

Круковский А.А.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ*

1. Инвестиционные процессы в условиях неопределенности

Неопределенность внешних условий - важнейший фактор бизнеса. Она влечет нарушения контроля за хозяйственными процессами и отношениями с поставщиками, потребителями, конкурентами. Актуальнейшими для эффективного управления становятся предвидение ее негативных последствий, разработка и использование различных методов и инструментов их предупреждения и преодоления. Инвестирование более всего подвержено влиянию этого фактора. Чем выше уровень неопределенности, на фоне которой разворачиваются инвестиционные процессы, тем сложнее достаточно точно прогнозировать их затраты и результаты, ниже интенсивность таких процессов и короче горизонт их планирования.

Разработка инвестиционной стратегии в условиях неопределенности - открытая задача, в которой принимающий решение не знает всей совокупности действующих факторов и должен сформулировать набор гипотез, прежде чем их оценивать. При этом реализация конкретного плана действий может привести к любому из фиксированного множества исходов, но вероятности их осуществления неизвестны, потому что либо недостаточна имеющаяся статистическая информация, либо они принципиально непознаваемы (налицо чистая неопределенность). Такая неопределенность создает риск. В финансовой сфере он означает вероятность того, что доход на сделанную инвестицию будет отличаться от ожидаемого, предполагая исходы не только неблагоприятные (downside risk), когда доходы ниже ожидаемых, но и благоприятные (upside risk) - в противоположной ситуации.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Гуманитарного Научного Фонда (проект 08-02-00020).

Результаты инвестиций, характеризующихся нормальным распределением доходов, могут быть оценены математическим ожиданием и стандартным отклонением или дисперсией последних, которые исчисляются с использованием информации о прошлом в предположении, что распределение доходов, имевшее место тогда, сохранится в будущем. Если такое предположение не выполняется, что и наблюдается при практически неизбежных значительных изменениях со временем характеристик активов, исторические оценки не способны служить удовлетворительной мерой риска.

Вырабатывая стратегические инвестиционные решения, различают следующие неопределенности и сопряженные с ними риски: ошибочный выбор инвестиционного проекта; отсутствие достаточного уровня финансирования, регулярного текущего снабжения, запланированного сбыта; неисполнение контрактов; возникновение неожиданных затрат и убытков; усиление конкуренции; непредвиденная утрата прав собственности и др. Необратимость инвестиционного процесса обуславливает необходимость принятия научно обоснованных решений. Поскольку точной информации о будущем состоянии проекта в условиях неопределенности не существует, лицо, принимающее решение, моделирует ее, чтобы создать основу для выработки того или иного решения. При этом объективный подход к моделированию весьма ограничен, так как далеко не всегда удается получить достаточно информации для расчета вероятностей тех или иных событий.

Вместе с тем, существует столь тонкое обстоятельство, как отношение лица, принимающего решение, к риску. На практике такие лица часто предпочитают не рисковать по-крупному, опасаясь больших потерь в случае неудачи. Этот феномен, придающий моделированию неопределенности субъективный характер, объясняется, прежде всего, психологической склонностью к риску, количеством доступных денежных средств на момент принятия решения и возможностью повторения рискованной ситуации в будущем. Именно он подвиг к использованию в моделировании инвестиционной деятельности предприятия, в том числе неопределенности ее условий, и управлению ею аппарата теории реальных опционов.

Представление инвестиционных возможностей как реального опциона позволяет сделать вывод, что такая традиционная оценка эффективности проекта как NPV, не просто неверна в случае неопределенного будущего, но обычно категорически не соответствуют оптимальному решению. Подход с позиций реального опциона, альтернативный традиционной модели дисконтированных денежных потоков, позволяет вывести

правило оптимального инвестирования, учитывающее, что на стоимость бизнеса влияют не только уже реализованные им проекты, но и перспективные, стоимость которых должна добавляться к нематериальным активам фирмы.

2. Реальные опционы, встроенные в инвестиционный проект

Оценка инвестиционного проекта с точки зрения концепции реальных опционов [1-3 и др.] включает поиск предоставляемых им дополнительных возможностей, которые не учитываются, если управление его реализацией является пассивным, т.е. следует шаблону действий, заложенному в исходных данных о проекте и игнорирующему появление синергетических эффектов при его осуществлении [5]. Именно так происходит при использовании для оценки проекта классического метода дисконтированных денежных потоков, разработка которого исторически была продиктована нуждами обоснования вложений в ценные бумаги, когда инвесторов отличает пассивность в том смысле, что, оперируя только ожиданиями, они не имеют никаких средств улучшить процентную ставку или дивиденды.

