

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИНВЕСТИЦИЙ

Царьков В.А., к.т.н., начальник Аналитического
управления

КБ «БФГ-Кредит»

1. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ И КОЭФФИЦИЕНТА ПРИВЕДЕНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ

С переходом России к рыночной экономике заново возник вопрос оценки экономической эффективности инвестиций. Первое, что было сделано – это ознакомление с практикой западных экономистов и выпуск публикации (брошюр, учебных пособия) с изложением зарубежных критериев и методов расчета эффективности инвестиционных проектов. Нарботки ученых советского времени были отложены в сторону или попросту как бы забыты. Изменилась и терминология. Вошли в обиход такие термины, как текущая (современная) стоимость (present value – PV), будущая стоимость (future value – FV), чистая современная стоимость, (net present value – NPV) внутренняя норма доходности (internal rate of return – IRR), индекс рентабельности или индекс доходности (benefit – cost ratio, profitability index – PI) [1,2,3] и т. д.

Все указанные термины связаны с использованием в финансовых расчетах приведения (дисконтирования) капитальных вложений и единовременных затрат K_t , произведенных в момент времени t , к эквивалентной величине капитала K_{t_p} в расчетном году t_p . Приведение выполняется путем умножения K_t на дисконтный множитель (коэффициент дисконтирования) $\lambda(t) = (1+r)^{-(t_p-t)}$, где r – ставка дисконта или иначе коэффициент приведения:

$$K_{t_p} = K_t \lambda(t) = K_t (1+r)^{-(t_p-t)}. \quad (1)$$

Эта формула сложных процентов с возвращением в наше общество рыночных отношений овладела умами миллионов бизнесменов, банкиров, рыночных торговцев, рядовых граждан и пенсионеров. Куда вложить свои сбережения? Каков будет их рост при вложении в акции или в тот или иной банк? Эти вопросы побудили в кратчайшие сроки миллионы граждан России обучиться элементарным основам воспроизводства денежного капитала.

Использованию формулы сложных процентов большое внимание уделено и в среде ученых-экономистов. Начиная с 20-х годов нашего века, сотни статей в научной литературе посвящены выяснению экономической природы ставки дисконта r , ее взаимосвязи с коэффициентом эффективности капитальных вложений E .

В советское время эта формула рекомендована для определения влияния временного фактора в расчетах экономической эффективности создания и внедрения новой техники [1]. До сих пор еще существуют разногласия среди экономистов в трактовке понятий ставки дисконтирования r (или в ином обозначении - коэф-

фициента приведения E_n) и нормативного коэффициента эффективности E_n .

Одни авторы обращают внимание на различие в размерности этих величин и доказывают неравенство их по абсолютному значению [2, 3].

Другие склоняются к выводу о единой природе этих коэффициентов и равенстве их по величине и размерности [1, 4].

Учитывая, что этот вопрос в экономической научной среде еще остается дискуссионным, рассмотрим его на основе динамической модели процесса расширенного воспроизводства капитала в экономике.

По нашему мнению, в научной литературе не пытались объяснить отсутствие согласования размерности в уравнении сложных процентов. При применении формулы (1) в финансовых расчетах величина в скобках получается в результате сложения безразмерной единицы со ставкой дисконта r (interest rate), имеющей размерность процента годовых.

Указывая, что в формуле сложных процентов показатель степени измеряется в единицах времени, авторы не объясняли, почему размерность времени может не приниматься во внимание в расчетах с дисконтированием.

Уравнения, полученные из экономической модели расширенного воспроизводства капитала, позволяют ответить на этот вопрос [5,6,7].

Возрастание капитала $K_t(t)$ в экономических системах расширенного воспроизводства с непрерывными потоками финансовых ресурсов после подачи в момент времени t_0 начальной величины K_0 происходит в соответствии с уравнением

$$K_t(t) = K_0 \lambda(t). \quad (2)$$

Дисконтный множитель $\lambda(t)$ представляет экспоненциальную функцию в показатель которой входит рентабельность производственных затрат p , доля капитализируемой прибыли β_n , время t и время оборота капитала в системе $\tau_{об}$:

$$\lambda(t) = e^{\frac{\beta_n p (t-t_0)}{\tau_{об}}}. \quad (3)$$

В момент времени $t = t_0$, как следует из (3), $\lambda(0) = 1$, а капитал $K_t(0) = K_0$.

Представим функцию $\lambda(t)$ с разделением показателя степени на две части

$$\lambda(t) = (e^{\beta_n p})^{\frac{t-t_0}{\tau_{об}}}. \quad (4)$$

Выражение $(e^{\beta_n p})$ разложим в ряд Маклорена и, оставив только первые два члена, получим:

$$\lambda(t) = (1 + \beta_n p)^{\frac{t-t_0}{\tau_{об}}}. \quad (5)$$

По существу второе слагаемое в (5) есть ставка дисконта r :

$$r = \beta_n p. \quad (6)$$

Воспользовавшись (6) получим уравнение, аналогичное (1), но с безразмерной величиной в показателе степени:

$$\lambda(t) = (1 + \beta_n p)^{\frac{t-t_0}{\tau_{об}}}. \quad (7)$$

Таким образом, в экономической системе расширенного воспроизводства капитал наращивается по формуле, аналогичной (1). Однако, отличие полученной формулы от обычной формулы сложных процентов заключается в присутствии в показателе степени времени оборачиваемости капитала $\tau_{об}$, что делает показатель степени безразмерной величиной. При этом ставка дисконта r и показатель степени приобрели четкий экономический смысл с позиции экономической системы расширенного воспроизводства капитала.

Время в показателе степени может принимать любые непрерывно изменяющиеся значения. Ограничением является только необходимость измерения временного интервала в тех же единицах измерения, что и время оборота капитала.

Ставка дисконта, как следует из (6) также является безразмерной величиной. Действительно, величины β_n и p не имеет размерности. Таким образом, в (7) выражение в скобках также является безразмерной величиной.

Ставка дисконта r может быть вычислена через коэффициент эффективности использования капитала E , если воспользоваться соотношением $E = p / \tau_{об}$. После замены p в (7.5) с учетом этого равенства получим:

$$\lambda(t) = (1 + \beta_n E \tau_{об})^{(t-t_0)/\tau_{об}}; \quad (8)$$

$$r = \beta_n E \tau_{об} = \beta_n p. \quad (9)$$

Коэффициент $\lambda(t)$ может оцениваться с различных позиций. С одной стороны он характеризует крутизну возрастания капитала в процессе расширенного воспроизводства, т.е. траекторию роста капитала и соответствующий рост масштабов экономики. С другой стороны коэффициент $\lambda(t)$ свидетельствует о темпе падения относительной ценности ресурсов. Например, в 1970 г. автомобиль Жигули можно было купить за \$1 000–1 500. Спустя 40 лет в 2000 г. цена автомобиля Жигули аналогичной марки составляла \$3,500–5 000.

Как видим из (5), траектория роста капитала в экономической системе зависит от трех факторов: доли капитализируемой прибыли β_n , коэффициента эффективности использования капитала в системе и времени оборачиваемости $\tau_{об}$ капитала.

Максимальная крутизна траектории роста капитала обеспечивается при $\beta_n = 1$. Ставка дисконта при этом условии будет равна $r = E \tau_{об}$. Теперь, приняв $\tau_{об} = 1$ году, мы получим формулу дисконтирования, полностью совпадающую с формулой сложных процентов, применяемую для сопоставления произвольных потоков платежей в инвестиционных проектах.

Камнем преткновения в экономической теории являлась проблема взаимосвязи ставки дисконта (коэффициента приведения) с коэффициентом эффективности капитальных вложений.

Зарубежные экономисты пошли по сугубо прагматическому пути. Поскольку заемные средства дают рост капитала в размере процентной ставки, то ставку дисконтирования недолго думая, ей и приравняли.

Однако, экономический смысл r и E принципиально разный и, ни в коем случае, нельзя считать верным равенство $r = E$. Правильным будет следующее равенство $r = E * 1год$. Ставка дисконта при выполне-

нии условия $\tau_{об} = 1год$, становится равной коэффициенту эффективности использования капитала только по абсолютной величине.

В общем случае коэффициенты r и E , как видим, отличаются как по размерности, так и по величине. Различие r и E по величине и размерности вытекает из различия в экономической сущности этих параметров. Так, нетрудно убедиться в справедливости уравнения:

$$r = [K(t + \tau_{об}) - K(t)] / K(t). \quad (10)$$

Таким образом, r — это безразмерная величина, показывающая относительный прирост ресурсов, в частности, капитала за период времени оборачиваемости в условиях расширенного воспроизводства. Параметр E , как уже отмечалось, это размерная величина, равная отношению потока прибыли к текущей величине капитала.

Экономическое содержание формулы приведения затрат к расчетному году определяется механизмом процесса расширенного воспроизводства и связано с ростом масштабов производства. При отсутствии условий для расширенного воспроизводства, т.е. при $\beta_n = 0$, будем иметь $r = 0$. Тот же результат получим и при $E = 0$, т.е. для нерентабельного производства, когда прибыль отсутствует.

2. НОРМАТИВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

В экономической практике широко используются нормативные значения экономических показателей. Особое значение придается определению нормативных значений для коэффициента эффективности капитальных вложений, а также коэффициента приведения (ставки дисконта) разновременных затрат к расчетному году. При этом на протяжении многих десятилетий дискутируется вопрос о соотношении и связи нормативных величин коэффициента эффективности и коэффициента приведения.

Обозначим нормативную величину E через E_n , а нормативную величину r через r_n . Очевидно, выбор значений E_n и r_n не может быть сделан произвольно, т.к. E и r связаны определенным соотношением.

Зачем в принципе нужны нормативные значения r_n и E_n ? Очевидно, задав эти величины, можно получить нормативную траекторию роста капитала, которая будет служить эталоном, то есть мерилем измерения динамики роста. В результате вполне правомерно поставить вопрос о сравнении траектории роста капитала с некоторой траекторией, имеющей нормативную величину E_n .

Очевидно, целесообразно стремиться обеспечить траекторию роста конструируемой экономической системы в некотором смысле более лучшую, чем некоторая нормативная траектория с заданной величиной E_n .

Однако, как следует из (3), для определения нормативной траектории определение нормативного значения E_n недостаточно. Необходимо дополнительно задаться величиной от доли прибыли β_n , направляемой на накопление.

