Буравлев А.И.
Доктор технических наук, профессор.
Сердюков В.В.
Кандидат экономических наук.

Об оценке инвестиционных рисков в условиях экономической нестабильности

Предложены подходы к оценке инвестиционных рисков в условиях экономической нестабильности.

Введение. Финансовый кризис привел к резкому снижению инвестиционной активности промышленно-финансовых групп, инвестиционных компаний и фондов. Одной из причин является высокий уровень рисков, которые с высокой вероятностью возникают в условиях экономической нестабильности. Рискам подвержены практически все направления финансово-экономической деятельности, но особенно те сферы и отрасли экономики, которые имею достаточно длительный период окупаемости. К ним, в первую очередь, относятся промышленное производство, строительство, научно-технологическая сфера. В основе любого инвестиционного проекта лежит бизнес-план, обязательным элементом которого является оценка его экономической эффективности. В качестве показателей эффективности инвестиционных проектов (ИП) обычно принимают величину чистого дисконтированного дохода (net present value - NPV), полученного за время реализации проекта при заданном объеме начальных инвестиций, срок окупаемости проекта (pag -back - PB) и внутреннюю норму доходности (internal rate of return-IRR) [1].

В существующих методиках расчета NPV и PB обычно принимается, что доходы, поступающие от реализации проекта, являются детерминированными величинами, а инфляционные изменения учитываются коэффициентом дисконтирования. В действительности же доходность проекта может существенно изменяться под воздействием таких случайных факторов, как изменение рыночной коньюнктуры, инфляционных ожиданий, обострения конкуренции и пр.[2,3] Поэтому более обоснованным следует считать, что прогнозируемая доходность ИП является случайной величиной, а показатели его эффективности имеют вероятностный смысл.

В данной статье предлагается методика вероятностной оценки показателей эффективности (NPV, PB, IRR) и рисков инвестиционного проекта.

Постановка задачи и методика решения. Полагаем, что величина дохода, полученного при реализации ИП в момент времени t является случайной величиной X_t, зависящей от спроса и предложения продукции, которые в свою очередь определяются уровнем рыночных цен на продукцию.

Из математической экономики [3,4] известно, что при линейной зависимости трудоемкости от объема производства, полные издержки производства C представляют собой квадратичную функцию объема производства Q

$$C = AQ^2 + BQ + F,$$

где $A > 0, B > 0, F > 0$ - параметры, характеризующие различные виды производственных затрат.

Доход, получаемый от реализации продукции по рыночной цене p, составляет $X = pQ$, а прибыль предприятия равна

$$W = X - C = pQ - AQ^2 - BQ - F.$$

В условиях рыночной экономики каждое предприятие стремится получить максимум прибыли. Из условия $\frac{dW}{dQ} = 0$ получаем оптимальный объем производства, обеспечивающий максимальную прибыль товаропроизводителю при полной реализации продукции по рыночной цене p

$$Q^*(p) = ap - b, \qquad (1)$$

где $a = \frac{1}{2A}$; $b = \frac{B}{2A}$ - относительные параметры переменных и постоянных производственных затрат.

[1] При поддержке гранта РФФИ 06-09-13510-офи-ц

Выражение (1) определяет оптимальную функцию предложения товара в заданной рыночной ситуации. Далее надстрочный индекс (*) мы опускаем, поскольку других функций предложения здесь рассматривать не будем.

Планирование производства продукции на будущий период осуществляется в зависимости от ожидаемого спроса на нее. Поэтому при разработке бизнес-плана ИП значительное внимание уделяется маркетинговым исследованиям спроса на продукции. Результатом этих исследований является определение функции спроса на продукцию $S(p)$ в зависимости от уровня рыночных цен. Наиболее часто используется линейная функция спроса

$$S(p) = -cp + s,$$

где $c > 0$; $s > 0$ - параметры, характеризующие потенциальные потребности потребителей продукции.

В условиях экономической нестабильности изменяются цены на сырье, электроэнергию, топливо и др. производственные факторы, что приводит к изменению параметров функции предложения. Одновременно изменяются рыночные цены на продукцию, доходы потребителей, что приводит также к изменению параметров спроса.