Названный метод недооценивает инвестиционные возможности, поскольку отвлекается от того, что, опираясь на новую информацию, отсутствующую в исходных данных о проекте, можно изменить принятое решение. Между тем, опционная теория выделяет две группы таких дополнительных возможностей. Первая — это изменения с течением времени параметров инвестиционного проекта: его расширение или сокращение, смена источников сырья или отказ от реализации проекта после получения дополнительной информации. Вторая группа характеризует внешнюю сторону инвестирования, когда выполнение одного проекта делает возможным другой, который без его завершения был бы неосуществим. Всякая такая возможность способна иметь свою стоимость и, чем больше подобных возможностей неявно содержится в проекте, тем значительнее и его стоимость [6].

Метод реальных опционов позволяет количественно оценить предоставляемые проектом дополнительные возможности и тем самым включить их в расчет его стоимости. Такая оценка играет ключевую роль при принятии инвестиционного решения, тогда как обычно, если эти возможности оцениваются лишь качественно, они попросту отбрасываются при сравнении количественных параметров проектов и в лучшем случае при прочих равных условиях служат плюсом для какого-то из них. Гиб-

кость управления вложениями предполагает, прежде всего, способность менеджера в зависимости от того, как будет развиваться ситуация в ходе осуществления инвестиционного проекта, принять решение, которое повлияет на дальнейший разворот событий. В частности, действуя не случайным образом, а соответственно цели проекта, и тем повышая его эффективность, менеджер может:

- сокращать, приостанавливать или останавливать негативные процессы, обнаруживаемые при реализации проекта;
- развивать его позитивные черты и распространять его опыт на другие проекты;
- откладывать начало или продолжение проекта до получения новой информации, имеющей коммерческую ценность;
- изменять корпоративную, инвестиционную или финансовую стратегию в соответствии с новыми условиями;
- сокращать в контрактах негативную стоимость рисков, увеличивая позитивную;
- оперативно изменять структуру и стоимость капитала, пользуясь новыми возможностями финансирования проектов и корпораций;
- влиять на величину денежного потока в ходе реализации проекта.

Рассмотрим основные опционы, которые возникают в связи с теми или иными действиями менеджмента. Прежде всего, это опцион на отсрочку начала проекта. Он представляет собой право на ожидание и принятие решения об инвестировании в проект в более поздний период. Такой опцион возникает часто, ибо приведенная стоимость денежных потоков многих проектов подвержена колебаниям и со временем может меняться так, что даже проект с первоначальным отрицательным доходом способен принести положительный доход в будущем. Кроме того, выгода от ожидания достижима даже после того, как у проекта возникнет положительная приведенная стоимость, если опцион имеет премию, превосходящую денежные потоки, которые могут быть созданы в следующий период в результате принятия проекта. Такой опцион более ценен при наличии у фирмы эксклюзивного права инвестировать в проект и менее ценен при заниженных барьерах на вход в него.

Допустим, что проект требует первоначальных инвестиций I и рассчитанный в момент времени t_0 его денежный поток равен $V(t_0)$, причем

$$NPV(t) = V(t) - I. \quad (1)$$

В последующие n лет фирма имеет эксклюзивное право на этот проект и приведенная стоимость денежных потоков способна со временем измениться в результате изменений либо доходной (расходной) части

проекта, либо ставки дисконтирования. Таким образом, в текущий момент он может иметь отрицательную чистую приведенную стоимость, но если фирма подождет, может стать прибыльным. Правило принятия фирмой решения по проекту следующее: она инвестирует, если $V(t) > I$ и воздерживается, если $V(t) < I$.

Если фирма не инвестирует в течение срока существования проекта (Т), он не создает никаких дополнительных денежных потоков, хотя при этом теряются инвестиции, сделанные ранее ради получения эксклюзивных прав на него. Эти инвестиции представляют собой не что иное, как цену опциона. Таким образом, опцион на отсрочку начала проекта представляет собой реальный колл-опцион, базовым активом которого является приведенная стоимость денежных потоков проекта, цена исполнения - стоимость инвестиций, необходимых для запуска проекта, срок исполнения - время, в течение которого фирма сохраняет право на проект.