Если заранее взять $\beta_n = 1$, то тогда нормативное значение E_n однозначно будет связано с некоторой единственной траекторией экономического роста.

$$\lambda(t) = K_t(t) / K_0 = e^{E_n(t-t_0)} \tag{11}$$

Если же воспользоваться уравнением (8) то получим:

$$\lambda(t) = K_t(t) / K_0 = (1 + E_n \tau_{об})^{(t-t_0)/\tau_{об}} \tag{12}$$

Таким образом, взяв за норму $E = E_n$, мы получаем множество траектории роста по формуле сложных процентов, отличающихся временем оборачиваемости $\tau_{об}$. При $\tau_{об} \rightarrow 0$ функция (12) стремится в пределе к экспоненциальной функции (3).

На начальном временном участке функция (11) может (в первом приближении) вычислена по формуле простых процентов:

$$\lambda(t) = K_t(t) / K_0 = 1 + E_n(t - t_0) \tag{13}$$

Ее также в принципе можно использовать в качестве нормативной траектории однозначно, определяемой коэффициентом эффективности капитальных затрат.

На рис. 1 представлены графики относительного роста капитала $\lambda(t)$ при $E_n = 15\%/год$ по экспоненте в соответствии (11), по формуле сложных процентов (12) при $\tau_{об} = 0,5года$, $\tau_{об} = 1год$, $\tau_{об} = 4года$ и по формуле простых процентов (13).

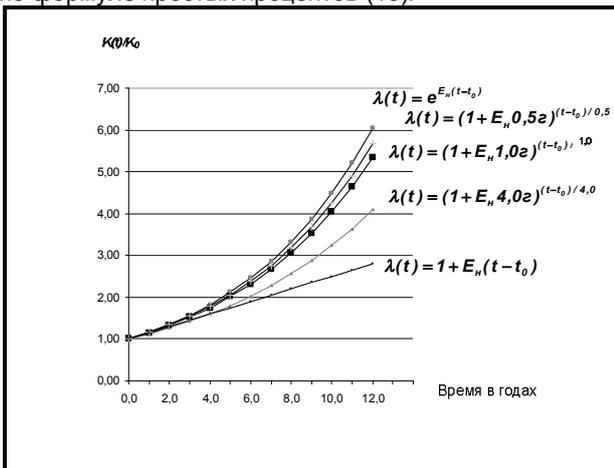


Рис. 1 Траектории нормативного роста капитала

Каждая из пяти траекторий может претендовать на роль эталона для сравнительной оценки динамики роста экономических систем. Но только две из них однозначно определены одним параметром E . Это – траектория, возрастающая по экспоненте в соответствии (11), и траектория пропорционального (линейного) роста в соответствии с формулой (13).

Тем не менее, в экономической практике в основном используется формула сложных процентов при фиксированной величине времени оборачиваемости $\tau_{об} = 1[год]$. В этом случае выбор нормативной величины характеризует траекторию роста с коэффициентом $\lambda(t)$, равным:

$$\lambda(t) = (1 + E_n)^{(t-t_0)}, \tag{14}$$

где в показателе степени и в ставке дисконта должна присутствовать $\tau_{об} = 1[год]$, но для простоты может не приводиться, т.к. не влияет на количественный результат.

Именно этот коэффициент и применяется, как правило, в качестве коэффициента дисконтирования, т.е. приведения разновременных затрат и капложений к расчетному году. Коэффициент дисконтирования, как видим, учитывает динамику изменения масштабов производства с заданной, нормативной траекторией роста, определяемой значением коэффициента E_n при условии $\tau_{об} = 1[год]$.

Таким образом, в качестве эталона при измерении динамики роста капитала в экономике возможны три вида траектории роста, которые однозначно связаны с величиной эффективности E_n . Для краткости назовем траекторию, определяемую (11), экспоненциальной, траекторию определяемую (14), процентной и траекторию, определяемую (13), линейной.

Допустим, развитие систем происходит в соответствии с одной из траектории нормативного роста с фиксированным значением эффективности E_n . Сравним время (период) $T = t - t_0$ за которое текущая величина капитала K_t достигнет величины $2K_0$. Этот период, называемый периодом удвоения несложно вычислить из уравнений (11), (12), (13):

$$T_e = \ln 2 / E_n; \tag{15}$$

$$T_n = \ln 2 / (1 + E_n); \tag{16}$$

$$T_l = 1 / E_n. \tag{17}$$

Как следует из (17), период удвоения T_n в линейной траектории совпадает с периодом окупаемости вложенный капитала в системе простого воспроизводства капитала. Речь идет именно о совпадении.

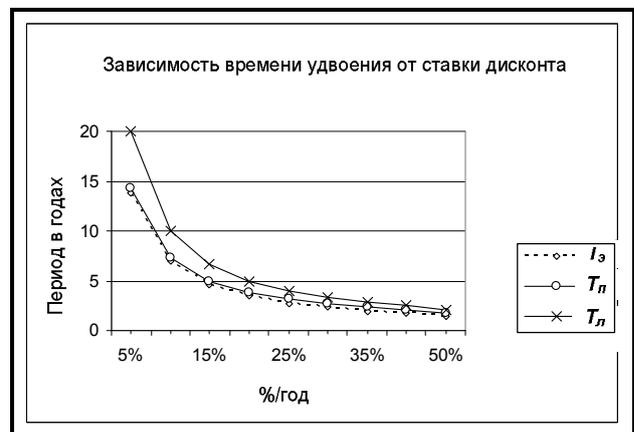


Рис. 2 Зависимость времени удвоения капитала от ставки дисконта в нормативных траекториях роста

Действительно, если просуммировать в такой системе прибыль $Y_n = E_n K_0$ за период T_n , то получим $Y = E_n K_0 T_n$, откуда приравняв $Y = K_0$, получим $T_n = 1 / E_n$. Таким образом, сложив накопленную прибыль Y с начальным капиталом K_0 , мы получим уд-

воение. Но это удвоение имеет другую экономическую природу, так как не изменяет величину капитала самой системы простого воспроизводства капитала.

На рис. 2 представлены графики зависимости времени удвоения от величины ставки дисконта E_n . Графики для экспоненциального и процентного роста почти совпадают. Время удвоения в линейной траектории существенно выше по сравнению с другими двумя траекториями (см. рис. 2).

Траектории роста в соответствии с уравнениями (15) и (16) описывают самовозрастание капитала с капитализацией прибыли внутри системы. Время удвоения в такой системе существенно меньше, чем время окупаемости в системе простого воспроизводства.

Отметим, что возможны другие эталоны роста, например, основанные на применении нормы рентабельности p_n . Так, уравнения (11), (14), (13) можно записать в виде

$$\lambda(t) = e^{p_n(t-t_0)/\tau_{об}}; \quad (18)$$

$$\lambda(t) = (1+p_n)^{(t-t_0)/\tau_{об}}; \quad (19)$$

$$\lambda(t) = 1 + p_n(t-t_0)/\tau_{об}. \quad (20)$$

Если во всех трех уравнениях траектории роста принять $\tau_{об} = 1год$, то получим однозначное соответствие траектории величине p_n . Возможные преимущества и недостатки применения нормативной величины рентабельности p_n в качестве основной характеристики нормативного роста капитала требуют специальных исследований.

3. ВЫБОР НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Выбор нормативных значений коэффициента приведения или другими словами ставки дисконта r_n и коэффициента эффективности E_n в советское время был объектом непрекращающихся исследований экономистов.

Проблема выбора нормативных значений неоднозначна. Одним из проблемных вопросов является определение нормативной эффективности экономических подразделений различного уровня: на уровне предприятия, отрасли, национального хозяйства.

При определении нормативной эффективности экономических подразделений различного уровня возможны два подхода. Первый подход заключается в установлении единого для экономических объектов всех уровней нормативного коэффициента эффективности. В качестве E_n можно взять среднюю величину эффективности народного хозяйства, подсчитанную за ряд последних лет. Каждое хозяйственное экономическое подразделение, независимо от его абсолютных размеров, должно иметь показатель $E > E_n$.

Второй подход заключается в установлении системы нормативных значений; по народному хозяйству в целом, отраслям, подотраслям и предприятиям.

В этом случае необходимо соблюдать принцип последовательного ограничения нижнего предела эффективности экономических подразделений более низкого ранга. Очевидно, нормативная эффективность для отрасли должна быть больше нормативной эф-

фективности по народному хозяйству, величина для подотрасли должна быть больше величины отраслевого норматива и т.д. Такой подход более жестко ориентирует все экономические подразделения на интенсификацию производства.

Исходя из нормативной величины эффективности, для каждого предприятия могут устанавливаться дифференцированные нормы рентабельности. На предприятиях с коротким производственным технологическим циклом допустима меньшая величина рентабельности. Для предприятий с большим периодом производственно-технологического цикла необходимо устанавливать повышенные нормы рентабельности продукции.

На основе E_n можно учесть производственно-технологическую специфику продукции при установлении цены. Очевидно, для продукции, имеющей большой период производственно-технологического цикла, нормативная рентабельность при определении цены должна быть выше, чем для продукции с коротким циклом.

Величины нормативной величины рентабельности p_n экономического подразделения можно определить по формуле:

$$p_n = E_n(\tau_{об})_{cp}, \quad (21)$$

где $(\tau_{об})_{cp}$ — средняя продолжительность оборачиваемости производственных фондов, определяемая за ряд последних лет.

Нормативные величины r_n и E_n на народнохозяйственном уровне можно определить из средних за ряд лет значений показателей инвестиций, направляемой на накопление $(\beta_n)_{cp}$, рентабельности $p_{нх}$ и времени оборачиваемости $(\tau_{об})_{нх}$, характеризующих среднестатистическую траекторию роста.

Эту среднестатистическую кривую роста народного хозяйства можно использовать в качестве нормативной траектории роста. Тогда можно приравнять

$$r_n = p_{нх}(\beta_n)_{cp} \cdot (\tau_{об})_{нх}. \quad (22)$$

Нормативный коэффициент эффективности можно определить по формуле:

$$E_{нх} = p_{нх} / (\tau_{об})_{нх}; \quad (23)$$

Нормативное значение r_n определяется из уравнения:

$$r_n = (\beta_n)_{cp} E_{нх} (\tau_{об})_{нх}; \quad (24)$$

Поскольку для приведения к расчетному году принято $(\tau_{об})_{нх} = 1год$ можно записать

$$r_n = (\beta_n)_{cp} E_{нх}. \quad (25)$$

Доля капитализируемой прибыли $(\beta_n)_{cp} < 1$ из чего следует неравенство:

$$r_n < E_{нх}. \quad (26)$$

Таким образом, для проектов в масштабе народного хозяйства нормативный коэффициент приведения (нормативная ставка дисконта) разновременных затрат всегда по модулю меньше нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений.

