

Тема 8. Определение коммерческого риска при инвестициях в инновационную деятельность и методы его уменьшения

- 1. Общие понятия неопределенности и риска**
- 2. Некоторые понятия из теории статистики**
- 3. Методы оценки рисков**
 - 3.1. Метод корректировки нормы дисконта**
 - 3.2. Метод достоверных эквивалентов (коэффициентов достоверности)**
 - 3.3. Анализ чувствительности**
 - 3.4. Метод сценариев**
 - 3.5. Деревья решений**
 - 3.6. Имитационное моделирование инвестиционных рисков**
- 4. Способы снижения риска**
- 5. Некоторые алгоритмы проведения анализа риска инновационного проекта**
 - 5.1. Алгоритм имитационного моделирования**
 - 5.2. Алгоритм сценарного анализа**
- 6. Пример расчёта**
 - 6.1. Риск-анализ инвестиционного проекта методом имитационного моделирования**
 - 6.2. Риск-анализ инвестиционного проекта методом сценариев**
 - 6.3. Анализ рисков с построением дерева решений**

1. Общие понятия неопределенности и риска

Инновационная деятельность обладает высокой степенью неопределенности. Очень трудно предвидеть, какая инновация будет иметь успех на рынке, а какая не будет пользоваться спросом. Поэтому инновационным предприятиям в первую очередь следует тщательно анализировать инновационные проекты для того, чтобы избежать возможных ошибок на самой ранней стадии — стадии отбора проектов.

Под неопределенностью будем понимать состояние неоднозначности развития определенных событий в будущем, состоянии нашего незнания и невозможности точного предсказания основных величин и показателей развития деятельности предприятия и в том числе реализации инвестиционного проекта. Неопределенность - это объективное явление, которое с одной стороны является средой любой предпринимательской деятельности, с другой стороны - это причина постоянной головной боли любого предпринимателя. Полное исключение неопределенности, т. е. создание однозначных условий протекания бизнеса является сколь желаемым для каждого предпринимателя, столь же и невозможным. В то же время, неопределенность нельзя трактовать как исключительно негативное явление. В мутной воде рыночной экономики, особенно в ее еще не вполне состоявшемся положении, неопределенность может сулить дополнительные возможности, которые не были видны в самом начале инвестиционного проекта. В целом же явление неопределенности оценивается со знаком минус в предпринимательской деятельности.

Менеджер, прогнозирующий конкретный показатель проекта, просто перекладывает свою ответственность на плечи лица, принимающего решение в отношении всего проекта в целом. В самом деле, если каждая величина инвестиционного проекта задана однозначно, то принятие решения - это обычно формальное действие: если внутренне норма прибыльности выше стоимости капитала, то проект принимается. В состоянии неопределенности такого однозначного решения нет, т. к. интервалы возможных значений по каждому из параметров инвестиционного проекта порождают интервал значений показателя эффективности, в прежнем случае внутренней нормы прибыльности. Этот интервал, как правило, накрывает стоимость капитала, что не позволяет однозначно принять или отклонить проект. Здесь появляется новый фактор, который является определяющим для принятия решения - это **фактор риска**.

В общем случае под риском понимается возможность того, что произойдет некое нежелательное событие. В предпринимательской деятельности риск принято отождествлять с

возможностью потери предприятием части своих ресурсов, снижение планируемых доходов или появление дополнительных расходов в результате осуществления определенной производственной и финансовой деятельности.

Риски, связанные с инвестициями в нововведения *классифицируются* следующим образом:

- кредитный (деловой) риск;
- инфляционный риск;
- процентный риск;
- валютный риск.

Эти риски рассчитываются в рамках ТЭО по соответствующим методикам в зависимости от содержания конкретного проекта нововведений.