Основным параметром, влияющим на стоимость этого опциона, является неопределенность цены его базового актива, т.е. приведенной стоимости денежных потоков. Эту неопределенность следует рассматривать не как проблему, а как причину, по которой опцион на отсрочку начала проекта имеет стоимость. Если бы денежные потоки по проекту были доподлинно известны, то отсутствовала бы необходимость использовать аппарат реальных опционов. Модель опциона на инвестиции показывает, что его стоимость при нулевой волатильности стремится к $(V-I)$, т.е. к NPV.

Опцион на отсрочку начала проекта имеет ценность только при неопределенности оценки его денежный потоков. Она может быть связана как с отсутствием точной информации о рынке, на котором предполагается реализовывать товар, так и с возможностью технологических сдвигов, способных в будущем повлиять на структуру издержек и прибыльность продукта. Дисперсия приведенной стоимости такого проекта может быть оценена одним из трех способов: на основе опыта инвестирования в прошлом в аналогичные проекты; исходя из различных рыночных сценариев; в ориентации на данные фирм, занимающихся аналогичным бизнесом.

Стоимость опциона обусловлена главным образом дисперсией денежных потоков: чем она значительнее, тем выше стоимость проекта с опционом на отсрочку. Поэтому для опциона на проект в стабильном бизнесе она будет меньше, чем в других условиях. В принципе инвестор может исполнять опцион не сразу по достижении денежными потоками положительного значения, а выждать время, чтобы посмотреть, не

уменьшаться ли они опять в случае колебаний рынка или возникновения дополнительных факторов. Но, если инвестор поступает так, то несет издержки упущенных возможностей, определяющие стоимость отсрочки исполнения опциона. Когда денежные потоки равномерно распределяются во времени, а срок патента (опциона) - n лет, эта стоимость (ОС) равна $1/n$. Но если денежные потоки неравномерны, то ее можно определить как

$$OC = \frac{V(t+1)}{V(t)}. \quad (2)$$

Вероятность задержки инвестирования всегда выше на первых этапах периода эксклюзивных прав, чем позднее, так как с увеличением периода ожидания растут и издержки упущенных возможностей.

Другой опцион - на отказ от проекта при его некупаемости. Он может оказаться ценным, особенно для проектов с большой дисперсией денежных потоков, и как следствие, значительным потенциалом убытков. В отличие от предшествующего - это реальный опцион-пут. Пусть $V(T-t)$ - остающаяся стоимость проекта (приведенная стоимость будущих денежных потоков), $L(t)$ - ликвидационная стоимость проекта в момент времени t , которую инвестор может получить при отказе от проекта и продаже имеющихся активов (T - горизонт планирования проекта, $(T-t)$ - время, оставшееся до окончания проекта). Однако в этом случае ему придется отказаться и от еще не полученных будущих доходов проекта $V(T-t)$. Когда $L(t) > V(T-t)$, стоимость опциона $C(t)$ становится больше нуля и инвестор может получить доход в размере $L(t) - V(T-t)$, а когда $L(t) < V(T-t)$, $C(t) = 0$. **Графически опцион на отказ от реализации проекта** представлен на Рис.1.

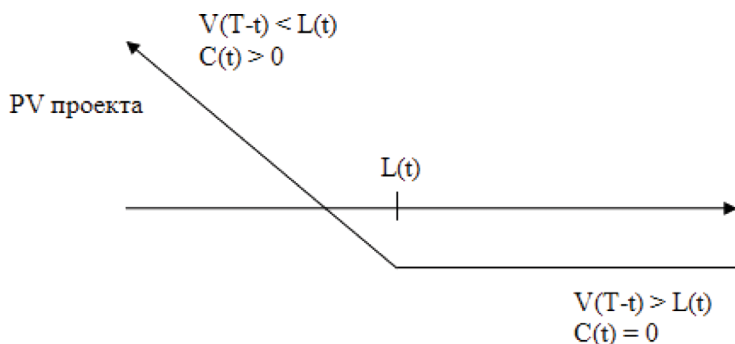


Рис.1. Стоимость опциона на отказ от реализации проекта

Базовым активом опциона на отказ от реализации проекта является его денежный поток, который представляет собой неопределенную величину, зависящую одновременно от нескольких случайных параметров. Как правило, это объем сбыта, цены продаж и себестоимость товаров. Страйк для такого опциона - ликвидационная стоимость. Владелец опциона получает ее при продаже своего базового актива (проекта).