Динамику изменения спроса и предложения принято описывать дискретными уравнениями [4]

$$Q_t = ap_{t-1} - b_t;$$
$$S_t = -c_t p_t + s$$

с переменными коэффициентами, где предложение формируется на основе рыночных цен предыдущего периода. Коэффициенты $b_t, \tilde{n}_t$ здесь рассматриваются как переменные, так как именно они в наибольшей степени подвержены действию рыночной коньюнктуры и инфляции.

Из равенства спроса и предложения получается известное уравнение динамики рыночных цен

$$p_t = -\alpha_t p_{t-1} + \beta_t, \qquad (2)$$

где $\alpha_t = \dfrac{a}{c_t}$; $\beta_t = \dfrac{b_t + s}{c_t}$.

Сходимость к равновесной цене p_∞ зависит от значения параметра α_t. При $\alpha_t < 1$ процесс (2) сходится к равновесному значению рыночной цены; при $\alpha_t = 1$ - процесс носит колебательный характер с постоянной амплитудой; при $\alpha_t > 1$ - процесс расходится.

При нестабильной экономике обеспечить безусловное выполнение неравенства $\alpha_t < 1$, практически невозможно. Это связано с действием целого ряда непредсказуемых факторов (инфляция, рыночная конкуренция, наличие теневой экономики и пр.). Одним из таких значимых факторов является инфляция. Инфляция приводит к падению реальных доходов населения и спроса на большинство потребительских товаров. Инфляция ведет к росту цен на сырье, материалы, топливо и электроэнергию, что приводит к росту себестоимости продукции. Найти точную зависимость влияния инфляции на параметры производства a, b и спроса c представляет собой чрезвычайно сложную задачу. Поэтому в рамках данной статьи мы ограничимся тем, что введем зависимость параметров c_t, b_t от уровня инфляции

$$c_t = \frac{c}{(1+E)^{\xi_t}}; \quad b_t = \frac{b}{(1+E)^{\xi_t}},$$

где c, b - расчетные значения параметров; E - величина инфляции; ξ_t - дискретная случайная величина, принимающая значение $\xi_t = 1$ с вероятностью q и $\xi_t = -1$ вероятностью $1-q$. Случайная величина ξ_t является индикатором действия инфляции на параметры производства и спроса. Оценка вероятности q появление того или иного значения индикатора производится в рамках маркетингового исследования. В условиях неопределенности значение вероятности принимается $q = 0,5$.

В результате получаем следующие зависимости параметров уравнения динамики цен

$$\alpha_t = \alpha\left(1+E\right)^{\xi_t}; \quad \beta_t = \frac{b_t + s}{c_t} = \frac{b}{c} + s\left(1+E\right)^{\xi_t}.$$

где $\alpha = \dfrac{a}{c}$ - расчетное значение коэффициента.

Поскольку сходимость процесса (2) к равновесной цене зависит, главным образом, от параметра α_t, а параметр s не зависит от уровня цены, то для упрощения задачи принимаем коэффициент β_t постоянным.

На рисунке 1 представлены графики динамики изменения рыночной цены на продукцию для характеристик спроса и предложения $s = 250$; $c = 10$; $A = 0,1$; $B = 0,5$; $F = 20$. Значения параметров ценообразования при этом составляют $\alpha = 0,5$; $\beta = 25,3$. Графики отражают изменение рыночной при отсутствии инфляции ($q = 0$) и уровнях инфляции $E = 0,1; 0,2$ с вероятностью ее воздействия на рыночную цену $q = 0,5$.