Существует еще один специфический вид риска. Это риск политический, который связан с возможными убытками предпринимателей и инвесторов вследствие нестабильной политической ситуации в стране. Приход к власти новой политической партии или нового движения, как правило, сопровождается сменой ряда экономических законов, регулирующих в числе прочих инвестиционную деятельность. Могут быть отменены налоговые льготы, измениться приоритеты правительства. Как крайний случай, может измениться форма собственности, например, как следствие национализации. Именно этот риск по мнению зарубежных инвесторов является определяющим в странах с переходной экономикой. И именно по этой причине они согласны инвестировать свои средства только при условии получения правительственных гарантий.

В целом же, все участники инвестиционного проекта заинтересованы в том, чтобы исключить возможность полного провала проекта или хотя бы избежать убытка для себя. В условиях нестабильной и быстро меняющейся ситуации субъекты инвестиционной деятельности вынуждены учитывать все факторы, которые могут привести к убыткам. Таким образом, назначение анализа риска - дать потенциальным инвесторам необходимые данные для принятия решения о целесообразности участия в проекте и предусмотреть меры по защите от возможных финансовых потерь.

Особенностью методов анализа риска является использование вероятностных понятий и статистического анализа. Это соответствует современным международным стандартам и является весьма трудоемким процессом, требующим поиска и привлечения многочисленной количественной информации. Эта черта анализа риска отпугивает многих предпринимателей, т. к. требует специфических знаний и навыков. В этом случае выходом из положения является привлечение квалифицированных консультантов, которым ставятся задачи и предоставляется набор всей необходимой информации. Такая практика распространена в западных странах.

Как правило, в инвестиционном проектировании используются последовательно следующие методы оценки рисков:

1. анализ неопределенности путем анализа чувствительности и сценариев,
2. анализ неопределенности с помощью оценки рисков, который может быть проведен с использованием разнообразных вероятностно-статистических методов.

Причем первый является обязательным, а второй - весьма желательным, в особенности, если рассматривается крупный инвестиционный проект с общим объемом финансирования свыше одного миллиона долларов. Большое значение для снижения инновационного риска играет организация защиты коммерческой тайны на предприятии, так как в некоторых случаях техническая и коммерческая информация о разрабатываемом на фирме инновационном проекте может "подтолкнуть" конкурентов к параллельным разработкам.

2. Некоторые понятия из теории статистики

Вероятность (P) события (E) – отношение числа K случаев благоприятных исходов, к общему числу всех возможных исходов (M).

$$P(E) = K / M \quad (1)$$

Вероятность наступления события может быть определена объективным или субъективным методом.

Объективный метод определения вероятности основан на вычислении частоты, с которой происходит данное событие. Например, вероятность выпадения “орла” или “решки” при подбрасывании идеальной монеты – 0,5.

Субъективный метод основан на использовании субъективных критериев (суждение оценивающего, его личный опыт, оценка эксперта) и вероятность события в этом случае может быть разной, будучи оцененной разными экспертами.

В связи с этими различиями в подходах необходимо отметить несколько нюансов:

Во-первых, объективные вероятности имеют мало общего с инвестиционными решениями, которые нельзя повторять много раз, тогда как вероятность выпадения “орла” или “решки” равна 0,5 при значительном количестве подбрасываний, а например при 6 подбрасываниях может выпасть 5 “орлов” и 1 “решка”.

Во-вторых, одни люди склонны переоценивать вероятность наступления неблагоприятных событий и недооценивать вероятность наступления положительных событий, другие наоборот, т.е. по разному реагируют на одну и ту же вероятность (когнитивная психология называет это эффектом контекста).

Однако, несмотря на эти и другие нюансы, считается, что субъективная вероятность обладает теми же математическими свойствами, что и объективная.

Размах вариации (R) – разница между максимальным и минимальным значением фактора

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (2)$$

Этот показатель дает очень грубую оценку риску, т.к. он является абсолютным показателем и зависит только от крайних значений ряда.