Возможны несколько вариантов динамики ликвидационной стоимости с течением времени: она остается постоянной на всем протяжении проекта, т.е. $L(t)=const$ (этот случай реализуется, если опцион на отказ оформлен в виде контракта на продажу бизнеса третьим лицам по фиксированной цене или если активы проекта полностью либо частично находятся в залоге у банка, который участвует в финансировании проекта, и при его закрытии активы реализуются по фиксированной цене с учетом банковского дисконта); линейно уменьшается со временем (более вероятный случай, так как обычно большая часть инвестиций идет на закупку основных средств, цена которых с течением времени снижается вследствие амортизации); случайная величина, способная с течением времени и снижаться, и расти (например, инвестор строительства объекта, который затем планируется сдавать в аренду, может выйти из проекта, продав весь объект целиком, но цена продажи заранее неизвестна и зависит от случайного движения цен на рынке недвижимости).

На первый взгляд здесь имеется противоречие со стандартной теорией финансовых опционов, в которых страйк фиксирован. Однако оно лишь кажущееся, поскольку в подавляющем большинстве случаев инвестору известен закон изменения цены продажи основных средств проекта, и в любой момент времени она может быть достаточно точно спрогнозирована. Правда, как правило, такие активы обладают низкой ликвидностью, и вовремя осуществить их продажу достаточно сложно. Поэтому важно знать граничное значение времени, после которого опцион теряет свою стоимость и готовиться к его исполнению заранее с учетом времени, которое может потребоваться на реализацию активов.

Зависимость ликвидационной стоимости от времени имеет вид:

$$L(t) = \frac{I(1 - kt)}{(1 + r)^t}, \quad (3)$$

где I - первоначальный объем инвестиций; k - коэффициент амортизации; r - норма дисконта. Инвестор может исполнить опцион на отказ от реализации проекта, в том случае, когда этот опцион $C(t)$ становится «в-деньгах», т.е. $L(t) > V(T-t)$. Дисконтированный денежный поток про-

екта - это функция

$$V(t) = \sum_{i=1}^t \frac{PQ}{(1+r)^i}, \quad (4)$$

где P - фактическая норма дохода на единицу продукции от проекта; Q - годовой объем продаж этой продукции. Используя свойства суммы первых t членов геометрической прогрессии, преобразуем (4) к виду:

$$\sum_{i=1}^t \frac{1}{(1+r)^i} = \frac{1}{1+r} \cdot \frac{\left(\frac{1}{1+r}\right)^t - 1}{\frac{1}{1+r} - 1} = \frac{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)^t}{r}. \quad (5)$$

После подстановки (5) в (4) имеем:

$$V(t) = PQr^{-1} \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^t \right]. \quad (6)$$

Принимая решение о выходе из проекта, инвестору необходимо сравнить ликвидационную стоимость с оставшимся до окончания проекта приведенным доходом $V(T-t)$, который в данном случае играет роль издержек упущенных возможностей:

$$V(T-t) = PQr^{-1} \left[\frac{1}{(1+r)^t} - \frac{1}{(1+r)^T} \right]. \quad (7)$$

Приравняв (3) к (7), находим такой момент времени t_L , при котором целесообразен выход из проекта, т.е. $C(t) > 0$:

$$\frac{I(1 - kt_L)}{(1+r)^{t_L}} = PQr^{-1} \left[\frac{1}{(1+r)^{t_L}} - \frac{1}{(1+r)^T} \right]. \quad (8)$$

Отсюда

$$PQ \cdot \frac{1 - (1+r)^{t_L-T}}{r} = I(1 - kt_L). \quad (9)$$

Левая часть (9) - денежный поток, дисконтированный к моменту принятия решения об отказе от проекта t_L , правая - ликвидационная стоимость. Цена опциона на отказ от проекта - это

$$C(t) = \max[L(t) - V(T-t); 0]. \quad (10)$$

Чтобы исследовать, как она изменяется с течением времени, рассмотрим функцию $g(t) = L(t) - V(T-t)$, которая имеет вид:

$$g(t) = I(1-kt) - PQ \cdot \frac{1 - (1+r)^{t-T}}{r}. \quad (11)$$

Найдем минимум этой функции из условия:

$$\frac{PQ \cdot \ln(1+r)}{r(1+r)^T} \cdot (1+r)^t - Ik = 0. \quad (12)$$

Отсюда

$$t = \log_{1+r} \left[\frac{Ik r (1+r)^T}{PQ \cdot \ln(1+r)} \right]. \quad (13)$$