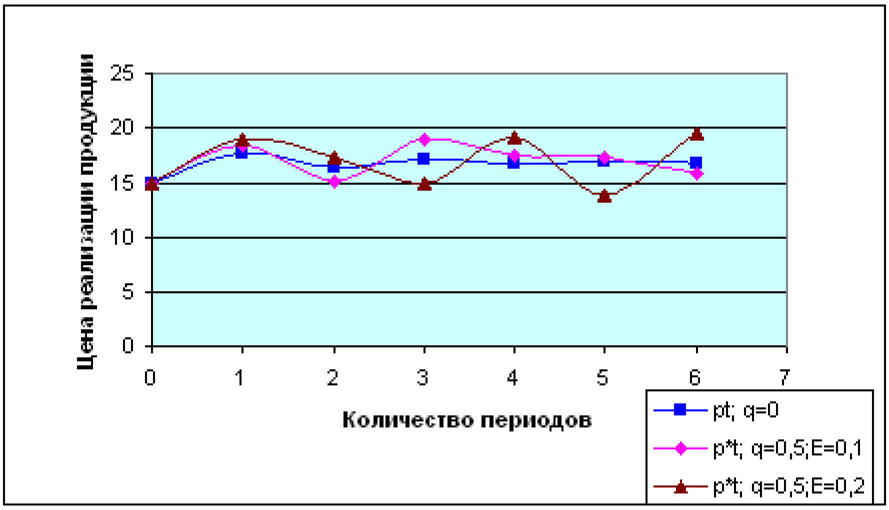

Рисунок 1 – Динамика изменения цены на продукцию

Как видно из этих графиков, наличие инфляции при определенных условиях может привести к «раскачиванию» рыночных цен.

На рисунке 2 показаны графики зависимости прогнозируемого индекса доходов предприятия при реализации проекта для уровней инфляции $E = 0,1; 0,2$.

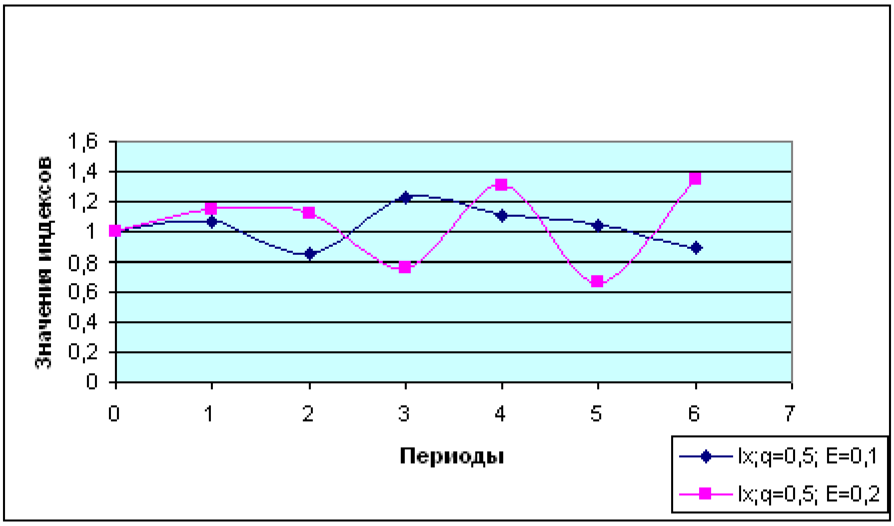

Рисунок 2 – Динамика изменения индексов прогнозируемой доходности предприятия

Из данного рисунка видно, что рост инфляции приводит к большей нестабильности работы предприятия.

Уровень инфляции E, в общем случае, является случайной величиной, также зависящей от времени, т.е. случайным процессом. В данной задаче будем полагать этот процесс гауссовским стационарным процессом с независимыми приращениями, для которого известно среднее значение

$M[E_t]=\overline{E}$ и ковариационная функция $K[E_k E_l]=\sigma_E^2\delta_{kl}$ с дисперсией σ_E^2, где $\delta_{kl}=\begin{cases}1, & k=l\\ 0, & k\neq l\end{cases}$ - символ Кронекера. Это допущение обеспечивает наибольшую неопределенность для прогнозирования влияния уровня инфляции на динамику цен.

С учетом введенных определений и принятых допущений оценим величину суммарного дохода, который может быть получен при реализации инвестиционного проекта.

Для каждого момента времени t мы прогнозируем получение дохода $X_t=p_tQ_t$. За время реализации T чистый дисконтированный доход (NPV) составит

$$Y(T)=-I_0+\sum_{t=1}^{T}D_tX_t, \qquad (3)$$

где I_0 - начальные инвестиции; $D_t=\dfrac{1}{(1+E)^t}$ - дисконт- фактор, зависящий от уровня инфляции.

