt{N}$  [12], где  $\sigma$  - стандартное отклонение случайной величины  $\alpha_n$ . Для величины  $\sigma$  можно дать оценку сверху. Очевидно, что рассматриваемое значе-

ние  $\sigma$  не может быть больше, чем стандартное отклонение случайной величины, которая принимает значение 0 или 1 с вероятностью  $\frac{1}{2}$  (а случайная величина  $\alpha_n$  в любом случае находится в интервале от 0 до 1). Легко показать, что стандартное отклонение такой величины равно  $\frac{1}{2}$ , поэтому ошибка в расчете параметра  $\alpha$  будет равна  $\delta \leq N^{-1/2} / 2$ . Таким образом, если, скажем, требовать, чтобы величина ошибки  $\delta / \alpha$  не превышала 20%, то потребуется всего около 25 экспериментов (в предположении, что значение параметра  $\alpha$  порядка 0,5).

На втором этапе можно переходить к оценке параметра  $\theta$ . Схема оценки этого параметра аналогична схеме определения параметра  $\alpha$ . При оценке параметра  $\theta$  величину  $\Delta = E_{max} - E_{min}$  необходимо варьировать от  $A_0 / 100$  до  $A_0 / 2$ . Оценку параметра  $\theta$  необходимо делать, используя критерий (3.9), таким образом, получаем:

$$\theta_n = \frac{-A_0(\varepsilon_n - E_{min} - \alpha \Delta_n)}{\Delta_n^2}, \quad n = 1, 2 \dots N_2, \quad (4.3)$$

где значение  $\alpha$  берется на основе расчетов 1-го этапа.

В качестве оценки для параметра  $\theta$  можно также взять среднее значение:

$$\theta = \frac{1}{N_2} \sum_{n=1}^{N_2} \theta_n \quad (4.4)$$

Таким образом, на основе критерия (3.9), а также параметров, рассчитанных на основе интервьюирования владельца компании, можно более адекватно оценивать эффективность инвестиционных проектов, а также принимать управленческие решения об их реализации для целого ряда практически важных случаев, связанных с большой неопределенностью.

## 5. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ МАССЕ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОБ УЧАСТИИ В ПРОЕКТЕ В СЛУЧАЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНТЕРВАЛЬНОГО ТИПА

Рассуждения и практические рекомендации, рассмотренные в предыдущих разделах, дают алгоритм построения критерия, на основе которого можно принимать решения об участии в инвестиционном проекте, когда величина неопределенности эффекта проекта ( $NPV$ ) становится сравнимой с величиной собственного капитала компании (или с капиталом частного инвестора). Тем не менее, рассмотренный критерий (3.9) имеет ограниченную область применимости, поэтому возникает вопрос о построении универсального критерия ожидаемого эффекта, который был бы применим для всей области возможных значений  $\Delta$  (т.е., вообще говоря, от нуля до бесконечности). Конечно, теоретически можно и дальше продолжать рассмотрение очередных членов в разложении (3.5), однако такой подход приводит к появлению все новых и новых параметров, которые априори неизвестны. Это влечет ненужное нагромождение, приводит к ошибкам, и в целом такой подход вряд ли можно назвать продуктивным.

Для построения универсального критерия ожидаемого проекта нужно рассматривать совершенно другую параметризацию. Для решения этой задачи попробуем обратиться к вопросу построения интегрального критерия эффективности проектов в случае вероятностной неопределенности. Этот вопрос давно изучался [3, 4, 7, 9, 10, 13] и детально проработан.

С вероятностной неопределенностью мы сталкиваемся, когда колебания параметров проекта обусловлены повторяющимися природными или технологическими процессами, о протекании которых имеется достаточная статистическая информация, позволяющая считать такие процессы случайными и оценить их вероятностные характеристики. В частности, этим методом может оцениваться эффективность проектов:

- 1) создания или реконструкции систем массового обслуживания;
- 2) реализация которых определяется природно-климатическими или горно-геологическими условиями (погода, характеристики грунта или запасов полезных ископаемых, возможность землетрясений или наводнений и т. п.) или сопряжена с риском износа основных средств и отката технологического оборудования (снижение прочности конструкций здания и т.п.), могущим повлечь за собой значительные негативные последствия или потребовать значительных затрат на устранение последствий отката;
- 3) существенно зависящих от непрерывно меняющихся случайных параметров (например, от темпов роста цен на производимую продукцию или потребляемые ресурсы).

Рассмотрим, как устроен в случае вероятностной неопределенности критерий ожидаемого эффекта, обеспечивающий рациональное экономическое поведение инвесторов. В работах [3,4] считается, что рациональное экономическое поведение подразумевает выполнение ряда аксиом:

1. *Аксиома непрерывности:* При малых изменениях возможных эффектов или вероятностей их осуществления ожидаемый эффект должен меняться мало. То есть, близким законам распределения вероятностей эффектов должны отвечать и близкие значения ожидаемого эффекта.

2. *Аксиома согласованности:* Если при всех сценариях эффект проекта один и тот же, то таким же должен быть и ожидаемый эффект проекта. Эта аксиома обеспечивает согласованность расчетов эффекта при наличии и при отсутствии неопределенности.

Сформулируем понятие усреднения. Пусть имеются два проекта **A** и **B** со случайными эффектами. Реализуем их совместно. При этом будет достигнут некий суммарный случайный эффект. Разделим его на 2. Величину, которую мы при этом получим, можно трактовать, как реализацию случайного эффекта некоторого проекта, являющегося усреднением **A** и **B**. Такой усредненный проект обозначим **A ⊗ B**.

3. *Аксиома инвариантности к усреднению:* Если проекты **A** и **B** равноэффективны, то тот же ожидаемый эффект имеет и проект **A ⊗ B**.

В работе [4] строго доказывается, что этим аксиомам в качестве ожидаемого эффекта удовлетворяет только критерий математического ожидания:

$$E_{ex} = \sum_i p_i E_i \quad (5.1)$$

где

$E_{ex}$  – ожидаемый интегральный эффект проекта;

$E_i$  – интегральный эффект ( $NPV$ ) при  $i$ -м сценарии;

$p_i$  – вероятность реализации  $i$ -го сценария.

Тот же критерий математического ожидания получается, если вместо инвариантности к усреднению потребовать выполнения двух других аксиом:

**Аксиома однородности:** При пропорциональном изменении всех возможных эффектов проекта ожидаемый эффект изменяется во столько же раз.

**Аксиома аддитивности:** Ожидаемый эффект от одновременной реализации независимых проектов равен сумме ожидаемых эффектов этих проектов.

Критерий (5.1) для вероятностной неопределенности плох тем, что не учитывает “разброс” эффекта при сравнении проектов и оценке их эффективности. Для решения этой проблемы был предложен критерий Массе [4,13,14], который можно получить, если в дополнение к аксиомам непрерывности и согласованности потребовать, чтобы критерий ожидаемого эффекта дополнительно удовлетворял следующим аксиомам.