С приходом в страну рыночной экономики выбор нормативного значения ставки дисконта стал повседневной задачей не только для работников в сфере

экономики и финансов, но и для широких масс предпринимателей и даже рядовых граждан.

Достаточно вспомнить проблему выбора для массы рядовых граждан: фирм, предлагающих немислимые ставки на вклады, выбора вариантов покупки государственных и корпоративных, ценных бумаг, выбора паевых фондов и т. д.

В каждом таком случае необходима оценка роста вложенных средств, сравнения вариантов эффективности вложений, имеющих разные ставки дисконта, а значит и соответствующие им разные траектории роста.

Для инвестиционных проектов в масштабе частного предприятия при выборе нормативной ставки дисконта практикуется разнообразные подходы:

- использование в качестве величины ставки дисконта величины безрисковой ставки доходности на финансовом рынке, например, в государственные облигации;
- использование средней величины доходности на рынке акций;
- использование средней величины доходности на рынке кредитных заимствований.

Для проектов с большой длительностью нормативная ставка дисконта корректируется с учетом инфляции.

4. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ

Под инвестициями будем понимать использование капитала в экономических инвестиционных проектах с целью получения дохода или достижения прироста капитала. Чтобы оценить эффективность инвестиций нужно соотнести суммарный доход со сроками реализации проекта и инвестиционными затратами. Внедрение нового станка или технологического процесса с эффектом в 1 млн. руб. и сроком реализации в 5 лет, очевидно, будет предпочтительнее, чем их внедрение с тем же эффектом, но со сроком реализации в 10 лет.

Очевидно, нужно соотнести суммарный доход D_x за минусом суммарных затрат K_x с периодом реализации Δt_{np} , определенным от момента начала инвестиционных затрат ресурсов. Разделив $\Pi_x = D_x - K_x$ на Δt_{np} , получим среднюю величину годовой прибыли Π_{cp} (средняя интенсивность потока прибыли):

$$\Pi_{cp} = \frac{\Pi_x}{\Delta t_{np}} \tag{27}$$

Оценим эффективность E единовременных инвестиционных затрат K_x по формуле, аналогичной отношению прибыли к капиталу в системе расширенного воспроизводства:

$$E = \frac{\Pi_{cp}}{K_x} = \frac{\Pi_x}{\Delta t_{np} \cdot K_x} [1/\text{год}] \tag{28}$$

Отношение Π_x к единовременным затратам K_x есть по своей сути не что иное, как рентабельность их использования, т.е.

$$p = \frac{\Pi_x}{K_x} \tag{29}$$

после чего можем записать

$$E = \frac{p}{\Delta t_{np}} \tag{30}$$

Таким образом, получили формулу коэффициента эффективности, имеющую тот же экономический смысл, что и в модели использования капитальных вложений в условиях расширенного воспроизводства. Безусловно, сам процесс использования капитальных ресурсов, например, при создании и внедрении новой техники протекает иначе, чем в сфере производства.

Несмотря на различие в технологии процесса использования капитала, имеется возможность рассматривать тот и другой процесс с точки зрения воспроизводства капитала и соответственно, обеспечить общий подход к методологии оценки экономической эффективности.

Коэффициент эффективности E в том и другом случае измеряется в %/год и может служить показателем, по величине которого можно сравнивать варианты инвестиции капитала и выбирать варианты с максимальной величиной E . Чем больше абсолютное значение E для инвестиционного проекта, тем больший экономический эффект в единицу времени будет реализован.

В случае значительного разрыва во времени между капитальными затратами и экономическим результатом (полученным доходом) учитывается приведенная путем дисконтирования стоимость затрат и доходов к моменту реализации инвестиционного проекта или к начальной дате проекта.

Рассмотрим отдельно дискретный финансовый поток инвестиций (платежей) K_j и доходов (поступлений)

$$D_j \text{ . Разность} \tag{31}$$

$$\Delta D_x = \sum D_j - \sum K_j$$

будем называть чистым фактическим (не дисконтированным) доходом или иначе фактической (не дисконтированной) прибылью инвестиционного проекта.

Обозначим финансовый суммарный дисконтированный поток платежей $K_x^i = \sum K_j \lambda(t_j)$, а суммарный дисконтированный поток поступлений $D_x^i = \sum D_j \lambda(t_j)$. Разность ΔD_d между общей суммой дисконтированных доходов и затрат вычисленная на начало или на конец периода проекта принято называть чистым дисконтированным доходом проекта (**ЧДД**) [8,10].

$$\Delta D_d = D_x^i - K_x^i = \sum D_j \lambda(t_j) - \sum K_j \lambda(t_j) \tag{31}^*$$

Чистый дисконтированный доход – будем называть также дисконтированной прибылью инвестиционного проекта в отличие от фактической (не дисконтированной) прибыли ΔD_x . Соответственно, отношение этой прибыли к дисконтированным затратам $K_x^i = \sum K_j \lambda(t_j)$ назовем дисконтированной рентабельностью p_d инвестиционного проекта.

$$p_d = \frac{\Delta D_d}{K_x^i} \tag{32}$$

Но тогда, имея в виду, что расширенное воспроизводство стоимости инвестированных ресурсов завершается за период инвестиционного проекта Δt_{np} , для вычисления эффективности E_d воспользуемся равенством (30).

$$E_d = \frac{p_d}{\Delta t_{np}} \tag{33}$$

Очевидно, по величине коэффициента эффективности E_d можно сравнивать инвестиционные проекты, различные по длительности и масштабам.

Коэффициент E_d для каждого проекта не должен быть меньше значения эффективности капитальных затрат, используемых в производстве с учетом имеющегося уровня техники. Иначе, инвестиции не позволят в будущем получить дополнительную прибыль, относительно вложений в простое расширение существующего производства.

Еще один качественный параметр достаточно широко применяется при выборе и сравнении инвестиционных проектов. Это индекс рентабельности (profitability index – PI). По определению PI равен отношению доходов к расходам, то есть можем записать

$$PI = \frac{D'_z}{K'_z} = \frac{\sum D_j \lambda(t_j)}{\sum K_i \lambda(t_i)} = p_d + 1. \quad (34)$$

Фактическая прибыль ΔD_z , или иначе чистый доход (net value) и дисконтированная прибыль ΔD_d или иначе чистый дисконтированный доход (net present value – NPV) отражают превышение доходов над затратами, соответственно, без учета и с учетом их нормативного роста. Разность ΔD_n между фактической проектной прибылью ΔD_z и дисконтированной прибылью ΔD_d назовем чистым, нормативным доходом или иначе – нормативной прибылью

$$\Delta D_n = \Delta D_z - \Delta D_d \quad (35)$$

Определим, как формируется величина нормативной прибыли. Подставим в (35) уравнения (31) и (31)*, в результате после простых преобразований получим

$$\begin{aligned} \Delta D_n &= \Delta D_z - \Delta D_d = (\sum D_j - \sum K_i) - \\ &- (\sum D_j \lambda(t_j) - \sum K_i \lambda(t_i)) = \\ &= (\sum K_i \lambda(t_i) - \sum K_i) - (\sum D_j \lambda(t_j) - \sum D_j). \end{aligned} \quad (36)$$

Введем обозначения:

$$\Delta K_i = \sum K_i \lambda(t_i) - \sum K_i; \quad (37)$$

$$\Delta D_j = \sum D_j \lambda(t_j) - \sum D_j. \quad (38)$$

После чего можем записать:

$$\Delta D_n = \Delta K_i - \Delta D_j. \quad (39)$$

Величина ΔK_i отображает нормативный прирост дискретного потока инвестиций, а величина ΔD_j нормативный прирост реинвестируемого потока поступлений. По существу ΔD_n отражает нормативную часть фактической прибыли ΔD_z , с учетом реинвестируемых поступлений, а $ЧДД$ дополнительную, сверхнормативную прибыль, реализованную в инвестиционном проекте.

Таким образом, фактическая прибыль ΔD_z состоит из суммы нормативной прибыли ΔD_n и сверхнормативной прибыли, а именно: чистого дисконтированного дохода ΔD_d ,

$$\Delta D_z = \Delta D_n + \Delta D_d. \quad (40)$$

Итак, инвестиции с длительным сроком реализации имеют ряд параметров, которые характеризуют их доходность и эффективность:

фактическую (не дисконтированную) прибыль;

нормативную дисконтированную прибыль;
сверхнормативную, дисконтированную прибыль (ЧДД);
фактическую (не дисконтированную) рентабельность;
дисконтированную рентабельность;
индекс дисконтированной рентабельности;
фактическую (не дисконтированную) эффективность;
дисконтированную эффективность.

5. ПРОСТАЯ ФИНАНСОВАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИЦИИ

Будем рассматривать финансовый аспект инвестиционных проектов, абстрагируясь от организационно-экономической стороны. Организационно-экономические аспекты подробно изложены в учебном пособии [8].

Рассмотрим простейшую финансовую модель, состоящую из одного вложения средств в объеме K_0 руб в момент времени t_0 и одного поступления средств (дохода) в момент времени t_k в конце срока реализации в объеме D_k . Срок реализации проекта обозначим Δt_{np} . Он равен разности $\Delta t_{np} = t_k - t_0$. Допустим, что выполняется условие $D_k > K_0$.