Дисперсия – сумма квадратов отклонений случайной величины (X_k) от ее среднего значения ($M(E)$), взвешенных на соответствующие вероятности (S_{pk}).

$$\text{Var}(E) = \sum_{k=1}^{k=n} [S_{pk} (X_k - M(E))^2] \quad (3)$$

$M(E)$ – среднее или ожидаемое значение (математическое ожидание) дискретной случайной величины E определяется как сумма произведений ее значений на их вероятности:

$$M(E) = \sum_{k=1}^{k=n} S_{pk} X_k \quad (4)$$

Математическое ожидание – важнейшая характеристика случайной величины, т.к. служит центром распределения ее вероятностей. Смысл ее заключается в том, что она показывает наиболее правдоподобное значение фактора.

Использование дисперсии как меры риска не всегда удобно, т.к. размерность ее равна квадрату единицы измерения случайной величины.

На практике результаты анализа более наглядны, если показатель разброса случайной величины выражен в тех же единицах измерения, что и сама случайная величина. Для этих целей используют стандартное (среднее квадратическое) отклонение $s(E)$.

$$s(E) = \sqrt{\text{Var}(E)} \quad (5)$$

Все вышеперечисленные показатели обладают одним общим недостатком – это абсолютные показатели, значения которых предопределяют абсолютные значения исходного фактора. Гораздо удобнее поэтому использовать коэффициент вариации (CV).

$$CV = s(E) / M(E) \quad (6)$$

Определение CV особенно наглядно для случаев, когда средние величины случайного

события существенно различаются.

Правило трёх сигм: если случайная величина E распределена нормально (с параметрами $M(E)$ и $s(E)$), то практически достоверно, что абсолютная величина её отклонения от математического ожидания не превосходит утроенного среднего квадратического отклонения:

$$P(|E - M(E)| \leq 3s(E)) \approx 1 \quad (7)$$

Другими словами, если случайная величина E имеет нормальный закон распределения с параметрами $M(E)$ и $s(E)$, то практически достоверно, что её значения заключены в интервале:

$$(M(E) - s(E), M(E) + s(E)) \quad (8)$$

В отношении оценки риска финансовых активов необходимо сделать три замечания:

Во-первых, при сравнительном анализе финансовых активов в качестве базисного показателя следует брать рентабельность, т.к. значение дохода в абсолютной форме может существенно варьировать.

Во-вторых, основными показателями риска на рынке капиталов являются дисперсия и среднее квадратическое отклонение. Поскольку в качестве базиса для расчета этих показателей берется доходность (рентабельность), критерий относительный и сопоставимый для различных видов активов, нет острой нужды в расчете коэффициента вариации.

В-третьих, иногда в литературе вышеприведенные формулы даются без учёта взвешивания на вероятности. В таком виде они пригодны лишь для ретроспективного анализа.

3. Методы оценки рисков

3.1. Метод корректировки нормы дисконта

Достоинства этого метода — в простоте расчетов, а также в понятности и доступности. Вместе с тем метод имеет существенные недостатки.

Метод корректировки нормы дисконта означает обыкновенное дисконтирование по более высокой норме, но не дает никакой информации о степени риска. При этом полученные результаты существенно зависят только от величины надбавки за риск. Он также предполагает увеличение риска во времени с постоянным коэффициентом, что вряд ли может считаться корректным, так как для многих проектов характерно наличие рисков в начальные периоды с постепенным снижением их к концу реализации. Таким образом, прибыльные проекты, не предполагающие со временем существенного увеличения риска, могут быть оценены неверно и отклонены. Данный метод не несет никакой информации о вероятностных распределениях будущих потоков платежей и не позволяет получить их оценку. Обратная сторона простоты метода состоит в существенных ограничениях возможностей моделирования различных вариантов, которое сводится к анализу зависимости критериев NPV(IRR,PI и др.) от изменений только одного показателя — нормы дисконта. Несмотря на отмеченные недостатки, метод корректировки нормы дисконта широко применяется на практике.