На рисунке 3 показаны возможные реализации NPV при принятых выше исходных данных в зависимости от уровня инфляции и величины учетной ставки (дисконте).

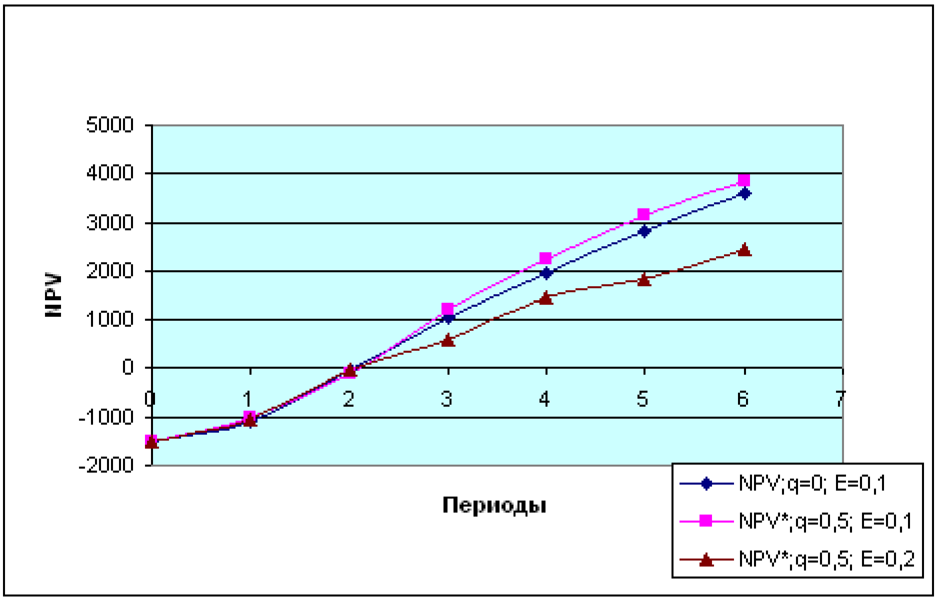

Рисунок 3 – Динамика NPV с учетом инфляции

Из рисунка 3 видно, что при уровне инфляции $E=0{,}1$ и соответствующем дисконте, влияние инфляции может положительный результат, так как несколько повышает величину NPV. Однако при уровне $E=0{,}2$ действие инфляции является уже отрицательным, поскольку в 1,5 раза снижает NPV. Данный пример подтверждает известное теоретическое положение о неоднозначности влияния инфляции на предпринимательскую деятельность.

С учетом принятых выше допущений относительно характера случайных величин ξ_t, E_t можно найти математическое ожидание $\overline{Y}(T)$ и дисперсию $\sigma_Y^2(T)$ NPV, используя метод линеаризации нелинейной функции NPV от случайных переменных E,ξ [5]:

$$\overline{Y}(T)=-I_0+M\left[Y(T)\right]= \\ =-I_0+\sum_{t=1}^{T}M\left[Y_t\right]=-I_0+\sum_{t=1}^{T}\overline{Y}_t \qquad (4)$$

$$\sigma_Y^2\simeq\sigma_I^2\left(\frac{\partial Y(T)}{\partial E}\right)^2_{E=\overline{E};\ \xi=\overline{\xi}}+ \\ +\sigma_\xi^2\left(\frac{\partial Y(T)}{\partial \xi}\right)^2_{E=\overline{E};\ \xi=\overline{\xi}} \qquad (5)$$

где $\overline{Y}_t\simeq\overline{D}_t\overline{X}_t$; $\overline{D}_t=M\left[D_t\right]\simeq\dfrac{1}{\left(1+\overline{E}\right)^t}$;