Определим эффективность E_n инвестиции K_0 на основе нормативной траектории расширенного воспроизводства капитала. Допустим, начальная величина инвестиции K_0 возрастает в соответствии с траекторией нормативного роста до значения $K_k = D_k$. В соответствии с (2) можно записать:

$$\frac{D_k}{K_0} = \lambda(t). \quad (41)$$

Как было ранее показано, возможны три вида нормативной траектории, которые можно использовать для расчета эффективности E_n : экспоненциальный в соответствии с (11), процентный в соответствии с (14) и линейный в соответствии с (13). Запишем формулы расчета этих траекторий:

$$\frac{D_k}{K_0} = \lambda(t) = e^{E_n(t_k - t_0)}; \quad (42)$$

$$\frac{D_k}{K_0} = \lambda(t) = (1 + E_n)^{(t_k - t_0)}; \quad (43)$$

$$\frac{D_k}{K_0} = \lambda(t) = [1 + E_n(t_k - t_0)]. \quad (44)$$

Вычислим величину ставки дисконта $r_n = E_n$ для каждой из трех траекторий:

$$r_{нэ} = E_{нэ} = \frac{1}{\Delta t_{np}} \ln \frac{D_k}{K_0}; \quad (45)$$

$$r_{нп} = E_{нп} = \left(\ln \frac{D_k}{K_0} \right)^{\frac{1}{\Delta t_{np}}}; \quad (46)$$

$$r_{нл} = E_{нл} = \frac{\frac{D_k}{K_0} - 1}{\Delta t_{np}}. \quad (47)$$

Очевидно, расчетные значения ставки дисконта $r_{нэ}$, $r_{нп}$, $r_{нл}$, вычисленные из приведенных уравнений, не будут совпадать по величине. Это означает, что, ис-

пользуя разные эталоны для сравнения динамики роста капитала в инвестиционном процессе, получим разную величину нормы эффективности.

Подобный случай свойственен фрактальным системам в природе. Известно что, измеряя изломанную линию, например, береговую линию на море эталонной линейкой, имеющей разную длину, получим разную длину береговой линии. Чем меньше длина эталонной линейки, тем больше будет длина береговой линии.

По существу экономика в целом и ее отдельные части воспроизводят самое себя как фрактальные системы, охваченные обратной связью в общем случае нелинейной. В данном случае измерение возрастания инвестиционного капитала на конечную дату проекта, также выполняется с использованием своеобразных эталонов. Такими эталонами являются нормативные траектории роста системы расширенного воспроизводства капитала, однозначно «оцифрованные» величиной ставки дисконта.

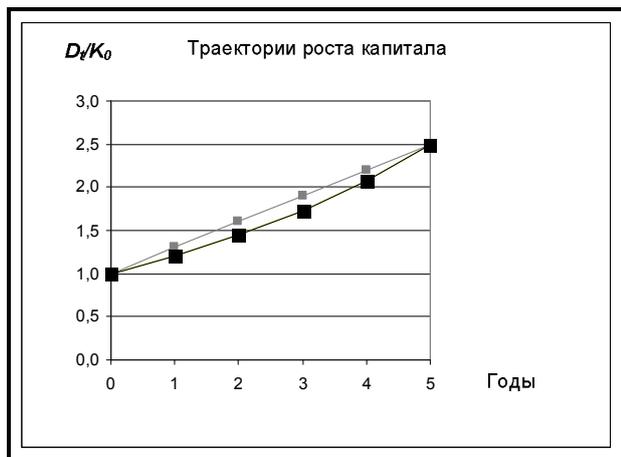


Рис. 3 Нормативные траектории роста для простой модели инвестиции

В качестве примера на рис. 3 показаны нормативные траектории роста капитала для простой модели инвестиции со следующими параметрами: $\frac{D_k}{K_0} = 2,5$, длительность проекта $\Delta t_{np} = 5$ лет

Расчет эффективности (ставки дисконта) $E_{нз}$, $E_{нп}$, $E_{нл}$ по формулам (45), (46), (47) дал следующие результаты $E_{нз} = 18,33\%/год$, $E_{нп} = 20,11\%/год$, $E_{нл} = 30,00\%/год$.

Траектории роста по экспоненте с $E_{нз} = 18,33\%/год$ и процентная траектория с $E_{нп} = 20,11\%/год$ совпадают, так как при выбранных $E_{нз}$ и $E_{нп}$ основания в обеих степенных функциях (42) и (43) равны друг другу, а именно:

$$(1 + E_{нп}) = e^{E_{нз}}$$

Как видим, вычисленные ставки дисконта (коэффициенты эффективности) приводят к заданным исходным данным, определяющим начальные и конечные параметры инвестиционного проекта.

В чем смысл построенных траекторий и как они связаны с существующими методами оценки эффективности инвестиции? По существу все три вычисленные ставки дисконта обеспечивают рост капитала до величины, равной всей сумме дохода $K_k = D_k$. Другими словами нахо-

дится ставка дисконта, как для линейной траектории, так и для степенных траекторий, которая обеспечивает равенство дисконтированных затрат K_0 величине дохода D_k , полученного в момент завершения проекта.

Как уже отмечалось, принято называть разницу между дисконтированным доходом и дисконтированными затратами – чистым дисконтированным доходом – ЧДД. Вычисленные в приведенном числовом примере ставки дисконта обеспечивают равенство ЧДД = 0. В литературе по инвестициям такие ставки при дисконтировании по формуле сложных процентов называются внутренней нормой доходности – ВНД.

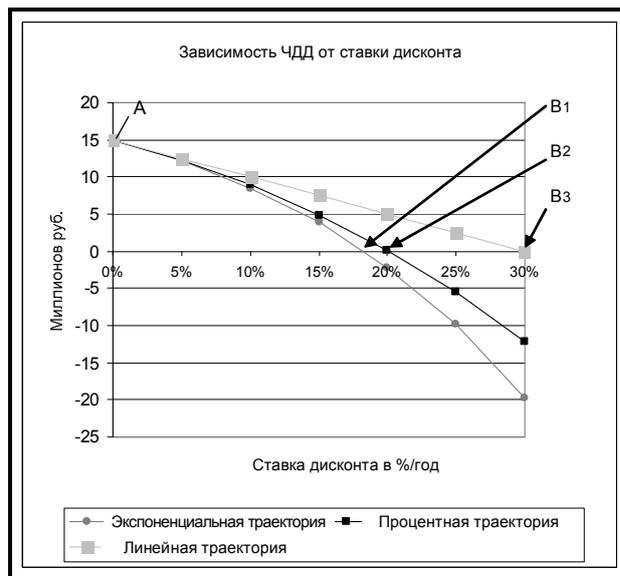


Рис. 4 Графики зависимости ЧДД от ставки дисконта для экспоненциальной, процентной и линейной траектории нормативного роста капитала

На конечную дату завершения проекта в простой модели инвестиции чистый дисконтированный доход (дисконтированная прибыль) ΔD_d вычисляется из уравнения

$$\Delta D_d = D_k - K_0 \lambda(t) \tag{48}$$

Фактическая прибыль для рассматриваемого проекта равна $\Delta D_s = D_k - K_0$. Поэтому несложно убедиться, что при выборе ставки дисконта меньшей, чем ВНД, дисконтированная прибыль на момент завершения проекта будет меньше фактической (не дисконтированной) прибыли

$$\Delta D_d < \Delta D_s \tag{49}$$

Проиллюстрируем этот вывод на приведенном выше примере проекта с фактическим доходом $D_k = 25$ млн. руб., $K_0 = 10$ млн. руб. и длительностью реализации $\Delta t_{np} = 5$ лет. Результат расчетов представлен на рис. 4 в виде графика зависимости ЧДД от величины ставки дисконта для трех видов нормативной траектории роста капитала: экспоненциальной, процентной и линейной.

Значения функции $\lambda(t)$ вычислялись в соответствии с (42), (43), (44) при заданной величине $\Delta t_{np} = t_k - t_0 = 5$ лет.

Графики **ЧДД** пересекают ось абсцисс в точке пересечения $E_n = \text{ВНД}$ (точки В1, В2, В3). Как видим, графики пересекают ось абсцисс:

для экспоненциальной траектории роста в точке $\text{ВНД} = 18,33\%/год$ (точка В1);

для процентной траектории в точке $\text{ВНД} = 20,11\%/год$, (точка В2);

для линейной траектории в точке $\text{ВНД} = 30,00\%/год$ (точка В3, см. рис. 3).

Каждая точка на графиках разделяет отрезок **ОА** на оси ординат на две части: нижняя равна **ЧДД** (дисконтированной прибыли), верхняя – нормативной прибыли ΔD_n , равной разности между не дисконтированным, чистым доходом (прибылью) $\Delta D_z = D_k - K_0$ и чистым дисконтированным доходом $\Delta D_d = D_k - K_0 \lambda(t)$, а именно:

$$\Delta D_n = \Delta D_z - \Delta D_d = K_0(\lambda(t) - 1). \quad (50)$$

Таким образом, чистый дисконтированный доход ΔD_d – это дополнительная прибыль инвестора, относительно прибыли, задаваемой нормативной траекторией роста, выбранной им в соответствии с нормой доходности инвестиций E_n . Другая часть прибыли ΔD_n – это уже нормативная часть фактической прибыли, определяемая нормативной траекторией роста инвестиции K_0 .

Показатели эффективности для простой модели инвестиции

В соответствии с (34) вычислим величину дисконтированной рентабельности для трех видов нормативной траектории роста при условии приведения, как инвестиции K_0 , так и дохода D_t к произвольному моменту времени t_p :

$$\rho_s = \frac{D_t e^{E_n(t_p - t_k)} - K_0 e^{E_n(t_p - t_0)}}{K_0 e^{E_n(t_p - t_0)}} = \frac{D_t e^{-E_n \Delta t_{np}}}{K_0} - 1; \quad (51)$$

$$\begin{aligned} \rho_n &= \frac{D_t (1 + E_n)^{(t_p - t)} - K_0 (1 + E_n)^{(t_p - t_0)}}{K_0 (1 + E_n)^{(t_p - t_0)}} = \\ &= \frac{D_t (1 + E_n)^{-\Delta t_{np}}}{K_0} - 1; \end{aligned} \quad (52)$$

$$\begin{aligned} \rho_l &= \frac{D_t [1 + E_n(t_p - t_k)] - K_0 [(1 + E_n)(t_p - t_0)]}{K_0 [(1 + E_n)(t_p - t_0)]} = \\ &= \frac{D_t [1 + E_n(t_p - t_k)]}{K_0 [(1 + E_n)(t_p - t_0)]} - 1. \end{aligned} \quad (53)$$

где $\Delta t_{np} = t_k - t_0$ в формулах (51) и (52). Эффективность инвестиции с учетом приведения к расчетному году t_p определим в соответствии с (33). В результате получим:

$$E_s = \frac{D_k e^{-E_n \Delta t_{np}}}{\Delta t_{np} K_0} - \frac{1}{\Delta t_{np}}; \quad (54)$$

$$E_n = \frac{D_k (1 + E_n)^{-\Delta t_{np}}}{\Delta t_{np} K_0} - \frac{1}{\Delta t_{np}}; \quad (55)$$

$$E_l = \frac{1}{\Delta t_{np}} \left(\frac{D_k [1 + E_n(t_p - t_k)]}{K_0 [(1 + E_n)(t_p - t_0)]} - 1 \right). \quad (56)$$

Анализ полученных формул показывает, что дисконтированная рентабельность и эффективность инвестиций, определенные на основе степенных нормативных траекторий, инвариантны относительно момента времени приведения t_p . Дисконтирование по линейной траектории таким свойством не обладает. Это замечательное свойство (инвариантность) позволяет получить однозначные результаты для качественных характеристик инвестиционных проектов независимо от расчетной даты приведения.