**Аксиома монотонности.** Увеличение возможных результатов  $\lambda$  и/или уменьшение возможных затрат хотя бы при одном сценарии не уменьшает ожидаемого эффекта.

**Независимость от дополнительных проектов.** Пусть один проект не менее эффективен, чем второй, а третий проект не зависит ни от первого, ни от второго. Тогда совместная реализация первого и третьего проектов не менее эффективна, чем совместная реализация второго и третьего.

**Сильная инвариантность к смешиванию.** Если проекты  $F$  и  $G$  равноэффективны, то и смеси (проект со случайным результатом, который состоит в реализации первого проекта с вероятностью  $q$  и второго проекта с вероятностью  $(1-q)$ ) этих проектов с любым проектом  $H$  тоже равноэффективны.

Можно строго показать [3,4], что при выполнении этих аксиом ожидаемый эффект проекта будет иметь следующий вид:

$$\varepsilon = -\frac{1}{\mu} \ln \left( \sum_{i=1}^n p_i \exp(-p_i \varepsilon_i) \right), \quad (5.2)$$

где

$\mu$  – некоторый параметр, характеризующий склонность инвестора к риску;

$p_i$  и  $\varepsilon_i$  – вероятность и эффект соответственно, соответствующие  $i$ -му сценарию. В предельном случае  $\mu \rightarrow 0$  критерий Массе (5.2) переходит в критерий математического ожидания (5.1). Критерий (5.2) учитывает уменьшение привлекательности проекта при увеличении степени разброса возможных значений эффектов  $\varepsilon_i$  относительно среднего, поэтому этот критерий является наилучшим для принятия решений об инвестировании в случае вероятностной неопределенности.

Вернемся теперь опять к интервальной неопределенности. Критерий Гурвица (2.1) для эффекта проекта при интервальной неопределенности математически имеет такой же вид, как и критерий среднего (5.1) для вероятностной неопределенности в случае двух возможных исходов:

$$\begin{aligned} E_{ex} &= p_1 E_1 + p_2 E_2 = \\ &= p_1 E_{max} + p_2 E_{min} = p_1 E_{max} + (1-p_1) E_{min} \end{aligned} \quad (5.3)$$

(ожидаемый эффект для случая вероятностной неопределенности)

$$E_{ex} = \lambda E_{max} + (1-\lambda) E_{min} \quad (5.4)$$

(ожидаемый эффект для случая интервальной неопределенности)

Из формул видно, что формально параметр  $\lambda$  (параметр оптимизма-пессимизма) играет роль, похожую на роль вероятности наступления лучшего из двух возможных событий. Здесь следует подчеркнуть, что, в отличие от вероятностной неопределенности, в случае интервальной неопределенности мы не знаем распределение вероятностей реализации сценариев (или рассматриваемая величина вообще не является случайной), однако чисто формально получается, что параметр  $\lambda$  выступает в роли субъективной (по мнению ЛПР) вероятности реализации лучшего из исходов. То есть ЛПР неявно считает, что если могут реализоваться 2 возможных исхода, но при этом вероятность реализации этих исходов неизвестна, то для ЛПР это эквивалентно ситуации с двумя исходами ( $E_{max}$  и  $E_{min}$ ), вероятность наступления первого из которых равна  $\lambda$ , а второго  $(1-\lambda)$ .

Продолжая рассматривать аналогию между интервальной неопределенностью и вероятностной неопределенностью (с двумя возможными исходами), можно попытаться использовать критерий Массе (5.2), который был введен для вероятностной неопределенности, также и для интервальной неопределенности. В этом случае, после замены  $p_1$  на  $\lambda$  а  $p_2$  на  $(1-\lambda)$  в формуле (5.2), критерий ожидаемого эффекта для случая интервальной неопределенности будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon(E_{min}, E_{max}) &= \\ &= -\frac{1}{\mu} \ln(\lambda \exp(-\mu E_{max}) + (1-\lambda) \exp(-\mu E_{min})). \end{aligned} \quad (5.5)$$

Попытаемся проанализировать эту формулу и понять основные свойства ожидаемого эффекта.

Очевидно, что критерий (5.5) подчиняется аксиомам 1 и 2 (из части 4) и критерий (5.5) можно представить в виде (3.3):

$$\begin{aligned} \varepsilon(E_{min}, E_{max}) &= \\ &= -\frac{1}{\mu} \ln(\lambda \exp(-\mu E_{max}) + (1-\lambda) \exp(-\mu E_{min})) = \\ &= -\frac{1}{\mu} \ln(\lambda \exp(-\mu E_{max}) + (1-\lambda) \exp(-\mu E_{min})) = \\ &= E_{min} - \frac{1}{\mu} \ln(1 + \lambda (\exp[-\mu \Delta] - 1)) = E_{min} + g(\Delta). \end{aligned} \quad (5.6)$$

Таким образом, мы свели задачу к исследованию функции  $g(\Delta)$  одной переменной  $\Delta = E_{max} - E_{min}$ . Как видно из (5.6)

$$g(0) = 0,$$

$$а h(\lambda) = \lim_{\Delta \rightarrow +\infty} g(\Delta) = -\frac{1}{\mu} \ln(1-\lambda) \geq 0.$$

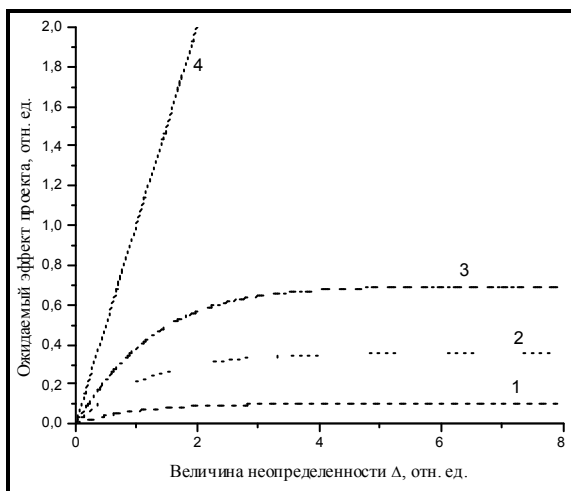
Очевидно также, что при  $0 < \lambda < 1$ ,  $g(\Delta) \geq 0$ ,  $\forall \Delta \geq 0$ .