$\overline{X}_t=M\left[X_t\right]\simeq\overline{p}_t\cdot\overline{Q}_t$;

$$\left(\frac{\partial Y(T)}{\partial E}\right)_{E=\overline{E};\ \xi=\overline{\xi}} = -\sum_{t=1}^{T}\alpha\overline{E}\cdot\left(1+\overline{E}\right)^{2q-1}\frac{p_{t-1}}{p_t}\cdot\overline{Y}_t;$$

$$\left(\frac{\partial Y(T)}{\partial \xi}\right)_{E=\overline{E};\ \xi=\overline{\xi}} = -\sum_{t=1}^{T}\left[\frac{t}{1+\overline{E}}+\alpha(2q-1)\left(1+\overline{E}\right)^{2q}\frac{p_{t-1}}{p_t}\right]\cdot\overline{Y}_t$$

- частные производные $Y(T)$ по независимым переменным I,ξ, вычисленные при их средних значениях; $\overline{\xi}=M[\xi]=2q-1$; $\overline{E}=M[E]$.

Величина NPV, как суперпозиция случайных величин X_t с ограниченными весовыми коэффициентами D_t, имеет приближенно нормальное распределение с математическим ожиданием $\overline{Y}(T)$ и дисперсией $\sigma_Y^2(T)$ [5].

Зная эти параметры, можно найти оценку для вероятности получения NPV в заданных пределах $[\overline{Y}-\varepsilon,\ \overline{Y}+\varepsilon]$:

$$P\left(\left|Y-\overline{Y}\right|<\varepsilon\right)\simeq 2\hat{O}_0\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_Y}\right),$$

где $\hat{O}_0(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}}dt$ - табличный интеграл вероятностей.

Полагая $2\hat{O}_0\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_Y}\right)=d$, где d - заданная доверительная вероятность, находим требуемую величину доверительного интервала ε_d, в котором будет находиться NPV в ходе реализации проекта

$$\varepsilon_d=k_d\sigma_Y,$$

где $k_d=\hat{O}_0^{-1}\left(\frac{d}{2}\right)$-квантиль нормального распределения с уровнем доверия d.

На рисунке 4 показан доверительный интервал для NPV, рассчитанный для среднего уровня инфляции $\overline{E}=0,1$, СКО $\sigma_E=0,02$; $\sigma_\xi=1,0$ и доверительной вероятности $d=0,9$.

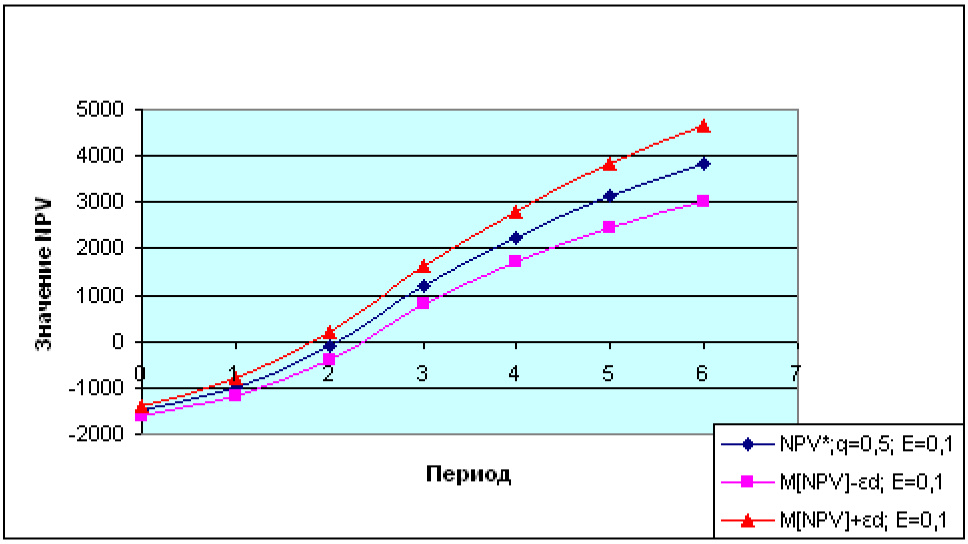

Рисунок 4 – Доверительный интервад для NPV

В процессе бизнес планирования важно уметь определять возможные риски ИП. Такими рисками являются маркетинговый, финансовый и коммерческий риск проекта.