Качественные параметры ρ и E однозначно определяются тремя параметрами: объемом вложенных средств, полученным доходом и длительностью реализации проекта. На рис. 5 приведен пример расчета показателей качественных характеристик простой модели инвестиции с экспоненциальной траекторией нормативного роста. Расчет показателей выполнен с дисконтированием на конечную расчетную дату t_k

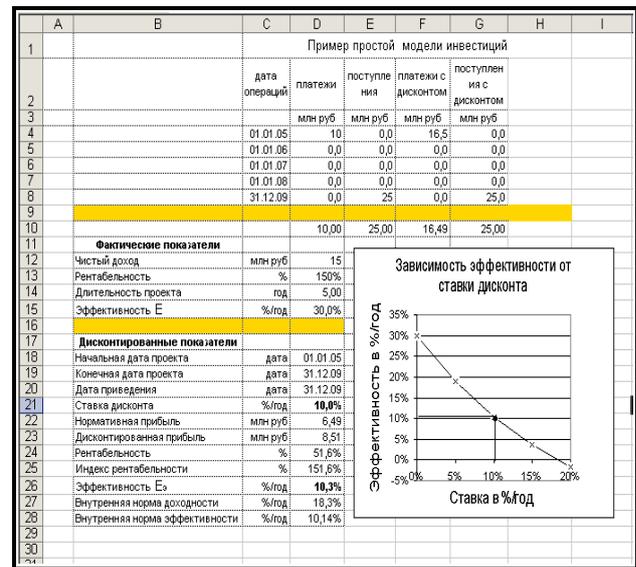


Рис. 5 Параметры проекта с экспоненциальной траекторией нормативного роста капитала

Фактический чистый доход (прибыль), равный разности $\Delta D_z = D_k - K_0 = 15$ млн. руб., разделяется на две части: первая часть – нормативная прибыль ΔD_n вторая часть – дисконтированная прибыль ΔD_d , сумма которых для любого времени приведения t_p равна фактической прибыли:

$$\Delta D_z = \Delta D_n + \Delta D_d. \quad (57)$$

На этом же рис. 5 построен график зависимости дисконтированной эффективности E_s инвестиции K_0 от нормативной ставки дисконта E_n . Как видим из графика, при увеличении нормы дисконта от 0 до 18,3%, дисконтированная эффективность падает от 30,0%/год до 0%/год. На графике выделена точка равновесия, в которой дисконтированная эффективность равна величине дисконта, названная нами в работе [9] внутренней нормой эффективности. График пересекает ось абсцисс в точке внутренней нормы доходности (**ВНД**). Дисконтированная и нормативная прибыль рассчитаны на дату приведения в конце проекта. Расчет на начальную дату проекта изменит абсо-

лютные величины нормативной и дисконтированной прибыли, но не качественные характеристики: рентабельность, индекс рентабельности, эффективность, внутреннюю норму доходности и эффективность.

На рис. 6 показан пример расчета параметров инвестиционного проекта с применением процентной нормативной траектории роста капитала.

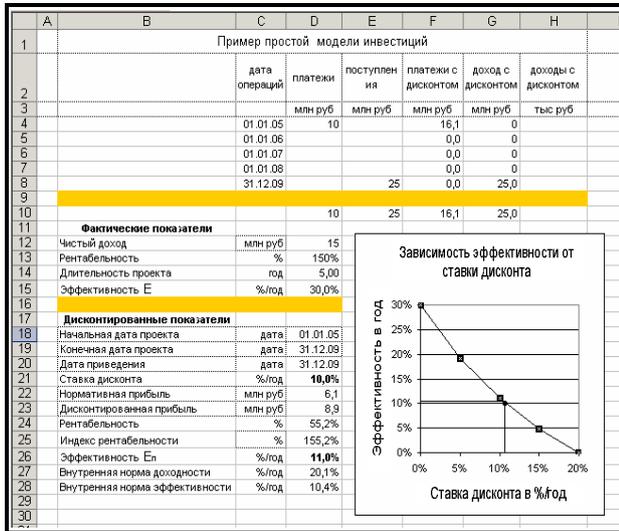


Рис. 6 Параметры проекта с процентной траекторией нормативного роста капитала

Вычисленные параметры и график близки с расчетными данными для экспоненциальной, нормативной траектории роста на рис. 5. В обоих примерах график инвариантен к расчетной дате приведения, то есть изменение расчетной даты в ячейке С18 не влияет на график и качественные данные проекта.

Иную картину получаем для линейной нормативной траектории роста. Параметры проекта с линейной траекторией роста представлены на рис. 7.

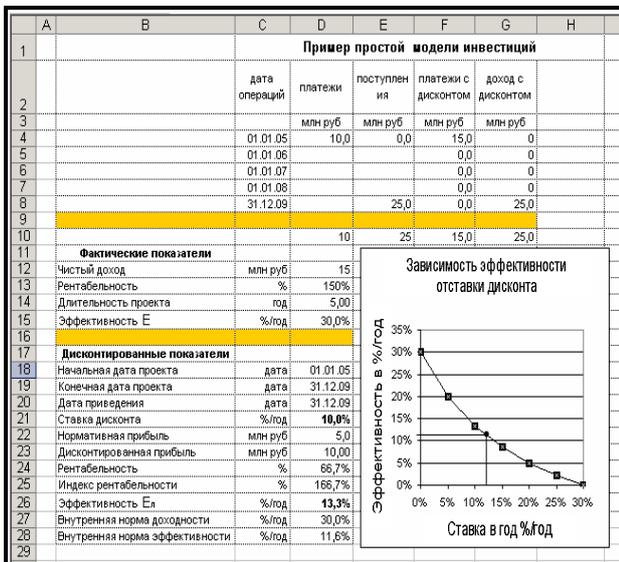


Рис. 7 Параметры проекта с линейной траекторией нормативного роста

Главные различия: диапазон изменения ставки дисконта совпадает с диапазоном изменения эффективности. Уменьшение ставки от величины

$VND = 30\%/год$ до нуля увеличивает эффективность проекта от нуля до максимума, совпадающего с VND .

все качественные параметры, в том числе вид графика зависят от расчетной даты приведения. Последнее (отсутствие инвариантности), наверное, является причиной того, что линейная нормативная траектория роста не применяется для анализа инвестиционных проектов.

6. МОДЕЛЬ С ПОТОКОМ ПЛАТЕЖЕЙ И ОДНИМ ПОСТУПЛЕНИЕМ

К такой модели, например, относятся инвестиции на покупку акции мелкими частями в течение определенного периода с целью получения дохода от продажи всего пакета.

Рассмотрим такого рода инвестиционный проект. Допустим, имеем инвестиции K_i в моменты времени t_i и поступление дохода D_k на дату окончания проекта t_k , где $i = 1, 2, \dots, n$, а длительность проекта $\Delta t_{np} = t_k - t_{i=1}$.

Пусть доход D_k превышает сумму инвестиций $K_{\Sigma} = \sum_1^n K_i$, то есть $D_k > \sum_1^n K_i$. Для суммарной прибыли ΔD_{Σ} на момент окончания проекта можем записать:

$$\Delta D_{\Sigma} = D_k - K_{\Sigma} = D_k - \sum_1^n K_i \tag{58}$$

Чистый дисконтированный доход, приведенный к расчетной дате t_p , вычислим для трех видов дисконтирования: экспоненциального, процентного и линейного:

$$\Delta D_{da} = D_k e^{E_n(t_p - t_k)} - \sum_1^n K_i e^{E_n(t_p - t_i)} \tag{59}$$

$$\Delta D_{dn} = D_k e^{E_n(t_p - t_k)} - \sum_1^n K_i (1 + E_n)^{(t_p - t_i)} \tag{60}$$

$$\Delta D_{dn} = D_k [(1 + E_n)(t_p - t_k)] - \sum_1^n K_i [(1 + E_n)(t_p - t_i)] \tag{61}$$

Дисконтированную рентабельность найдем, по формуле $p_d = \Delta D_d / K_{\Sigma}$:

$$p_{da} = \frac{\Delta D_{da}}{\sum_1^n K_i e^{E_n(t_p - t_i)}} = \frac{D_k e^{E_n(t_p - t_k)} - \sum_1^n K_i e^{E_n(t_p - t_i)}}{\sum_1^n K_i e^{E_n(t_p - t_i)}} = \frac{D_k}{\sum_1^n K_i e^{-E_n(t_k - t_i)}} - 1 \tag{62}$$

$$p_{dn} = \frac{\Delta D_{dn}}{\sum_1^n K_i (1 + E_n)^{(t_p - t_i)}} = \frac{D_k (1 + E_n)^{(t_p - t_k)} - \sum_1^n K_i (1 + E_n)^{(t_p - t_i)}}{\sum_1^n K_i (1 + E_n)^{(t_p - t_i)}} = \frac{D_k}{\sum_1^n K_i (1 + E_n)^{(t_k - t_i)}} - 1 \tag{63}$$

$$p_{dn} = \frac{\sum_1^m D_j [(1 + E_n)(t_p - t_j)] - \sum_1^n K_i [(1 + E_n)(t_p - t_i)]}{\sum_1^n K_i [(1 + E_n)(t_p - t_i)]} = \frac{D_k [(1 + E_n)(t_p - t_k)]}{\sum_1^n K_i [(1 + E_n)(t_p - t_i)]} - 1 \tag{64}$$

Дисконтированную величину эффективности можно определить по формуле $E = p / \Delta t_{np}$. Несложно заметить, что качественные характеристики (рентабельность, эффективность и др.), для степенных траекторий нормативного роста инвариантны относительно даты приведения. Эти характеристики одинаковы для инвестиционного проекта при приведении, как к начальной, так и к конечной дате проекта (и вообще к любой другой дате в интервале Δt_{np}).