Производная функции  $g(\Delta)$  имеет следующий вид:

$$g'(\Delta) = \frac{\exp[-\mu \Delta] \lambda}{1 + \lambda (\exp[-\mu \Delta] - 1)} \quad (5.7)$$

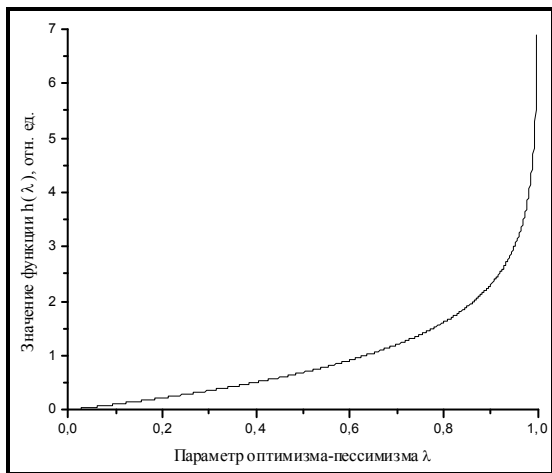
Из формулы (5.7) видно, что числитель и знаменатель, а значит и  $g'(\Delta)$  положительны при  $0 \leq \Delta < \infty$ , поэтому ожидаемый эффект проекта монотонно возрастает с ростом  $\Delta$ . При  $\Delta \rightarrow \infty$   $g'(\Delta) \rightarrow 0$ . Таким об-

разом, при больших значениях  $\Delta$  ожидаемый эффект проекта выходит на насыщение. График функции  $g(\Delta)$  представлен на рис. 5.1.



**Рис. 5.1. Зависимость ожидаемого эффекта проекта  $g(\Delta)$  от величины неопределенности  $\Delta = E_{max} - E_{min}$  для разных значений показателя оптимизма-пессимизма  $\lambda$ .**

На рис. 5.1: Ожидаемый эффект  $g$  и  $\Delta$  нормированы на величину  $\mu^{-1}$ . На графике: кривая 1 – случай  $\lambda = 0,1$ ; кривая 2 – случай  $\lambda = 0,3$  (значение, рекомендованное в Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов [2]); кривая 3 – случай  $\lambda = 0,5$  (ЛПР рассматривает оба экстремальных значения  $E_{min}$  и  $E_{max}$  как равновероятные, что эквивалентно случаю вероятностной неопределенности с двумя возможными равновероятными исходами  $E_{min}$  и  $E_{max}$ ); 4 – случай  $\lambda = 1$  (ЛПР оценивает проект оптимистически, ориентируясь на лучший сценарий).



**Рис. 5.2. Зависимость функции  $h(\lambda) = \lim_{\Delta \rightarrow +\infty} g(\Delta, \lambda)$  от параметра оптимизма-пессимизма  $\lambda$**

На рис. 5.2: Значение функции  $h(\lambda)$  нормировано на величину  $\mu^{-1}$

Интересным представляется также вопрос о зависимости предельного значения  $g(\Delta, \lambda)$  при стремлении  $\Delta$  к бесконечности. Эта зависимость представлена на рис. 5.2.

Из графика 5.1. видно, что зависимость ожидаемого эффекта от величины неопределенности  $\Delta$  является, вообще говоря, нелинейной. Ожидаемый эффект монотонно растет от нуля и достигает насыщения на уровне величины  $h(\lambda) = \lim_{\Delta \rightarrow +\infty} g(\Delta) = -\frac{1}{\mu} \ln(1 - \lambda) \geq 0$ . С ростом

$\lambda$  величина насыщения  $h(\lambda)$  монотонно растет, уходя резко в бесконечность при  $\lambda \rightarrow 1$ , что соответствует случаю, когда ЛПР оптимистически оценивает проект, ориентируясь на лучший сценарий (зависимость  $g(\Delta)$  при этом линейная  $g(\Delta) = \Delta$ ). При  $\lambda=0$  ЛПР настроен пессимистически, ориентируется на худший из сценариев и поэтому  $g(\Delta) = 0$ , для любого значения  $\Delta$ , а  $\varepsilon(E_{min}, E_{max}) = E_{min}$  при любом  $E_{max}$ .

Следует подчеркнуть, что величина  $h(\lambda)$  имеет большое значение в процессе принятия решений об участии в проекте. Как видно из формулы (5.6) и из графика 5.1 для заданного инвестора (заданы параметры  $\lambda$  и  $\mu$ ), ожидаемый эффект проекта не может превышать значения  $E_{min} + h(\lambda, \mu)$ . Поскольку проект следует считать эффективным только при  $\varepsilon(E_{min}, E_{max}) > 0$ , видно что мы будем иметь эффективные проекты только при условии:

$$E_{min} > -h(\lambda, \mu) = \frac{1}{\mu} \ln(1 - \lambda) = L_c. \tag{5.8}$$

Величину  $L_c$  назовем величиной критических потерь. Из формулы (5.8) видно, что какие бы перспективы не сулил рассматриваемый инвестиционный проект, если самый пессимистичный сценарий дает эффект, меньший чем  $L_c$ , то проект следует признать неэффективным и отказаться от его реализации.

Рассмотри теперь поведение функции  $g(\Delta)$  при малых значениях  $\Delta$ . Разложение функции  $g(\Delta)$  в ряд Тейлора в точке  $\Delta = 0$  дает следующий результат:

$$g(\Delta) = \lambda \Delta + \left(-\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda^2}{2}\right) \mu \Delta^2 + \left(\frac{\lambda}{6} - \frac{\lambda^2}{2} + \frac{\lambda^3}{3}\right) \mu^2 \Delta^3 + O(\Delta^4). \tag{5.9}$$

Сравнивая (5.9) и (3.9), получаем, что  $\alpha = \lambda$ , а  $\left(-\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda^2}{2}\right) \mu = -\frac{\theta}{A_0}$ . Таким образом, приходим к выводу о том, что параметр  $\mu = \frac{\theta_1}{A_0}$ , где  $\theta_1 = 2\theta / (\lambda - \lambda^2)$ , то

есть параметр  $\mu$ , который характеризует склонность инвестора к риску, должен быть обратно пропорционален собственному капиталу  $A_0$ . Таким образом, чем больше у заданного инвестора собственный капитал, тем при прочих равных у него больше склонность к риску (тем меньше параметр  $\mu$ ).

Хотелось бы также подчеркнуть, что при  $A_0 \rightarrow +\infty$  и, соответственно, при  $\mu \rightarrow 0$ , значение  $g(\Delta) \rightarrow \lambda \Delta$ , а



ожидаемый эффект проекта  $\varepsilon \rightarrow E_{min} + \lambda \Delta$ , то есть стремится к критерию Гурвица (2.1). Условие  $A_0 \rightarrow +\infty$  соответствует случаю, когда решение об инвестировании принимает государство или крупная корпорация. Таким образом, обобщая то, что говорилось ранее, можно утверждать, что критерий Гурвица можно применять для оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях интервальной неопределенности либо в случае малой неопределенности, либо в случае, когда решение об инвестировании принимается государством или крупной компанией. В общем случае необходимо пользоваться критерием (5.6).