Стоимость опциона зависит от коэффициента амортизации k , горизонта планирования проекта T и ставки дисконтирования. Когда $k=1/T$, все активы подвергнутся полному износу и ликвидационная стоимость сравняется с денежными потоками точно к моменту завершения проекта, так что опцион будет иметь стоимость только на начальном интервале. Если $k < 1/T$, опцион снова будет «в деньгах» до момента завершения проекта, а активы самортизируются после этого, и, следовательно, остающиеся инвестор сможет продать. Случай $k > 1/T$ соответствует амортизации активов и утрате ими способности создавать денежный поток еще до момента завершения проекта.

Функция ликвидационной стоимости для опционов на отказ от бизнеса может иметь и иной вид: расти вместе с ростом рынка этих активов или повышения вследствие различных факторов ценности патентов либо лицензий; оставаться постоянной; снижаться не по линейному закону. Поэтому при расчете опциона на отказ в каждом конкретном случае, необходимо определять вид этой функции. Общим условием отказа от проекта является ее превышение над будущими денежными потоками, которое обуславливает ненулевую стоимость опциона на отказ. При наличии этого и заложенного в структуру проекта опциона на отказ от его реализации к чистому приведенному доходу от проекта может быть добавлена такая стоимость.

Разновидностью опциона на отказ является опцион на сокращение проекта. Это - право его инициатора, терпящего убытки, потому что си-

туация развивается по нежелательному сценарию, одновременно или поэтапно свернуть проект. Такая фирма, связанная долгосрочными обязательствами, которые фиксируют объемы и цены поставок по проекту, не всегда может уменьшить масштабы бизнеса. А если организационно и технологически это осуществимо, то способно придать ему дополнительную привлекательность. Возможность на каком-то этапе сократить объем производства и есть тот реальный опцион, о котором идет речь. Его присутствие в проектах с высоким риском может оказаться весьма желательным, ибо позволяет снизить потенциальные убытки и сделать проект более ценным.

Опцион на сокращение предполагает не продажу активов проекта, а лишь их частичное замораживание на какое-то время, пока не восстановится благоприятная ситуация на рынке. Он особенно актуален при действиях на высокоподвижных рынках и во время хозяйственных спадов, а с опционом на выход из проекта схож тем, что представляет собой реальный опцион-пут, базовым активом которого являются денежные потоки, оставшиеся до окончания проекта, т.е. $V(T-t)$. Но его страйк - не ликвидационная стоимость, а денежные потоки $V'(T-t)$, получаемые после сокращения (см. Рис.2).

Реализации дополнительных возможностей, которые могут появиться, после того, как сделаны первоначальные инвестиции в проект, помогает опцион роста. В таких случаях предшествующие проекты выступают как выгодные опционы, позволяющие фирме инвестировать в другие проекты. При этом допустимо даже вкладывать деньги и в проект с отрицательной NPV, если в результате его реализации возникает возможность участия в будущем проекте с высокой компенсирующей это приведенной стоимостью.

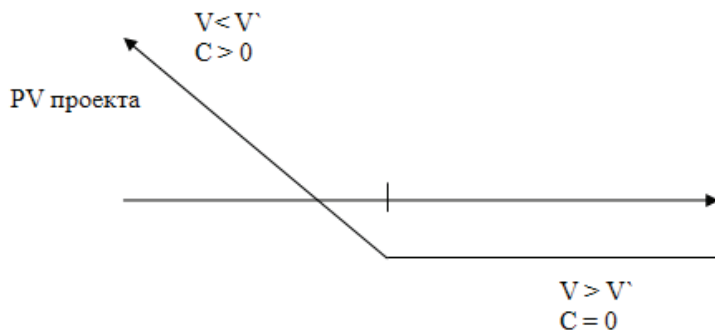


Рис.2. Цена опциона на сокращение проекта

Опцион на расширение может быть оценен при анализе первоначального проекта. Допустим, что он даст фирме право на расширение и инвестирование в новый проект в будущем. Оцененная сегодня, ожидаемая приведенная стоимость денежных потоков от инвестирования в будущий проект равна V , а общие инвестиции, необходимые для этого проекта, - X . Фирма имеет фиксированный период времени, по истечении которого должна принять окончательное решение, совершать ли инвестиции в будущем или нет. Она не может приступить к реализации будущего инвестиционного проекта, не реализовав первоначальный убыточный. В этом случае отрицательный NPV от реализации первого проекта будет играть роль цены реального опциона на следующий проект, т.е. $NPV_1 = C_2$.