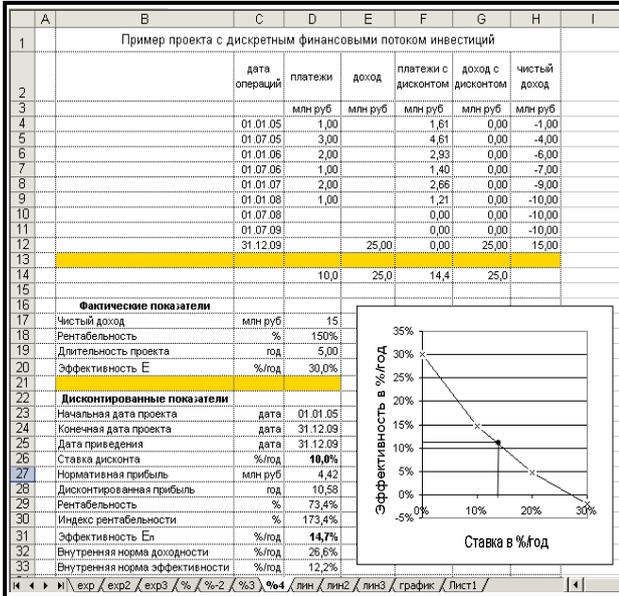


Рис. 8 Параметры проекта с потоком платежей и одноразовым поступлением дохода, рассчитанные на основе процентной траектории нормативного роста капитала.

Рассмотрим пример модели с дискретным потоком инвестиций и одним поступлением дохода. Конкретные исходные и расчетные характеристики не будем приводить в тексте. Компьютерные технологии позволяют отразить «финансовый портрет» проекта в целом на рисунке электронной таблицы данных с показом диаграмм и графиков. В предыдущем разделе мы уже пытались иллюстрировать примеры проектов по принципу «финансового портрета» (см. рис 5,6,7). Для рассматриваемой модели ограничимся иллюстрацией на рис. 8 проекта только с процентной траекторией нормативного роста.

7. ОБЩИЙ СЛУЧАЙ МОДЕЛИ С ДИСКРЕТНЫМИ ПОТОКАМИ ИНВЕСТИЦИЙ И ДОХОДОВ

Рассмотрим проект с инвестициями K_i в моменты t_i и поступления доходов D_j в моменты времени t_j , где $i = 1, 2, \dots, n$, а $j = 1, 2, \dots, m$. При этом проект начинается с момента времени $t_{i=1}$, а заканчивается в момент времени, а $t_{j=m}$, а t_i и t_j лежат внутри периода $\langle t_{j=m}; t_{i=1} \rangle$. Соответственно, длительность проекта равна $\Delta t_{np} = t_{j=m} - t_{i=1}$

Пусть сумма доходов $D_x = \sum_1^m D_j$ превышает сумму инвестиций $K_x = \sum_1^n K_i$, то есть $\sum_1^m D_j > \sum_1^n K_i$. Для суммарной прибыли ΔD_x на момент окончания проекта можем записать:

$$\Delta D_x = D_x - K_x = \sum_1^m D_j - \sum_1^n K_i. \tag{65}$$

Чистый дисконтированный доход вычислим для трех видов дисконтирования: экспоненциального, процентного и линейного:

$$\Delta D_{da} = \sum_1^m D_j e^{E_H(t_p - t_j)} - \sum_1^n K_i e^{E_H(t_p - t_i)}; \tag{66}$$

$$\Delta D_{dn} = \sum_1^m D_j (1 + E_H)^{(t_p - t_j)} - \sum_1^n K_i (1 + E_H)^{(t_p - t_i)}; \tag{67}$$

$$\Delta D_{dl} = \sum_1^m D_j [(1 + E_H)(t_p - t_j)] - \sum_1^n K_i [(1 + E_H)(t_p - t_i)]. \tag{68}$$

Величина чистого дисконтированного дохода зависит от момента времени приведения t_p . Чем ближе дата приведения к конечной дате проекта, тем больше величина ΔD_x . Разделив ΔD_x на дисконтированную величину затрат (инвестиций) мы получим рентабельность p_{da} , p_{dn} дисконтированных затрат, инвариантную относительно расчетной даты приведения. Это не касается рентабельности p_{dl} затрат дисконтированных на основе линейной траектории. Доказываются эти утверждения несложно:

$$p_{da} = \frac{\Delta D_{da}}{\sum_1^n K_i e^{E_H(t_p - t_i)}} = \frac{\sum_1^m D_j e^{E_H(t_p - t_j)} - \sum_1^n K_i e^{E_H(t_p - t_i)}}{\sum_1^n K_i e^{E_H(t_p - t_i)}} = \frac{\sum_1^m D_j e^{-E_H t_j} - \sum_1^n K_i e^{-E_H t_i}}{\sum_1^n K_i e^{-E_H t_i}}; \tag{69}$$

$$p_{dn} = \frac{\Delta D_{dn}}{\sum_1^n K_i (1 + E_H)^{(t_p - t_i)}} = \frac{\sum_1^m D_j (1 + E_H)^{(t_p - t_j)} - \sum_1^n K_i (1 + E_H)^{(t_p - t_i)}}{\sum_1^n K_i (1 + E_H)^{(t_p - t_i)}} = \frac{\sum_1^m D_j (1 + E_H)^{-t_j} - \sum_1^n K_i (1 + E_H)^{-t_i}}{\sum_1^n K_i (1 + E_H)^{-t_i}}. \tag{70}$$

Таким образом, из уравнений (69) и (70) также как и ранее следует, что для степенных траекторий нормативного роста рентабельность не зависит от даты приведения. Какие бы t_p мы не выбирали, качественные характеристики инвестиционных проектов (рентабельность, эффективность, **ВНД**, **ВНЭ**, **PI**) проекта для степенных траекторий роста будут одинаковы. В то же абсолютные значения дисконтированной прибыли (**ЧДД**) и нормативной прибыли будут изменяться в зависимости от выбранной даты t_p .

Для линейной траектории картина иная:

$$P_{dn} = \frac{\sum_1^m D_j [(1 + E_n(t_p - t_j))] - \sum_1^n K_i [(1 + E_n(t_p - t_i))]}{\sum_1^n K_i [(1 + E_n(t_p - t_i))]} = \frac{\sum_1^m D_j [(1 + E_n(t_p - t_j))]}{\sum_1^n K_i [(1 + E_n(t_p - t_i))]} - 1. \quad (71)$$

Полученное уравнение (71) подтверждает зависимость рентабельности от расчетной даты приведения. Отсутствие инвариантности качественных характеристик (рентабельности и эффективности инвестиционного проекта) по отношению к произвольной дате приведения t_p практически делает нерациональным применение линейной траектории нормативного роста для сравнительного анализа проектов.

Проиллюстрируем полученные выводы на примере инвестиционного проекта с дискретным потоком платежей и поступлений, но с аналогичными агрегированными параметрами, которые были у ранее рассмотренного простого проекта с одним платежом и одним поступлением.

Таковыми параметрами являются: суммарная инвестиция $K_x = 10$ млн. руб., суммарные поступления $D_x = 25$ млн. руб., длительность проекта $\Delta t_{np} = t_{j=m} - t_{i=1} = 5$ лет. Дискретный поток платежей и поступлений одинаков для экспоненциального, процентного и линейного дисконтирования. Результаты расчетов представлены на рис. 9, 10, 11.

Все три рисунка представляют по образному выражению «финансовый портрет» инвестиционного проекта. «Финансовый портрет» отображает:

- финансовые потоки платежей и поступлений; приведенные к конечной дате;
- фактические (не дисконтированные) данные (см. Фактические показатели);
- дисконтированные данные (см. Дисконтированные показатели);
- график зависимости дисконтированной эффективности проекта от ставки дисконта.

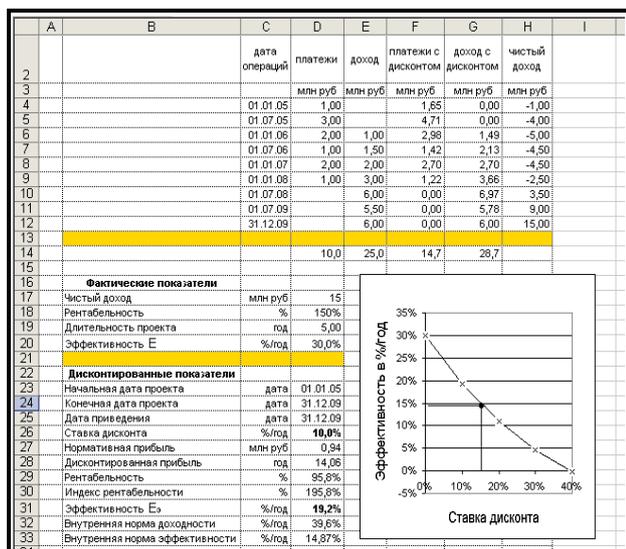


Рис. 9 Параметры инвестиционного проекта с экспоненциальным дисконтированием дискретных потоков финансовых платежей и поступлений

Во всех трех примерах финансовый поток платежей и поступлений удовлетворяет условию: нормативная прибыль ΔD_n , равная разности между суммарным, чистым фактическим доходом (фактическая прибыль) ΔD_x и чистым дисконтированным доходом ΔD_d (дисконтированная прибыль) больше нуля.

$$\Delta D_n = \Delta D_x - \Delta D_d > 0 \quad (72)$$

Это условие на наш взгляд типовое, которое чаще всего выполняется в реальной жизни. Оно предполагает соответствующее распределение по датам финансового потока доходов, при котором дисконтированная прибыль, являющаяся расчетной величиной, зависящей от выбора ставки дисконта, не превышала бы фактическую прибыль.