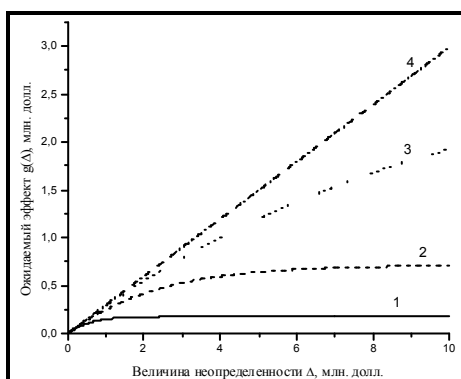


Рис. 5.3. Зависимость ожидаемого эффекта проекта  $g(\Delta)$  от величины неопределенности  $\Delta$  для разных значений собственного капитала компании  $A_0$

На рис. 5.3: кривая 1 –  $A_0 = 0,5$  млн. долл.; кривая 2 –  $A_0 = 2$  млн. долл.; кривая 3 –  $A_0 = 8$  млн. долл.; кривая 4 –  $A_0 = 1000$  млн. долл. Расчеты производились для  $\lambda = 0,3$  и  $\theta_r = 1$ .

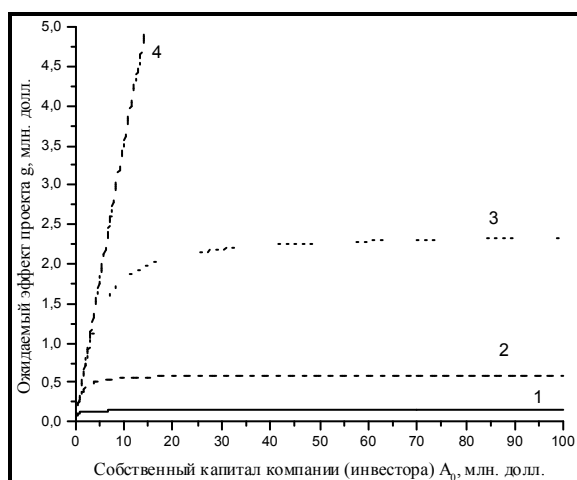


Рис. 5.4. Зависимость ожидаемого эффекта проекта от собственного капитала компании (инвестора)  $A_0$  для различных значений величины неопределенности  $\Delta$

На рис. 5.4: кривая 1 –  $\Delta = 0,5$  млн. долл.; кривая 2 –  $\Delta = 2$  млн. долл.; кривая 3 –  $\Delta = 8$  млн. долл.; кривая 4 –  $\Delta = 50$  млн. долл. Расчеты производились для  $\lambda = 0,3$  и  $\theta_r = 1$ .

Выясним, как ведет себя функции ожидаемого эффекта  $g(\Delta)$  при разных значениях собственного капитала инвестора  $A_0$ , а также как изменяется ожидаемый эффект с ростом собственного капитала  $A_0$  при различных значениях неопределенности  $\Delta$ . Эти зависимости представлены на рис. 5.3 и 5.4. Глядя на эти зависимости, видим, что эффективность проекта с одной и той же величиной неопределенности для компаний с разной величиной собственного капитала растет с ростом собственного капитала. Как видно из рис. 5.4, особенно значительным такой рост может быть при большой неопределенности  $\Delta$ . Таким образом, приходим к выводу, что при прочих равных условиях проекты, характеризующиеся большой неопределенностью, более эффективно реализовывать крупной компании, чем мелкой. К этой идее мы еще вернемся далее.

Остановимся теперь на вопросе об определении параметров  $\lambda$  и  $\theta_r$ . Эти параметры зависят от инвестора, поэтому для их определения неизбежно необходимо проводить интервьюирование инвестора (владельца компании). Как следует из формулы (5.9), при малых значениях  $\Delta$  ожидаемый эффект  $g(\Delta) \approx \lambda \Delta$ . Поэтому величину  $\lambda$  можно определить на основе методики, описанной в разделе 5 данной статьи (по аналогии с методикой определения параметра  $\alpha$ , формулы 5.1 и 5.2), проверяя предпочтения владельца компании при малых значениях величины неопределенности  $\Delta$ . Для практических расчетов можно использовать значение  $\lambda = 0,3$ , рекомендованное в Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов [2].

Определив величину  $\lambda$ , можно переходить к определению величины  $\theta_r$ , которая может быть также определена на основе статистической обработки информации о предпочтениях инвестора уже на всей области возможных значений  $\Delta$  (а не только малых  $\Delta \ll A_0$ ). Расчет можно производить по аналогии с методикой расчета параметра  $\theta$ , описанной в разделе 5.

Для расчета величины  $\theta_r$  можно также использовать простую практическую методику попарного сравнения, аналогичную описанной в работе [3] для определения параметра  $\mu$  критерия Массе в случае вероятностной неопределенности. Рассмотрим конкретный пример. Итак, нам необходимо оценить эффективность участия инвестора в конкретном проекте  $A$ . Параметр  $\lambda$  оценен на первом этапе и равен 0,3, собственный капитал  $A_0$  оценен профессиональными оценщиками и равен 20 млн. долл. Требуется оценить соответствующее значение параметра “несклонности к риску”  $\theta_r$ . Используем следующий прием: предъявим инвестору, например, следующую совокупность проектов:

- проект  $B_r$ , в результате которого инвестор совершенно достоверно получает доход  $\Phi$  (размер дохода должен иметь тот же или больший порядок, что и величина собственного капитала инвестора  $A_0$ );
- проект  $B_{0,95}$ , обеспечивающий достоверное получение дохода  $0,95 \Phi$ ;

- проект  $B_{0,9}$ , обеспечивающий достоверное получение дохода  $0,9 \Phi$ ;
- .....
- проект  $B_{0,05}$ , обеспечивающий достоверное получение дохода  $0,05 \Phi$ ;
- проект  $B_0$ , обеспечивающий достоверное получение нулевого дохода;
- проект  $B$ , которые предполагает получение дохода в интервале от 0 до  $\Phi$ , однако о вероятности исходов ничего неизвестно.

После этого поставим такой вопрос: по сравнению с проектом  $B$  проект  $B_1$  явно более предпочтителен, а проект  $B_0$  явно менее предпочтителен. Какой же из проектов типа  $B$  является для инвестора столь же предпочтительным, что и проект  $B$ ? Ответ на этот вопрос позволит оценить (с точностью до 0,05) такое значение  $z$ , при котором проекты  $B$  и  $B_z$  будут одинаково предпочтительными. Приравнявая ожидаемые эффекты этих проектов, получаем уравнение для определения параметра  $\theta_1$ :

$$z \Phi = -\frac{A_0}{\theta_1} \ln \left( 1 + \lambda \left( \exp \left[ -\frac{\theta_1 \Phi}{A_0} \right] - 1 \right) \right) \quad (5.10)$$

Решение данного уравнения относительно  $\theta_1$  при известных значениях  $\Phi$ ,  $z$  и  $A_0$ , к сожалению, не может быть выписано в виде элементарных функций, однако мы можем получить решение в численном виде, представленное в табл. 5.1.

Таблица 5.1

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ (5.10).