Маркетинговый риск состоит в том, что продукция, произведенная в рамках проекта, не будет пользоваться спросом. Это равносильно тому, что рыночная цена продаж не будет иметь равновесного значения. Данная ситуация, как мы знаем, возникает в случае, если

$$\alpha_t=\alpha\left(1+E\right)^{\xi_t}>1,$$

Найдем вероятность возникновения данного события на одном периоде процесса относительно среднего значения параметра действия инфляции $\xi_t=2q-1$

$$R_t = P\left(\alpha(1+E)^{2q-1} > 1\right) \simeq$$
$$\simeq P\left(E < \frac{-\ln\alpha}{2q-1}\right) = \qquad (6)$$
$$= \left[0,5 - \Phi_0\left(\frac{-\ln\alpha}{(2q-1)\sigma_E}\right)\right].$$

Вероятность того, что данное событие осуществится на всех T периодах процесса, характеризует возникновение маркетингового риска проекта

$$R_M = \prod_{t=1}^{T} R_t \qquad (7)$$

Заметим, что при $q = 0,5$ вероятность маркетингового риска равна нулю, что объясняется симметричным влиянием инфляции на процесс изменения цен. На рисунке 5 показана зависимость маркетингового риска R_t от значений параметров α при $q = 1$; $\sigma_E = 0,1$.

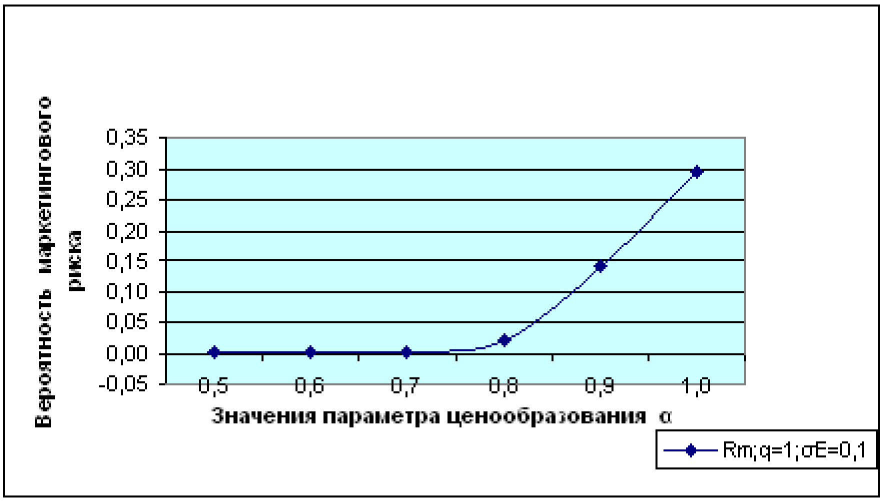

Рисунок 5 – Зависимость вероятности возникновения маркетингового риска от параметра ценообразования

Финансовый риск для инвестора проекта определяется тем, что время возврата инвестиций (кредитов, ссуд, займов) может превысить некоторую установленную границу. Время окупаемости проекта (PB) является случайной величиной θ, которая определяется следующим равенством

$$\theta = \arg\left(Y(T) = 0\right).$$

При этом среднее время окупаемости проекта τ будет равно

$$\tau = M[\theta] \simeq \arg\left(\overline{Y}(T) = 0\right) \qquad (8)$$

Для определения нижней τ_i и верхней $\tau_{\hat{a}}$ границ доверительного интервала PB, согласованного с доверительным интервалом для NPV, достаточно найти корни следующих уравнений

$$\tau_i = \arg\left(\overline{Y}(t) + k_d\sigma_Y(t) = 0\right);$$
$$\tau_{\hat{a}} = \arg\left(\overline{Y}(t) - k_d\sigma_Y(t) = 0\right).$$

В этом случае вероятность R_F того, что время окупаемости проекта превысит верхнюю границу $\tau_{\hat{a}}$, будет равна

$$R_F = P\left(\theta > \tau_{\hat{a}}\right) = P\left(Y(\tau) < \overline{Y} - \varepsilon_d\right) = \frac{1-d}{2} \qquad (9)$$