Рассмотрим два проекта. Первый имеет отрицательную чистую приведенную стоимость и признается плохими инвестициями, второй выступает как потенциал для расширения, осуществляемого вместе с первым проектом, и его денежный поток оказывается базовым активом опциона на расширение. Из Рис.3 видно, что он представляет собой реальный колл-опцион с базовым активом в виде денежных потоков на проект расширения. Если имеет место значительная неопределенность потенциала расширения, то приведенная стоимость будет сильно меняться в зависимости от обстоятельств. Для оценки опциона следует использовать ее дисперсию.

Цена исполнения такого опциона - инвестиции, требуемые для расширения проекта. Поскольку обычно не существует установленной внешним образом продолжительности этого, срок опциона определить довольно сложно и, как правило, при оценке стоимости опциона на расширение используются внутренние ограничения инициатора проекта по срокам, в течение которых оно может быть осуществлено. Таковую теоретическую стоимость, полученную, например, с помощью модели Блэка-Шоулза или биномиальной модели [6], можно сравнить с реальной стоимостью опциона ($C = NPV_1$), оценив тем самым оправданность затрат, понесенных на реализацию первоначального проекта. Если расчетная стоимость опциона C превышает фактическую NPV_1 , то все в порядке, так как инвестор не переплачивает за результат второго проекта. При этом условием реализации проекта на расширения, т.е. приобретения опциона на расширение, оказывается

$$C(V_2) > NPV_1. \quad (14)$$

Когда исполнение такого опциона открывает возможность расширять бизнес и далее, совершая последовательные вложения, проект предстает как многоэтапный, а инвестор - как держатель опциона на

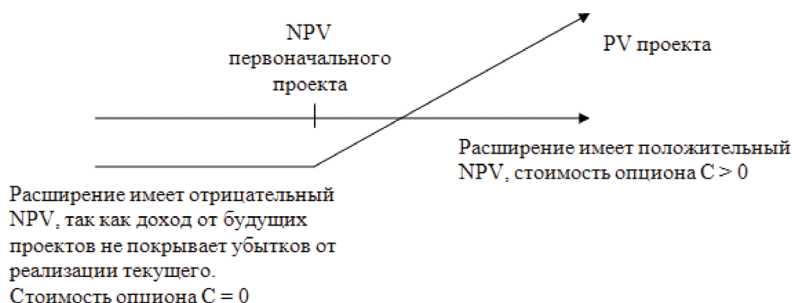


Рис.3. Стоимость опциона на расширение

перемещение по этапам. Потенциально это способно защитить фирму от риска при снижении спроса, позволяя по итогам его измерения на каждом этапе решать, переходить на следующий этап или нет. Стандартный проект может быть переработан и представлен в виде серии опционов на расширение, где каждый следующий зависит от предыдущего. В результате исполнения первого опциона инвестор получает второй опцион, исполняя который, получает третий и т.д. Таким образом, каждый следующий выступает базовым активом для предыдущего, который фирма приобретает по цене инвестиций на текущем этапе.

Рассмотрение проекта как последовательного опциона позволяет предположить, что некоторые проекты являются непривлекательными в плане полных инвестиций, но способны создавать стоимость, если фирма может инвестировать в отдельные этапы, а какие-то проекты, привлекательные в плане полных инвестиций, могут стать еще привлекательнее, если принять их на отдельных этапах. Отсюда вытекают выводы о том, какие проекты чреваты наибольшими выгодами от осуществления инвестиций на нескольких этапах. Это - реализуемые при высоких барьерах входа на рынок конкурентов, способных получить преимущество в результате отсрочек полномасштабного производства; проекты, в которых присутствует значительная неопределенность относительно размера рынка и заключительного успеха продукта; проекты, требующие крупных инвестиций в инфраструктуру и высоких постоянных издержек, которые отчасти могут покрываться средствами, заработанными на предыдущих этапах (развитие по спирали).