Значение $z$	Значение $\theta_1 \Phi / A_0$
0,05	7,13
0,1	3,43
0,15	2,00
0,2	1,14
0,25	0,51
0,3	0
0,35	-0,45
0,4	-0,87
0,45	-1,28
0,5	-1,69
0,55	-2,13
0,6	-2,62
0,65	-3,17
0,7	-3,85
0,75	-4,73
0,8	-5,99
0,85	-8,02
0,9	-12,04
0,95	-24,08

Положительные значения параметра  $\theta_1$  (и, соответственно,  $\theta_1 \Phi / A_0$ ) отвечают инвесторам, несклонным к риску, отрицательные – инвесторам, склонным к риску. Очевидно, что если на первом этапе было выявлено, что  $\lambda < 0,5$ , то это соответствует случаю несклонного к риску инвестора, поэтому на втором этапе, когда идет расчет  $\theta_1$  следует ожидать, что  $\theta_1$  должен быть положительным, и наоборот, если  $\lambda > 0,5$ , то это соответ-

ствует случаю склонного к риску инвестора и  $\theta_1$  должно быть отрицательным (хотя чисто теоретически параметры  $\lambda$  и  $\theta_1$  могут быть никак не связаны друг с другом и величине  $\lambda < 0,5$  может соответствовать отрицательное значение  $\theta_1$ ).

Будем считать, что в нашем случае инвестору предлагается делать выбор между проектами типа  $B$  и проектом  $B$  при  $\Phi = 30$  млн. долл. При этом инвестор утверждает, что, по его мнению, проект  $B_{0,25}$  столь же предпочтителен, как и проект  $B$ . Таким образом, получаем, что  $z = 0,25$ , поэтому параметр  $\theta_1 \Phi / A_0$  в соответствии с табл. 5.1. равен 0,51, следовательно, параметр  $\theta_1 = 0,51 * A_0 / \Phi = 0,51 * 20 / 30 = 0,34$ . Таким образом, получаем, что для рассматриваемого инвестора функция ожидаемого эффекта проекта будет иметь вид:

$$\varepsilon(E_{min}, E_{max}) = E_{min} - \frac{A_0}{0,34} \ln \left( 1 + 0,3 \left( \exp \left[ -\frac{0,34}{A_0} \Delta \right] - 1 \right) \right),$$

где

$A_0 = 20$  млн. долл. С помощью этой функции рассматриваемый инвестор может принимать решения об инвестировании.

Следует также подчеркнуть, что параметры  $\lambda$  и  $\theta_1$  можно определять не поэтапно, а сразу. Проведя опрос владельца компании по методике, описанной в части 5 данной работы, и получив соответствующие пары значений эффекта проекта и величины неопределенности ( $\varepsilon_i, \Delta_i$ ),  $i = 1, \dots, N$ , мы фактически приходим к регрессии вида:

$$\varepsilon_i = E_{min} - \frac{A_0}{\theta_1} \ln \left( 1 + \lambda \left( \exp \left[ -\frac{\theta_1}{A_0} \Delta_i \right] - 1 \right) \right) + \delta_i, \quad (5.11)$$

$i = 1, \dots, N,$

где

$\delta_i$  – регрессионные остатки.

К сожалению, эта регрессия является нелинейной и данную модель невозможно линеаризовать. Тем не менее, оценки параметров  $(\lambda; \theta_1)$  могут быть получены либо с помощью МНК-оценок параметров  $(\bar{\lambda}; \bar{\theta}_1)$  искомым регрессионной зависимости (5.11) в терминах исходных переменных, либо задача может быть решена с помощью подбора линеаризующего преобразования (подход Бокса-Кокса) или другими способами, описанными в работе [12]. Такой подход, с одной стороны, более сложен, с другой стороны, он должен давать более точные оценки параметров  $\lambda$  и  $\theta_1$ .

Параметр  $\theta_1$  можно также определить аналитически на основе допущения об уровне критических потерь. Естественно предположить, что абсолютное значение максимального уровня критических потерь  $L_c$  (величина минимального эффекта проекта  $E_{min}$ , при которой проект становится неэффективным независимо от величины  $E_{max}$ ) не должно превышать собственный капитал инвестора (собственный капитал компании), поскольку потеря суммы превышающей собственный ка-

питал инвестора, очевидно, неприемлема для инвестора (при этом он останется ни с чем). Таким образом, приходим к следующему неравенству:

$$\begin{aligned} |L_c| \leq A_0 &\Rightarrow -\frac{1}{\mu} \ln(1-\lambda) \leq A_0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow -\frac{A_0}{\theta_1} \ln(1-\lambda) \leq A_0 \Rightarrow \theta_1 \geq -\ln(1-\lambda) \end{aligned} \quad (5.12)$$

Таким образом, минимальное значение параметра  $\theta_1$ , соответствующее неравенству (5.12), равно:

$$\theta_c = -\ln(1-\lambda) \quad (5.13)$$

Для значения  $\lambda=0,3$ , рекомендованного к применению в Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов [2], значение  $\theta_c=0,36$ . Таким образом, это значение можно применять в качестве оценки для  $\theta_1$  для экспресс-оценок, а также в том случае, если прямая оценка на основе опроса менеджмента компании затруднительна. Обобщая вышесказанное, для случаев экспресс-оценок, а также для случаев, когда прямая оценка параметров  $\lambda$  и  $\theta_1$  на основе опроса владельца компании затруднительна или невозможна, в качестве критерия ожидаемого эффекта проекта можно применять следующий критерий:

$$\begin{aligned} \varepsilon(E_{min}, E_{max}) &= \\ &= E_{min} - \frac{A_0}{0,36} \ln \left( 1 + 0,3 \left( \exp \left[ -\frac{0,36}{A_0} (E_{max} - E_{min}) \right] - 1 \right) \right) \end{aligned} \quad (5.14)$$

На основе этого критерия можно принимать решения об участии инвестора (компании) в проекте. Если  $\varepsilon(E_{min}, E_{max}) > 0$ , то проект следует признать эффективным для компании и, следовательно, участие в проекте целесообразно. Если же  $\varepsilon(E_{min}, E_{max}) < 0$ , то проект следует признать неэффективным для компании и отказаться от участия в этом проекте.

Вернемся к вопросу о сравнении критериев ожидаемого эффекта (5.6) и (2.1) и принятии управленческих решений об инвестировании. В том случае, когда и значение  $E_{min}$  и значение  $E_{max}$  положительны, ожидаемый эффект проекта  $\varepsilon$ , вычисляемый и по формуле (5.6) и по формуле (2.1), тоже положителен, поэтому, очевидно, проект эффективен для компании и его следует реализовывать. Случай, когда и значение  $E_{min}$  и значение  $E_{max}$  отрицательно, также чрезвычайно прост, поскольку ожидаемый эффект проекта  $\varepsilon$ , вычисляемый и по формуле (5.6), и по формуле (2.1), будет отрицателен, а значит проект неэффективен для компании и его не следует реализовывать.

Значительно более интересен случай, когда  $E_{min} < 0$ , а  $E_{max} > 0$ . Как принимать решение об инвестировании в этом случае? Рассмотрим этот вопрос поподробнее.