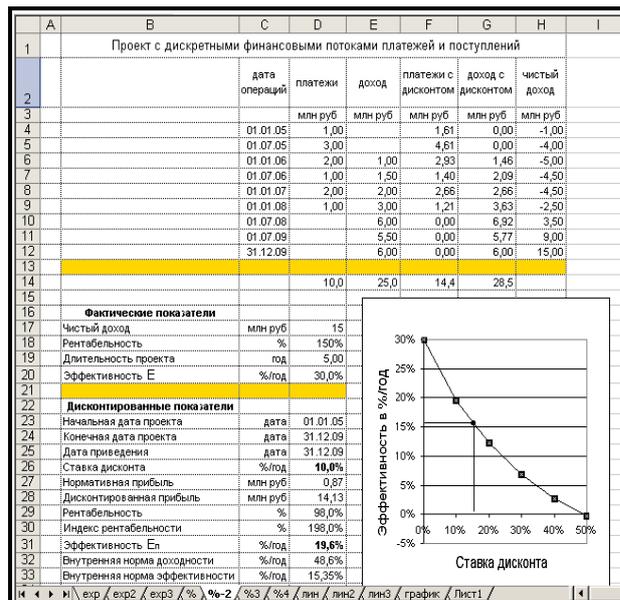


Рис. 10 Параметры инвестиционного проекта с процентным дисконтированием дискретных потоков финансовых платежей и поступлений

Следует обратить внимание на разницу в результатах измерений в зависимости от нормативной траектории роста, используемой для расчета будущей стоимости платежей и поступлений. Экспоненциальное дисконтирование дает меньшие значения эффективности - 19,2%/год, чем процентное - 19,6%/год и линейное - 21,0%/год. Подобное соотношение наблюдается и для остальных дисконтированных параметров: внутренней нормы доходности - **ВНД** и внутренней нормы эффективности - **ВНЭ** (см. рис. 9,10,11)

Кривая на графике ограничивает область безубыточности проекта с точки зрения дисконтированной прибыли. На графиках выделена точка внутренней нормы эффективности, которая определяется из условия равенства дисконтированной эффективности проекта нормативной ставке дисконта.

Как уже отмечалось, ставка дисконта делит фактическую прибыль на две части (см. рис. 4). Одна часть отрезка показывает дисконтированную прибыль проекта, измеряемую в процентах годовых, вторая часть нормативную прибыль, соответствующую выбранной величине эффективности (ставке дисконта), определяющей траекторию нормативного роста.

Предположим, инвестор заимствует финансовые ресурсы по цене, равной ставке дисконта. Тогда его расходы по проекту за пользование ресурсами, рассчитанные на дату окончания проекта, составят величину, равную ΔD_n , а именно (см. рис. 9,10,11):

- с экспоненциальным дисконтированием – $\Delta D_{нэ} = 0,94$ млн. руб.;
- с процентным дисконтированием – $\Delta D_{нп} = 0,87$ млн. руб.;
- с линейным дисконтированием – $\Delta D_{нл} = 0,50$ млн. руб.

В этом случае, вторая часть фактической прибыли – нормативная прибыль, подсчитанная на дату окончания проекта, должна будет выплачена за пользование ресурсами. Другими словами, она будет соответствовать дисконтированной себестоимости инвестиций. Но тогда ЧДД по проекту - он и будет составлять прибыль инвестора. Если же инвестор вкладывает в проект собственные средства, его прибыль будет состоять из нормативной и дисконтированной части. При равенстве ЧДД нулю эффективность проекта в случае заемных средств будет равна нулю, а в случае собственных – величине внутренней нормы доходности.

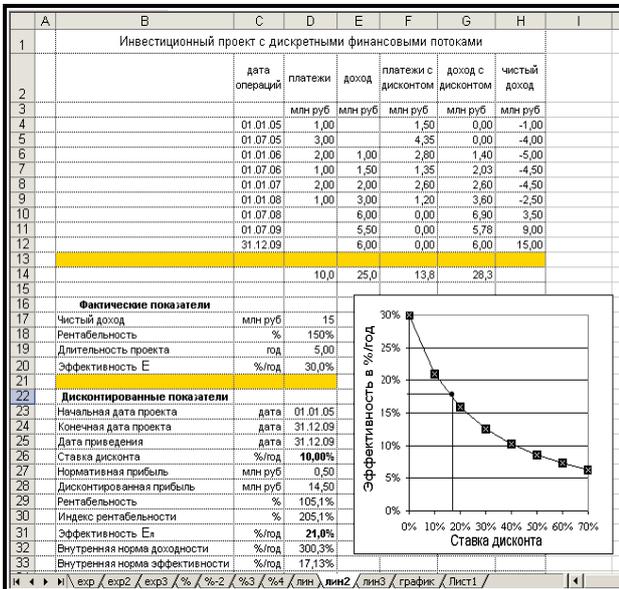


Рис. 11 Параметры инвестиционного проекта с линейным дисконтированием дискретных потоков финансовых платежей и поступлений

Очевидно, если бы инвестор вложил заемные средства по цене нормативной ставки дисконтирования, то часть фактического дохода, равную $\Delta D_n = \Delta K_i - \Delta D_j$ согласно (39), пришлось бы выплатить кредитор. Если при этом структура и распределение по датам платежей и поступлений будут таковы, что $\Delta K_i = \Delta D_j$, то это будет означать, что все процентные платежи кредиторам будут оплачены за счет реинвестированных доходов.

8. ПРОЕКТЫ С ОПЕРЕЖАЮЩИМ РОСТОМ РЕИНВЕСТИРОВАННЫХ ДОХОДОВ

К инвестиционным проектам с опережающим ростом реинвестированных (рефинансируемых) доходов от-

несем проекты, у которых дисконтированная прибыль, приведенная к конечной дате проекта, превышает фактическую прибыль.

К таким проектам можно отнести те, у которых инвестиции получены авансом у заказчика, например, на строительство недвижимости. Это тот вариант, когда будем иметь $\Delta K_i < \Delta D_j$. Следовательно, фактически полученный доход будет меньше чистого дисконтированного дохода, то есть получим $\Delta D_x < \Delta D_d$. Соответственно, величина нормативной прибыли будет отрицательной ΔD_n .

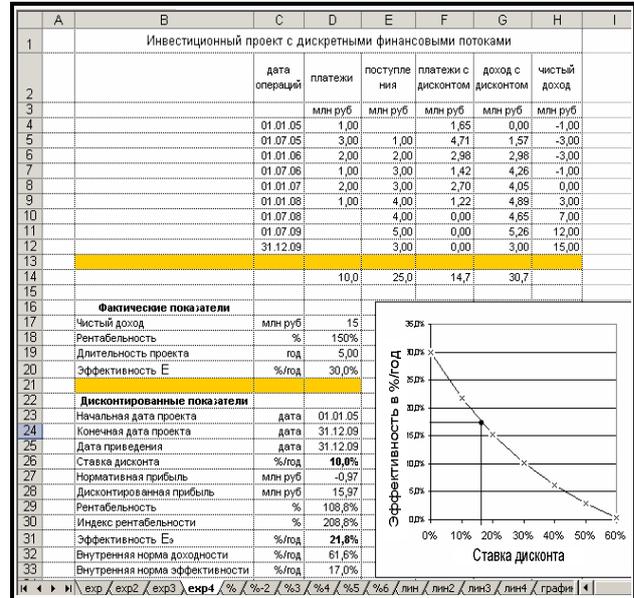


Рис. 12 Параметры проекта с опережающим ростом реинвестированных доходов

Структура распределения поступлений в таких проектах обеспечивает дополнительную прибыль в результате рефинансирования доходов большую по величине, чем нормативная прибыль инвестированного капитала. С точки зрения теории обратной связи в таком проекте реализуется положительная обратная связь, обеспечивающая ускоренное воспроизводство капитала на начальном этапе реализации проекта. Пример, такого проекта с нормативной экспоненциальной траекторией роста приведен на рис. 12.

В проекте сохранены агрегированные фактические данные, что и в проекте на рис. 9. Тем не менее, изменение структуры финансовых потоков на рис. 12 существенно изменило динамику нормативных траекторий платежей по инвестициям и поступлений доходов. В результате увеличилась величина дисконтированной прибыли, приведенной на конечную дату проекта настолько, что величина нормативной прибыли стала отрицательной.

Это привело соответственно к росту дисконтированной эффективности до с 19,6%/год до 21,8%/год и внутренней нормы доходности с 39,6%/год до 61,6%/год (сравните данные на рис. 9 и 12).

Рассмотрим зависимость относительной величины дисконтированной прибыли

$$\delta_d = \Delta D_d / \Delta D_x \quad \text{от нормативной ставки дисконта}$$

E_n для проектов на рис. 9 и рис. 12. Графики зависимости представлены на рис. 13. Из графика следует,

что при ставке дисконта, выбранной в пределах $40.1\% / год > E_n > 0$, дисконтированная прибыль для проекта с опережающим ростом реинвестированных поступлений дохода (см. рис. 12) превышает чистый не дисконтированный доход (величина $\delta_d > 0$) на величину нормативной прибыли, взятой со знаком плюс.

Проекты с опережающим ростом рефинансируемых доходов лежат в основе рисковых инвестиционных проектов, в которых фактические не дисконтированные доходы меньше суммарных фактических вложений.

Простейшим примером могут служить проекты строительства жилья на основе стопроцентной предварительной оплаты стоимости квартир.

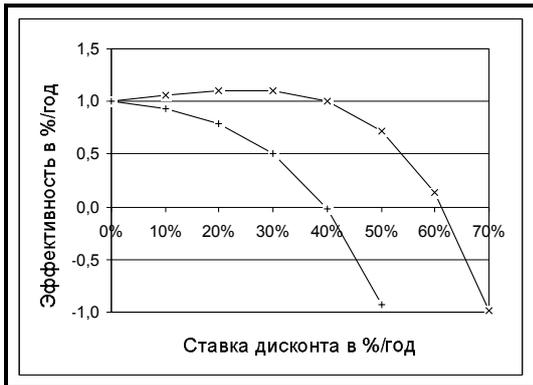


Рис. 13 График зависимости $\delta_d = \Delta D_d / \Delta D_x$ для проекта на рис. 9-левая кривая и рис. 12-правая кривая.

Допустим, сумма фактических инвестиций $K_x = 25$ млн. руб., а сумма фактических поступлений $D_x = 22$ млн. руб. Временное распределение финансовых платежей и поступлений показано на рис. 14.

На рис. 14 видим, что доходы в проекте получены двумя поступлениями в начале проекта. Рефинансирование доходов, поступивших в начале проекта, например, в долговые обязательства по безрисковой ставке в 10%/год позволяет получить дисконтированную прибыль в размере 1,83 млн. руб., и дисконтированную эффективность проекта в 1,2%/год (см. рис. 14).