3.2. Метод достоверных эквивалентов (коэффициентов достоверности)

В отличие от предыдущего метода в этом случае осуществляют корректировку не нормы дисконта, а ожидаемых значений потока платежей CF путем введения специальных понижающих коэффициентов (a_t) для каждого периода реализации проекта.

$$a_t = CCF_t / RCF_t \quad (9),$$

где: CCF_t – величина чистых поступлений от безрисковой операции в период t ;
 RCF_t - ожидаемая (запланированная) величина чистых поступлений от реализации проекта в период t ;
 t – номер периода.

Тогда достоверный эквивалент ожидаемого платежа может быть определен как:

$$CCF_t = a_t RCF_t \quad (10),$$

где $a_t \leq 1$

Таким образом, осуществляется приведение ожидаемых поступлений к величинам платежей, получение которых практически не вызывает сомнений и значения которых могут быть определены более или менее достоверно либо точно.

Однако на практике для определения значений коэффициентов чаще используется метод экспертных оценок. В этом случае коэффициенты отражают степень уверенности специалистов-экспертов в том, что поступление ожидаемого платежа осуществится.

После того, как значения коэффициентов определены, осуществляется расчет критерия NPV:

$$NPV = \sum_{t=1}^n (a_t * CF_t) / (1+r)^t - I_0 \quad (11),$$

где: CF_t - суммарный поток платежей в период t ;
 r - используемая ставка процента;
 a_t - корректирующий множитель;
 I_0 - начальные инвестиции;
 n - срок проекта.

Предпочтение отдается тому проекту, по которому величина NPV больше.

Пример.

Предприятие оценивает риск проекта, первоначальные затраты по которому составят 100 тыс. руб. ожидаемые чистые поступления от реализации проекта равны 50 тыс., 60 тыс. и 40 тыс. руб. В результате опроса экспертов получены следующие значения коэффициентов достоверности: 0,9, 0,85 и 0,6 соответственно. Ставка дисконта равна 8%.

Расчет скорректированного потока платежей осуществляется следующим образом:

Таблица

t	$T / (1+0,08)^t$	CF_t	a_t	$a_t * CF_t$	NPV
0	1	-100 000	1,00	-100 000	-100 000
1	0,9259	50 000	0,90	45 000	41 666,67
2	0,8573	60 000	0,85	51 000	43 724,28
3	0,7938	40 000	0,60	24 000	19 051,97

Из расчетов видно, что вариант 2 наиболее привлекательный, поскольку $NPV=43\ 724,28$, что является наибольшей величиной среди всех остальных.

3.3. Анализ чувствительности

Анализ чувствительности показателей широко используется в практике финансового менеджмента. В общем случае он сводится к исследованию зависимости некоторого результирующего показателя от вариации значений показателей, участвующих в его определении.

Другими словами, этот метод позволяет получить ответы на вопросы вида: что будет с результирующей величиной, если изменится значение некоторой исходной величины? Отсюда его второе название - анализ "что будет, если" ("what if" analysis).

Как правило, проведение подобного анализа предполагает выполнение следующих шагов.

1. Выбираются факторы (исходные показатели), относительно которых разработчик инновационного проекта не имеет однозначного суждения (т. е. находится в состоянии неопределенности). Типичными являются следующие факторы:

- капитальные затраты и вложения в оборотные средства,
- рыночные факторы - цена товара и объем продаж,
- компоненты себестоимости продукции,
- время строительства и ввода в действие основных средств.

В качестве результирующего показателя эффективности инвестиций может служить внутренняя норма прибыльности (IRR) или чистое современное значение (NPV).

Задается взаимосвязь между исходными и результирующим показателями в виде математического уравнения или неравенства.

2. Определяются наиболее вероятные значения для исходных показателей и возможные диапазоны их изменений (например $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$ от номинального значения).

3. Путем изменения значений исходных показателей исследуется их влияние на конечный результат.

Проект с меньшей чувствительностью NPV считается менее рисковым.

Обычная процедура анализа чувствительности предполагает изменение одного исходного показателя, в то время как значения остальных считаются постоянными величинами.