Если при принятии решения об инвестировании базироваться на критерии Гурвица (2.1), то условие эффективности проекта будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon \geq 0 &\Rightarrow \lambda E_{max} + (1-\lambda) E_{min} \geq 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow E_{max} \geq \frac{(1-\lambda)}{\lambda} |E_{min}| \Rightarrow \varphi \geq \frac{(1-\lambda)}{\lambda} \end{aligned} \quad (5.15)$$

где мы ввели новую переменную  $\varphi = E_{max} / |E_{min}|$ . Как видно из (5.15) область эффективности в соответствии с критерием Гурвица не зависит от собственного капитала компании.

Рассмотрим условие эффективности проекта на основе критерия Массе (5.6). Оно имеет следующий вид (для  $\theta_1 > 0$ ):

$$\begin{aligned} \varepsilon \geq 0 &\Rightarrow -|E_{min}| - \\ &- \frac{A_0}{\theta_1} \ln \left( 1 + \lambda \left( \exp \left[ -\frac{\theta_1}{A_0} (E_{max} + |E_{min}|) \right] - 1 \right) \right) \geq 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow -\ln \left( 1 + \lambda \left( \exp \left[ -\frac{\theta_1}{A_0} (E_{max} + |E_{min}|) \right] - 1 \right) \right) \geq \frac{\theta_1 |E_{min}|}{A_0} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \exp \left[ \ln \left( 1 + \lambda \left( \exp \left[ -\frac{\theta_1}{A_0} (E_{max} + |E_{min}|) \right] - 1 \right) \right)^{-1} \right] \geq \\ &\geq \exp \left[ \frac{\theta_1 |E_{min}|}{A_0} \right] \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1 - (1-\lambda) \exp \left[ \frac{\theta_1 |E_{min}|}{A_0} \right]}{\lambda} \geq \exp \left[ -\frac{\theta_1 E_{max}}{A_0} \right] \end{aligned} \quad (5.16)$$

Видно, что в последнем неравенстве (5.16) правая часть всегда положительна, а левая часть может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Легко показать, что левая часть последнего неравенства становится отрицательной при

$$|E_{min}| > \frac{-A_0}{\theta_1} \ln(1-\lambda) = |L_c|, \quad (5.17)$$

поэтому далее будем рассматривать только случай  $|E_{min}| < |L_c|$ . При этом из (5.16) получим следующее условие эффективности проекта:

$$\begin{aligned} E_{max} &\geq \\ &\geq -\frac{A_0}{\theta_1} \ln \left( \frac{1 - (1-\lambda) \exp \left[ \frac{\theta_1 |E_{min}|}{A_0} \right]}{\lambda} \right) \Rightarrow \\ &\Rightarrow \varphi \geq -\frac{\eta}{\theta_1} \ln \left( \frac{1 - (1-\lambda) \exp \left[ \theta_1 / \eta \right]}{\lambda} \right), \end{aligned} \quad (5.18)$$

где была введена новая величина  $\eta = A_0 / |E_{min}|$ . Величины  $\varphi$  и  $\eta$  представляют собой нормированные на  $|E_{min}|$  максимальное значение эффекта и собственный капитал компании соответственно. Зоны эффективности и неэффективности, а также "границы эффективности" (получаемые при строгом равенстве эффекта проекта нулю), построенные на основе неравенств (5.15) и (5.18), представлены на рис. 5.5.

Всю область на рис. 5.5. можно разбить на две больших части: область эффективных проектов (по критерию Массе (5.6), не заштрихована) и область неэффективных проектов (по критерию Массе (5.6), заштрихована). Внутри области неэффективных проектов можно

выделить несколько частей, имеющих четкий экономический смысл. Область, лежащая ниже линии 1, представляет собой совокупность проектов, которые неэффективны даже на основе критерия среднего (эффект проекта  $\varepsilon = (E_{max} + E_{min}) / 2$ ), который часто используется в практике даже при оценке проектов в условиях интервальной неопределенности. Этот критерий предполагает, что инвестор нейтрален к риску, поэтому оценка на основе этого критерия в случае интервальной неопределенности приводит к явной переоценке эффективности проекта.

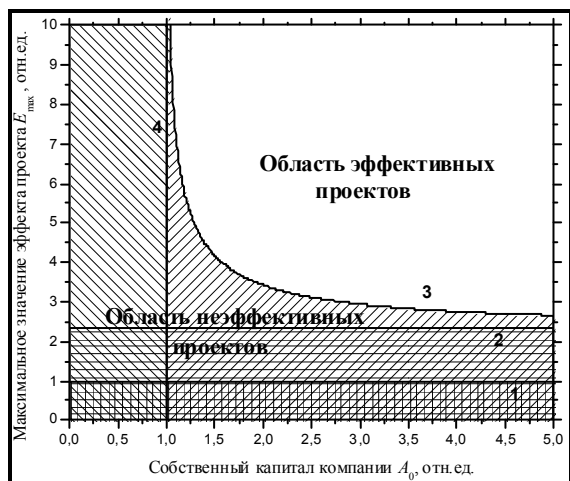


Рис. 5.5. Области эффективных и неэффективных проектов, а также “границы эффективности”

На рис. 5.5: линия 1 – граница эффективности на основе критерия среднего значения (формула (5.15),  $\lambda = 0,5$  – инвестор нейтрален к риску); линия 2 – граница эффективности на основе критерия Гурвица (формула (5.15),  $\lambda = 0,3$  – инвестор несклонен к риску); кривая 3 – граница эффективности на основе критерия Массе (формула (5.18),  $\lambda = 0,3$ ;  $\theta_1 = 0,36$ ); кривая 4 – асимптота кривой 3, характеризует уровень неприемлемых потерь компании. Собственный капитал  $A_0$  и максимальное значение эффекта  $E_{max}$  нормированы на  $E_{min}$ . Область эффективных проектов (ожидаемый эффект  $\varepsilon > 0$  по критерию Массе) и область неэффективных проектов (ожидаемый эффект  $\varepsilon < 0$  по критерию Массе) отделяются друг от друга кривой 3.

Область, лежащая ниже линии 2, представляет собой совокупность проектов, которые неэффективны исходя из критерия Гурвица, который рекомендовано использовать в Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов [2] для оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях интервальной неопределенности. Следует заметить, что область между линиями 1 и 2 соответствует проектам, которые, с одной стороны, эффективны по критерию среднего, однако, неэффективны по критерию Гурвица.

Линия 4 на графике 5.5 представляет собой линию, соответствующую такому капиталу компании, что  $\frac{A_0}{|E_{min}|} = \frac{-\theta_1}{\ln(1-\lambda)}$ , что соответствует  $E_{min}$ , равному величине критических потерь  $L_c$  (формула 5.8). Случаи,

относящиеся к области левее линии 4, характеризуются слишком малой величиной собственного капитала компании, поэтому какое бы большое значение ни имел максимально возможный эффект проекта, проект все равно будет неэффективен по критерию Массе (5.6).