Эффективность в этом проекте достигнута за счет опережения в росте нормативной траектории реинвестируемых доходов относительно нормативной траектории роста инвестиций. Это приводит к неравенству $\Delta K_i < \Delta D_j$, откуда вытекает неравенство $\Delta D_n = (\Delta K_i - \Delta D_j) < 0$. В нашем примере на рис. 14 нормативная прибыль $\Delta D_n = -4,83$ млн. руб. Если сложить эту нормативную прибыль с дисконтированной прибылью, то получим, как и во всех рассмотренных примерах, величину чистого (не дисконтированного) дохода $\Delta D_x = -4,83 + 1,83 = -3$ млн. руб.

Как показывает график на рис. 14, эффективность проекта растет с ростом ставки дисконта. Более ранние авансовые доходы дают тем большее опережение роста рефинансируемых доходов по сравнению с нормативным ростом инвестиций, чем больше безрисковая ставка дисконта.

Проект с дискретными финансовыми потоками платежей и поступлений									
дата операций	платежи	доход	платежи с дисконтом	доход с дисконтом	чистый доход	ЧДД			
млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.
01.01.05	1,00		1,81	0,00	-1,00				-0,6
01.07.05	2,00	15,00	3,07	23,04	12,00				6,4
01.01.06	2,00	7,00	2,83	10,25	17,00				6,7
01.01.07	3,00		3,98	0,00	12,00				6,9
01.01.08	5,00		6,05	0,00	7,00				5,8
01.07.08	5,00		5,77	0,00	2,00				5,07
01.07.09	5,00		5,24	0,00	-3,00				4,83
31.12.09			0,00	0,00	-3,00				4,83
		25,0	22,0	31,46	33,29				
Фактические показатели									
Чистый доход	млн руб.		-3,00						
Рентабельность	%		-12%						
Длительность проекта	год		5,00						
Эффективность E	%/год		-2,4%						
Дисконтированные показатели									
Начальная дата проекта	дата		01.01.05						
Конечная дата проекта	дата		31.12.09						
Дата приведения	дата		31.12.09						
Ставка дисконта	%/год		10,00%						
Нормативная прибыль	млн руб.		-4,83						
Дисконтированная прибыль	млн руб.		1,83						
Рентабельность	%		5,8%						
Индекс рентабельности	%		105,8%						
Эффективность Eп	%/год		1,2%						
Внутренняя норма доходности	%/год		6,73%						
Внутренняя норма эффективности	%/год		-3,72%						

Рис. 14 Параметры проекта с авансовыми поступлениями доходов

9. МОДИФИЦИРОВАННАЯ СТАВКА ВНУТРЕННЕЙ НОРМЫ ДОХОДНОСТИ

Во всех рассмотренных моделях инвестиционных проектов траектории нормативного роста выбирались с одинаковыми значениями ставки дисконта, как для платежей по инвестициям, так и для поступлений доходов. Это означает, что, при вычислении внутренней нормы доходности – **ВНД**, ставка рефинансирования доходов приравнивалась к величине **ВНД**. Учитывая, что **ВНД**, как правило, значительно превышает безрисковую ставку дисконта было предложено ввести для поступлений собственную ставку рефинансирования, равную безрисковой ставке и вычислять так называемую модифицированную внутреннюю норму доходности – **МВНД** (modified internal rate – **MIRR**) [10]. По мнению защитников такого показателя, введение разных ставок для платежей по инвестициям и поступлений доходов учитывает реальную ситуацию и таким образом дает более адекватное отображение экономики инвестиционных процессов. Для оценки модифицированной **ВНД** ограничимся анализом модели инвестиций с экспоненциальной траекторией нормативного роста.

Допустим, что E_{np} – это ставка рефинансирования доходов, E_n – это ставка нормативного роста инвестиций. Для дисконтированной рентабельности P_{da} на конечную дату проекта после несложных преобразований получим следующее выражение:

$$P_{da} = \frac{\Delta D_{da}}{\sum_1^n K_i e^{E_n(t_p-t_i)}} = \frac{\sum_1^m D_j e^{E_{np}(t_p-t_j)} - \sum_1^n K_i e^{E_n(t_p-t_i)}}{\sum_1^n K_i e^{E_n(t_p-t_i)}} = \frac{\sum_1^m D_j e^{(E_{np}-E_n)t_p - E_{np}t_j}}{\sum_1^n K_i e^{-E_n t_i}} - 1. \tag{73}$$

Из (73) следует неутешительный вывод о зависимости рентабельности и, следовательно, остальных качественных характеристик проекта от даты приведения. Система качественных показателей инвестиционного проекта не обладает свойством инвариантности относительно расчетной даты приведения. Все показатели будут изменяться с изменением расчетной даты приведения.

Из этого же уравнения (73) следует и другой вывод. Если приравнять ставку нормативного роста инвестиций безрисковой ставке рефинансирования, то инвариантность качественных характеристик инвестиционного проекта будет восстановлена. А раз так, то они могут служить объективными показателями, при сравнительном анализе инвестиционных проектов независимо от того на какую дату были рассчитаны.

Пример расчета модифицированной внутренней доходности для проекта с опережающим ростом реинвестированных доходов показан на рис. 14.

Инвестиционный проект с дискретными финансовыми потоками						
	дата операции	платежи	поступления	платежи с дисконтом	доход с дисконтом	чистый доход
		млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.	млн руб.
2						
3						
4	01.01.05	1,00		1,85	0,00	-1,00
5	01.07.05	3,00	1,00	4,71	1,43	-3,00
6	01.01.06	2,00	2,00	2,98	2,75	-3,00
7	01.07.06	1,00	3,00	1,42	3,97	-1,00
8	01.01.07	2,00	3,00	2,70	3,81	0,00
9	01.01.08	1,00	4,00	1,22	4,69	3,00
10	01.07.08		4,00	0,00	4,51	7,00
11	01.07.09		5,00	0,00	5,20	12,00
12	31.12.09		3,00	0,00	3,00	15,00
13						
14			10,0	25,0	14,7	29,4
15	Фактические показатели					
16	Чистый доход	млн руб.	15			
17	Рентабельность	%	150%			
18	Длительность проекта	год	5,00			
19	Эффективность E	%/год	30,0%			
20	Дисконтированные показатели					
21	Начальная дата проекта	дата	01.01.05			
22	Конечная дата проекта	дата	31.12.09			
23	Дата приведения	дата	31.12.09			
24	Ставка дисконта	%/год	10,0%			
25	Ставка рефинансирования	%/год	8,0%			
26	Нормативная прибыль	млн руб.	0,30			
27	Дисконтированная прибыль	млн руб.	14,70			
28	Рентабельность	%	100,1%			
29	Индекс рентабельности	%	200,1%			
30	Эффективность E _д	%/год	20,0%			
31	Внутренняя норма доходности	%/год	27,6%			
32	Внутренняя норма эффективности	%/год	14,1%			

Рис. 15 Параметры проекта с модифицированной внутренней нормой доходности

Сравнение параметров проекта на рис. 13 и 15 показывает существенную разницу между величиной **ВНД** (61,6%/год) для проекта на рис. 13 и величиной модифицированной **ВНД** (27,6%/год) для проекта на рис. 15. С другой стороны при ставке дисконта ниже ставки рефинансирования дисконтированная эффективность для проекта рис. 15 выше, чем для проекта на рис. 13. Но главное заключается в том, что ни один из качественных параметров проекта с фиксированной ставкой рефинансирования, включая и модифицированную **ВНД**, нельзя применить в качестве критерия при выборе проекта из-за отсутствия инвариантности при изменении даты приведения, относительно которой рассчитываются эквивалентные параметры при дисконтировании. Сравнение проектов возможно при одном условии. Ставка рефинансирования доходов и ставка нормативного роста инвестиции должны быть одинаковы для сравниваемых проектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инвестиционный проект представляет собой проект экономической системы воспроизводства инвестированного капитала. Как и в любой экономической системе, воспроизводство инвестированного капитала в виде дискретного потока инвестиционных платежей и поступлений доходов может быть расширенным, простым или деградирующим (убыточным).

Проведенное исследование показывает внутреннее единство непрерывной модели расширенного воспроизводства капитала с моделью воспроизводства в форме дискретных потоков капитала. Многообразие форм движения и преобразования капитала в экономике не отвергает единства внутренней, глубинной сущности процесса воспроизводства капитала и методов его измерения.

В проведенном исследовании методология измерения параметров инвестиционных проектов основана на единстве системы показателей, методов измерения и нормирования воспроизводства инвестируемого капитала с системами непрерывного воспроизводства капитала, моделируемыми на основе операторных моделей экономической кибернетики [5-7,9].

Литература

1. «Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» - М. изд-во «Экономика», 1977 г., 45 стр.
2. Лурье А.Л. «Экономический анализ моделей планирования социалистического хозяйства» - М., изд-во «Наука», 1973 г., стр. 320-340.
3. Залесский А.В. «О нормах эффективности капитальных вложений и приведения разновременных затрат и результатов», ж. «Экономика и математические методы», 1976 г., т. X11, вып. 1, стр. 155-156.
4. Ваг Л.А. «О нормативном коэффициенте экономической эффективности», ж. «Экономика и математические методы», 1976 г., т. X11, вып. 5, стр. 975-978.
5. Царьков В.А. «О проблеме единого критерия оценки экономической эффективности научно-технической и производственной деятельности», АН СССР, Институт экономики, Научный Совет по экономическим проблемам научно-технической революции препринт доклада, Москва 1982 г. 25 стр., 4 илл.
6. Царьков В.А. «Экономическая динамика и эффективность капитальных вложений» ISBN5-89463-001-0, Москва, изд. «ЛЕКСИКОН», 1997 г.—104 стр., 21 илл.
7. Царьков В.А. «Моделирование экономической динамики предприятия», журнал «Аудит и финансовый анализ» № 4, 2004 г. рег. № 77-11602 Минпечати, стр. 186-190.
8. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А., «Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика», учебное пособие, 2-ое издание, Москва изд-во «Дело» 2002 г., 888стр, ISBN – 7749 – 0286 – 2
9. Царьков В.А. «Внутренняя норма эффективности инвестиций», СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ - Приложение к журналу «Аудит и финансовый анализ», рег. ПИ №77-17242 Минпечати, 2004 г., №4 – стр. 92-97.
10. Лукасевич И.Я. «Анализ финансовых операции. Методы, модели, техника вычислений», Москва, изд-во «Финансы», издательское объединение «ЮНИТИ», 1998 г., 400 стр., ISBN 5-85173-115-X.

Царьков Вячеслав Алексеевич