Увеличивать или сокращать объемы производства в течение жизненного цикла проекта позволяет наличие в нем опционов изменения масштаба. Такой опцион особенно ценен для фирм из отраслей циклического развития, когда спад производства чередуется с его резким ростом

(пример - винодельческие заводы, которым есть смысл замораживать мощности, невостребованные в неурожайные годы). В качестве реального опциона может выступать собственный капитал компании, что более всего актуально при определении эффективности проектов слияний и поглощений, благодаря чему, приобретя контроль над фирмой, инвестор обретает право через некоторое время, выплатив долг, получить в собственность все ее активы.

Существует множество других реальных опционов, возникающих в ходе инвестиционной деятельности. Выше описаны лишь основные из них, и уже их перечень дает представление о многообразии возможностей, которыми теория реальных опционов наделяет менеджмент.

3. Моделирование реальных опционов

Метод реальных опционов объединяет два различных подхода к оценке инвестиционных проектов. Во-первых, опционы могут быть встроены внутрь проекта, таким образом, что он моделируется как корзина реальных опционов колл и пут. Во-вторых, непосредственно при оценке самого инвестиционного проекта и его денежного потока используются методы теории опционов, основанной на математическом аппарате стохастического анализа. Совместное применение этих подходов формирует новый способ управленческого мышления, суть которого в том, что топ-менеджеры, разрабатывая стратегию компании, рассматривают опционы в проекте как универсальную основу осознанного регулирования инвестиционной деятельности, принятия гибких управленческих решений в условиях неопределенности.

Полезность реального опциона зависит от его цены. Базовой для ее определения является биномиальная модель. Она основана на наглядном представлении опционов как возможностей выбора из нескольких ситуаций в узловых точках реализации проекта. Другой инструмент такой оценки - модифицированная модель Блэка-Шоулза [6]. Различие между этими моделями в том, что одна является дискретной и предполагает наличие заранее известного конечного числа интервалов (звеньев) бинарного дерева, другая непрерывна и исходит из того, что число звеньев дерева бесконечно велико, а длина каждого интервала бесконечно мала.

Техника построения биномиальной модели более громоздка, но она позволяет получить более точные результаты, когда существует несколько источников неопределенности или большое количество дат принятия решения. В ее основе лежат два допущения: в одном интервале времени

могут быть только два варианта развития событий (худший и лучший); инвесторы нейтрально относятся к риску. Вычисление стоимости опциона по этой модели, в сущности, представляет собой движение по «дереву решений» (см. Рис.4), где в каждой точке менеджеры стараются принять наилучшее решение. В итоге денежные потоки, возникающие как следствие будущих решений, сводятся к приведенной стоимости. Но в реальной жизни «дерево решений», как правило, имеет гораздо больше узлов их принятия.

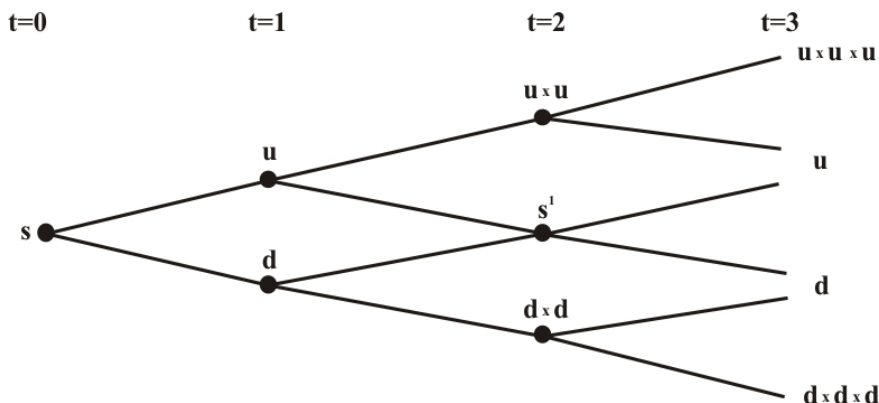


Рис.4. Дерево решений трехступенчатой биномиальной модели: t - период; s - первоначальная стоимость базового актива; u - рост стоимости; d - снижение стоимости