Кривая 3 на рис. 5.5 отделяет область эффективных и область неэффективных проектов. При больших значениях собственного капитала компании эта кривая очень близка к линии 2 (граница эффективности на основе критерия Гурвица). Однако при уменьшении значения собственного капитала компании вплоть до значения критиче-

ски малого размера компании  $A_c = \frac{-\theta_1 |E_{min}|}{\ln(1-\lambda)}$  кривая 3

все больше и больше расходится с линией 2. Это говорит о том, что критерий Гурвица завышает эффективность проекта для малых компаний, и чем меньше компания, тем больше эта переоценка. Когда максимальные потери по проекту ( $E_{min}$ ) становятся порядка величины собственного капитала  $A_0$ , критерий Гурвица (2.1) начинает сильно отличаться от критерия Массе (5.6), поэтому для оценки проектов следует применять более комплексный критерий Массе (5.6). Видно также, что если для какой-то компании какой-то проект неэффективен, то можно предложить реализовать этот проект более крупной компании, для которой этот проект будет уже эффективен.

Для понимания сути интервальной неопределенности, а также оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях интервальной неопределенности приведем несколько примеров.

**Пример 1**

ЗАО “Рассвет” собирается реализовывать проект строительства и эксплуатации складского комплекса класса А в Московской области. Отчет об оценке, подготовленный независимой оценочной компанией “Оценчик”, показал, что стоимость компании “Рассвет” на текущий момент составляет 0,95 млн. долл. США. При расчете эффективности проекта возникает одна трудность: неизвестны расходы на подключение к внешним инженерным сетям (электричество, газ, канализация). Опрос специалистов из строительных компаний показал, что с учетом необходимости привлечения административного ресурса для решения этого вопроса расходы на подключение к сетям могут составлять от 10 000 до 1 000 000 долл. США. Более точной цифры получить не удастся. При этом общий размер инвестиций может составлять от 5,67 до 6,66 млн. долл. США. Проект предполагается финансировать за счет собственных и заемных средств. Инвестиционные аналитики, рассчитывающие денежные потоки проекта, приходят к выводу, что NPV (ЧДД) проекта может при этом принимать значения от 0,64 до -0,25 млн. долл. США. Какова эффективность проекта строительства и эксплуатации складского комплекса? Стоит ли компании реализовывать проект на основании имеющейся информации?

Оценка эффективности проекта на основе критерия среднего дает следующее значение:

$$\varepsilon_r = (0,64 - 0,25) / 2 = 0,195 \text{ млн. долл.}$$

Опрос собственника компании относительно его инвестиционных предпочтений показал, что параметр  $\lambda = 0,3$ , а параметр  $\theta_1 = 0,4$ . Таким образом, получается, что, если применить критерий Гурвица (2.1), ожидаемая эффективность проекта будет равен:

$$\varepsilon_2 = 0,3 * 0,64 + (1 - 0,3) * (-0,25) = 0,017 \text{ млн. долл.}$$

Значение  $\varepsilon_2$  значительно меньше  $\varepsilon_1$ , однако оно положительно, поэтому, исходя из этого критерия, проект эффективен.

Рассмотрим теперь эффективность проекта на основе критерия Массе (5.6):

$$\varepsilon_3 = -0,25 \text{ млн. долл.} - 0,95 \text{ млн. долл.} / 0,4^*$$

$$* \ln (1 + 0,3 * (\exp [0,4 * (0,64 \text{ млн. долл.} + 0,25 \text{ млн. долл.}) / 0,95 \text{ млн. долл.}] - 1)) =$$

$$= 0,016 \text{ млн. долл.}$$

Таким образом, ожидаемый эффект проекта на основе критерия Массе дает отрицательное значение, поэтому рассматриваемый проект данной компании реализовывать на основе имеющейся информации нецелесообразно. Такой вывод получился вследствие того, что неопределенность относительно чистого дисконтированного дохода стала сравнимой со стоимостью самой компании "Рассвет", реализующей проект. Результат мог бы быть иным, если бы стоимость компании "Рассвет" была бы больше или была бы получена дополнительная информация, уточняющая стоимость подключения к инженерным сетям.

### Пример 2

ООО "Лекарь" на базе имеющихся технологий и патентов на изобретения собирается производить и продавать на российском рынке лекарственные препараты для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы. Компания рассматривает 2 проекта: в соответствии с первым проектом будет производиться препарат **A** (проект 1), в соответствии с другим проектом – препарат **B** (проект 2). Оба препарата являются уникальными. Инвестиции в обоих вариантах проекта примерно равны и, к сожалению, ООО "Лекарь" не может профинансировать оба проекта и вынуждено выбирать один проект из двух. Поскольку проект является достаточно рискованным, ООО "Лекарь" не удалось привлечь банковский кредит или найти соинвестора, и приходится рассчитывать только на собственные средства. По просьбе одного из банков ООО "Лекарь" поручил сделать отчет об оценке ООО "Лекарь" независимой оценочной компании "Оценка бизнеса". По мнению независимого оценщика, стоимость ООО "Лекарь" составляет 1 млн. долл.

Для изучения потенциального спроса на новые лекарственные препараты ООО "Лекарь" наняло ООО "Маркетолог", которое занимается маркетинговыми исследованиями. На основе анализа рынка специалистами ООО "Маркетолог" совместно с медицинскими экспертами было установлено, что потенциальный спрос на препарат **A** может составлять от 20 до 100 млн. доз в год, а на препарат **B** – от 30 до 100 млн. доз в год. Ввиду уникальности препарата более точные оценки получить не удалось. На основе имеющихся данных инвестиционные аналитики посчитали, что чистый дисконтированный доход проекта 1 может составлять от 0,2 до 5 млн. долл., а проекта 2 – от 0,5 до 4 млн. долл. Какой проект следует выбрать компании "Лекарь"?

Если исходить из критерия среднего, то получаем, что ожидаемый эффект первого проекта равен:

$$\varepsilon_1 = (0,2 + 5) / 2 = 2,6 \text{ млн. долл.}$$

Ожидаемый эффект второго проекта равен:

$$\varepsilon_2 = (0,5 + 4) / 2 = 2,25 \text{ млн. долл.}$$

На основании критерия среднего значения получается, что проект 1 более эффективен и компании "Лекарь" следует выбрать его.

Интервью с владельцем ООО "Лекарь" показало, что параметр оптимизма-пессимизма  $\lambda$  для компании "Лекарь" равен 0,3, а параметр  $\theta$ , равен 0,36.

Рассмотрим критерий Гурвица (2.1) для данных проектов. Получаем, что для первого проекта показатель ожидаемого эффекта равен:

$$\varepsilon_1 = 0,3 * 5 + (1 - 0,3) * 0,2 = 1,64 \text{ млн. долл.,}$$

для второго проекта:

$$\varepsilon_2 = 0,3 * 4 + (1 - 0,3) * 0,5 = 1,55 \text{ млн. долл.}$$

Опять получаем, что проект 1 более эффективен, чем проект 2.