В рассматриваемом примере доверительная вероятность, для которой проведены расчеты NPV составляет $d = 0,9$. Поэтому вероятность возникновения финансового риска не превышают 5%.Если установленный срок окупаемости отличается от $\tau_{\hat{a}}$, то вероятность финансового риска рассчитывается по формуле

$$R_F = P\left(\theta > \hat{\tau}\right) = P\left(Y(\tau) < \overline{Y}(\hat{\tau})\right) =$$
$$= 0,5 + \Phi_0\left(\frac{\overline{Y}(\hat{\tau}) - \overline{Y}(\tau)}{\sigma_Y(\tau)}\right) \qquad (10)$$

Коммерческий риск проекта состоит в том, что к моменту его завершения $t = T$ доходность проекта внутренняя будет ниже расчетной величины $\overline{Y} - \varepsilon_d$

Вероятность этого события составляет

$$R_Y = P\left(Y(T) < \overline{Y} - \varepsilon_d\right) = \frac{1-d}{2} \qquad (11)$$

Дополнительно целесообразно определить максимальную внутреннюю норму доходности (IRR) R проекта для верхней и нижней доверительной границы NPV. Приближенные оценки этого показателя можно найти по формулам:

$$R_н \simeq PI_н^{\frac{1}{T-\tau}} - 1; R_в \simeq PI_в^{\frac{1}{T-\tau}} - 1, \qquad (12)$$

где $PI_i = \frac{\overline{Y}(T) - \varepsilon_d}{I}$; $PI_{\hat{a}} = \frac{\overline{Y}(T) + \varepsilon_d}{I}$ – максимальный и минимальный индексы доходности проекта; I - суммарные инвестиции проекта; τ - средний период инвестирования проекта. Если максимальная внутренняя норма доходности $IRR_{\max}$ окажется ниже чем, например, процентная ставка r коммерческих банков или ставка рефинансирования Центрального банка, то с вероятностью $1-\frac{d}{2}$ данный ИП будет коммерчески не выгоден. Наоборот, если $R_i > r$, то с вероятностью $1-\frac{d}{2}$ проект будет коммерчески выгоден.

Для значений NPV приведенных на рисунке 4, где среднее время окупаемости проекта составляет $\tau \simeq 2$ минимальное, среднее и максимальное значение составляет:

$$R_i = 0{,}047; \ \overline{R} = 0{,}112; \ R_{\hat{a}} = 0{,}168.$$

Относительно ставки рефинасирования Центрального банка $r = 9\%$ данный инвестиционный проект с вероятностью более чем 0,5 коммерчески оправдан. Более точно эту вероятность можно определить, приравняв $R = 0{,}09$ и определив из (12) требуемое значение NPV для данной нормы

$$Y_{0,09}(T) = I\left(1+R\right)^{T-\tau} = 3529.$$

Далее по формуле (10) при $\overline{Y}(T) = 3827$, $\sigma_Y = 497{,}2$ находим вероятность коммерческого риска

$$R_K = P\left(Y(T) < 3529\right) = 0{,}246.$$

Таким образом, с вероятностью 0,75 ИП может быть коммерчески выгодным.

Зная вероятности неблагоприятных исходов, можно количественно оценить величину маркетингового, коммерческого и финансового рисков данного инвестиционного проекта.

Заключение. Предложенный подход к оценке рисков инвестиционного проекта на основе вероятностной оценки показателей его эффективности (NPV, PB, IRR) позволяет более точно осуществлять бизнес-планирование в условиях экономической нестабильности.

Список использованных источников:

1. Станиславчик Е.Н. Бизнес-план: Финансовый анализ инвестиционного проекта М.: «Ось-89», 2000.
2. Клейнер Г.Б., Тамбовцев В.Л., Качалов Р.М. Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность.- М.: Экономика, 1997.
3. Моделирование рисковых ситуаций в экономике и бизнесе./ Под ред. Б.А. Лагоши. - М.: Финансы и статистика, 2001.
4. Лебедев В.В., Лебедев К.В. математическое и компьютерное моделирование экономики. - М.: НВТ-Дизайн, 2002.
5. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Наука, 1979.