Принципы расчета стоимости реального опциона при «дереве решений» с большим количеством дат их принятия те же самые, что и в одноступенчатой модели. Но чем больше узлов принятия решений, тем сложнее оценивание. На практике основные трудности использования биномиальной модели - в определении значений относительного роста и снижения стоимости бизнеса в каждом периоде, а также вероятностей положительного и негативного вариантов развития событий. Возможный рост базисного актива (проекта) рассчитывается как

$$V_t = uV_{t-1}, \quad (15)$$

где u - относительный рост базового актива; V_t - его стоимость на шаге t . Снижение этой стоимости вычисляется как

$$V_t = dV_{t-1}, \quad (16)$$

где d - относительное снижение. Тогда, исходя из предположения о нейтральном отношении к риску, вероятность относительного роста p в периоде t рассчитывается как:

$$p = \frac{(1+r) - d}{u - d}. \quad (17)$$

Соответственно, вероятность снижения стоимости проекта будет равна $(1-p)$, где p - условная риск-нейтральная вероятность, r - безрисковая процентная ставка (инвестор, который нейтрален по отношению к риску, будет получать доход на уровне безрисковой процентной ставки), причем

$$1+r = up + d(1-p), \quad (18)$$

т.е. в величине безрисковой процентной ставки находят отражение вероятности всех будущих результатов инвестирования u с вероятностью p и d с вероятностью $(1-p)$. Стоимость опциона на данный проект на шаге t

$$C_t = \sum_{t=1}^T \frac{p_t u_t V_{t-1} + (1-p_t) d_t V_{t-1}}{(1+r)^t}. \quad (19)$$

Формула (19) - это общий вид уравнения цены опциона при различных значениях u_t и d_t , которые на каждом шаге t могут принимать разные значения. Инвестор исполняет опцион только в том случае, если в результате получает положительный доход $V_t > V_0$ или $V_t > 0$, а в противном случае отказывается от исполнения опциона и получает доход $V_t = 0$. Стоимость опциона увеличивается пропорционально числу возможных шагов t . Таким образом, чем больше у менеджеров возможности повлиять на ход проекта (чем больше в модели узловых точек), тем ценнее опцион на данный проект (см. Рис.5).

Реальные опционы могут также моделироваться методами стохастического анализа. Хорошо отображает неопределенность поведения цены базисных активов на фондовых рынках винеровский процесс, точнее броуновское движение с дрейфом, которое поэтому легло в основу модели Блэка-Шоулза для финансовых опционов. При соответствующей интерпретации параметров она применима и для реальных опционов.

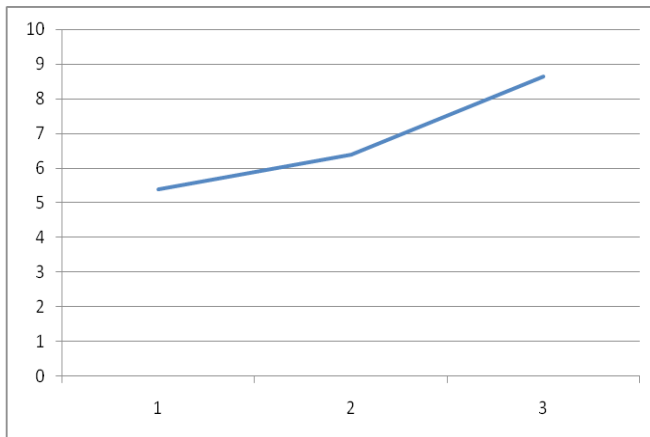


Рис.5. Зависимость стоимости опциона от времени

Литература

1. Круковский А.А. Модель реальных опционов в инвестиционном анализе. // Модели и информационные технологии хозяйственной политики. Труды ИСА РАН. Том 30. М.: ЛКИ, 2007.
2. Лимитовский М.А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках. М.: Дело, 2004.
3. Макмиллан, Лоуренс Г. Опционы как стратегическое инвестирование. 3-е издание. М.: Евро, 2003.
4. Применение теории опционов для оценки компаний. // Рынок ценных бумаг, 2000, №12.
5. Merton, Robert C. Theory of Rational Option Pricing. // Bell Journal of Economics and Management Science, 1973, v.4.
6. Black, Fischer and Scholes, Myron. Theory of Rational Option Pricing. // Journal of Political Economy, 1973.