А теперь рассмотрим критерий ожидаемого эффекта Массе (5.6) для этих двух проектов. Для первого проекта:

$$\varepsilon_3 = -0,2 \text{ млн. долл.} - 1,0 \text{ млн. долл.} / 0,36^*$$

$$* \ln (1 + 0,3 * (\exp [0,36 * (5,0 \text{ млн. долл.} + 0,2 \text{ млн. долл.}) / 1,0 \text{ млн. долл.}] - 1)) =$$

$$= 0,99 \text{ млн. долл.,}$$

а для второго проекта:

$$\varepsilon_3 = 0,5 \text{ млн. долл.} - 1,0 \text{ млн. долл.} / 0,36^*$$

$$* \ln (1 + 0,3 * (\exp [0,36 * (4,0 \text{ млн. долл.} + 0,5 \text{ млн. долл.}) / 1,0 \text{ млн. долл.}] - 1)) =$$

$$= 1,17 \text{ млн. долл.,}$$

Таким образом, на основе критерия Массе, учитывая соотношение между величиной неопределенности и собственным капиталом компании, получаем, что именно проект 2 более эффективен, чем проект 1, и именно проект 2 следует выбрать для реализации. Таким образом, в данном случае вывод, полученный на основе критерия Массе (5.6), противоречит выводам, полученным на основе "традиционных" критериев.

В заключение хотелось бы вернуться еще раз к сравнительному анализу критерия эффективности инвестиционных проектов Массе (5.6) и критерия Гурвица (2.1). На практике иногда встречаются ситуации, когда инвестиционный аналитик и руководство компании не располагают достоверными данными о каком-либо параметре проекта за исключением того, что знают – этот параметр больше (меньше) некоего значения  $x_c$ . Иначе говоря, единственное, что понятно, – это то, что он может находиться в интервале от  $x_c$  до бесконечности (от минус бесконечности до  $x_c$ ). Рассматриваемый случай имеет также большое теоретическое значение. Рассмотрим пример. Пусть некая компания предлагает продавать на рынке некий уникальный программный продукт, который, в принципе, может продаваться на мировом рынке и завоевать огромную аудиторию. Достоверно известно, что этот программный продукт можно продать двум отечественным предприятиям, которые уже выразили свою заинтересованность в продукте. Сделать оценку спроса сверху не представляется возможным, таким образом, формально спрос на продукт может принимать значения от 2 единиц до  $+\infty$ . При этом получаем, что чистый дисконтированный доход (NPV) для этих двух граничных случаев будет равен

$E_{min} = -100$  тыс. долл., а  $E_{max} = +\infty$ . Параметры инвестиционных предпочтений владельца компании равны:  $\lambda = 0,3$ ;  $\theta = 0,36$ , стоимость компании составляет 100 тыс. долл. При этом получаем, что по критерию Гурвица ожидаемый эффект проекта равен:

$$E_{ex} = 0,3 * (+\infty) + (1 - 0,3) * (-100) = +\infty.$$

Этот результат сразу вызывает сомнение, поскольку ожидаемый эффект проекта бесконечен, хотя интуитивно ясно, что руководство компании с собственным капиталом в 100 тыс. долл. вряд ли будет реализовывать проект, который может привести к потере такой же суммы (хотя может дать и очень большие прибыли) или, во всяком случае, руководство вряд ли оценивает проект так высоко.

Критерий Массе в этом смысле значительно более консервативен. Ожидаемый эффект по критерию Массе равен:

$$\varepsilon = -100 - 100,0 / 0,36 *$$

$$* \ln (1 + 0,3 * (\exp [0,36 * (+\infty) / 100,0] - 1)) =$$

$$= 0,92 \text{ тыс. долл.}$$

Таким образом, по критерию Массе такой проект не просто не равен плюс бесконечности, а даже неэффективен. Это еще раз показывает неадекватность критерия Гурвица (2.1) и необходимость использовать критерий Массе для оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях интервальной неопределенности.

## ВЫВОДЫ

В работе рассмотрены вопросы построения адекватного критерия эффективности инвестиционных проектов в условиях большой неопределенности интервального типа. Получено выражение для критерия ожидаемого эффекта проекта в условиях большой неопределенности (критерии (3.9), (5.6), (5.14)). Рассмотрены пределы применимости критериев и экономический смысл параметров, определяющих эффективность проекта в случае большой неопределенности. Предложены практические методики определения этих параметров. Показано, что эффективность проекта и принятие решения об участии компании в проекте существенным образом зависит от величины собственного капитала компании. Полученный критерий эффективности проектов (5.6) не противоречит существующим критериям, а, по существу, обобщает их. Рассмотрение, проведенное в данной работе для интервальной неопределенности, может быть аналогично проведено для случая вероятностной неопределенности, а также других видов неопределенности. Критерий ожидаемого эффекта проекта, предложенный в работе, представляет собой серьезный практический инструмент и может служить основой для принятия реальных управленческих решений об инвестировании в условиях большой неопределенности.

## Литература

1. Виленский П.Л., Калошина М.Н., Лившиц В.Н., Орлова Е.Р., Смоляк С.А., Тищенко Т.И. Краткие практические указания по оценке эффективности инвестиционных проектов (Методические рекомендации) // Материалы к семинару 31 мая 2005 г. "Оценка эффективности инвестиционных проектов". Комитет по оценочной деятельности при Торгово-промышленной палате Российской Федерации (Издание официальное). – Москва, 2005 г.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, вторая редакция. Официальное издание. – М.: Экономика, 2000.
3. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика, третье издание, Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации. – М.: "ДЕЛО", 2004.
4. Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности (теория ожидаемого эффекта). – М.: Наука, 2002.
5. Волков И.М., Грачева М.В. Проектный анализ: Учебник для вузов. М.: Банки и биржи: ЮНИТИ, 1998.
6. Грачева М.В. Анализ проектных рисков. – М.: Финстатинформ, 1999.
7. Бабаскин С.Я., Волков И.М., Грачева М.В. и др. Риск-анализ инвестиционного проекта. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001
8. Волков И.М., Грачева М.В. Проектный анализ. – Москва: Инфра М, 2004
9. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов. – М.: ЗАО "Олимп-Бизнес" – Тройка, 1997.
10. Дамодоран А. Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.
11. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1997.
12. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ, 1998.
13. Массе П. Критерии и методы оптимального определения капиталовложений. – М.: Статистика, 1971.
14. Смоляк С.А. Об учете разброса эффекта при расчетах экономической эффективности в условиях неопределенности // Модели и методы стохастической оптимизации. – М.: ЦЕМИ АН СССР, 1983.
15. Грязнова А.Г., Федотова М.А. Оценка бизнеса. – М.: Финансы и статистика, 2005.

*Яценко Борис Николаевич*