Данный метод является хорошей иллюстрацией влияния отдельных исходных факторов на конечный результат проекта.

Главным недостатком данного метода является предпосылка о том, что изменение одного фактора рассматривается изолированно, тогда как на практике все экономические факторы в той или иной степени коррелированы.

Анализ чувствительности может быть легко реализован в среде EXCEL.

3.4. Метод сценариев

Метод сценариев позволяет совместить исследование чувствительности результирующего показателя с анализом вероятностных оценок его отклонений. В общем случае процедура использования данного метода в процессе анализа инвестиционных рисков включает выполнение следующих шагов.

1. Определяют несколько вариантов изменений ключевых исходных показателей (например, пессимистический, наиболее вероятный и оптимистический).

2. Каждому варианту изменений приписывают его вероятностную оценку.

3. Для каждого варианта рассчитывают вероятное значение критерия NPV (либо IRR, PI), а также оценки его отклонений от среднего значения.

4. Проводится анализ вероятностных распределений полученных результатов.

Проект с наименьшими стандартным отклонением (s) и коэффициентом вариации (CV) считается менее рисковым.

В целом метод позволяет получать достаточно наглядную картину для различных вариантов реализации проектов, а также предоставляет информацию о чувствительности и возможных отклонениях, а применение программных средств типа Excel позволяет значительно повысить эффективность подобного анализа путем практически неограниченного увеличения числа сценариев и введения дополнительных переменных.

Метод сценариев может быть легко реализован в среде EXCEL.

3.5. Деревья решений

Деревья решений (decision tree) обычно используются для анализа рисков проектов, имеющих обозримое или разумное число вариантов развития. Они особо полезны в ситуациях, когда решения, принимаемые в момент времени $t = n$, сильно зависят от решений, принятых ранее, и в свою очередь определяют сценарии дальнейшего развития событий.

Дерево решений имеет вид нагруженного графа, вершины его представляют ключевые состояния, в которых возникает необходимость выбора, а дуги (ветви дерева) - различные события (решения, последствия, операции), которые могут иметь место в ситуации, определяемой вершиной. Каждой дуге (ветви) дерева могут быть приписаны числовые характеристики (нагрузки), например, величина платежа и вероятность его осуществления. В общем случае использование данного метода предполагает выполнение следующих шагов.

1. Для каждого момента времени t определяют проблему и все возможные варианты дальнейших событий.
2. Откладывают на дереве соответствующую проблеме вершину и исходящие из нее дуги.
3. Каждой исходящей дуге приписывают ее денежную и вероятностную оценки.
4. Исходя из значений всех вершин и дуг рассчитывают вероятное значение критерия NPV (либо IRR, PI).
5. Проводят анализ вероятностных распределений полученных результатов.

Ограничением практического использования данного метода является исходная предпосылка о том, что проект должен иметь обозримое или разумное число вариантов развития. Метод особенно полезен в ситуациях, когда решения, принимаемые в каждый момент времени, сильно зависят от решений, принятых ранее, и в свою очередь определяют сценарии дальнейшего развития событий.

3.6. Имитационное моделирование инвестиционных рисков

Имитационное моделирование (Simulation) является одним из мощнейших методов анализа экономической системы.

В общем случае под имитацией понимают процесс проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями сложных систем реального мира.

При анализе рисков инвестиционных проектов обычно используют в качестве базы для экспериментов прогнозные данные об объемах продаж, затратах, ценах и т.п.

При проведении финансового анализа часто используются модели, содержащие случайные величины, поведение которых не детерминировано управлением или принимающими решения. Стохастическая имитация известна под названием "метод Монте-Карло".

Имитационное моделирование представляет собой серию численных экспериментов, призванных получить эмпирические оценки степени влияния различных факторов (исходных величин) на некоторые зависящие от них результаты (показатели).

В общем случае проведение имитационного эксперимента можно разбить на следующие этапы.

1. Установить взаимосвязи между исходными и выходными показателями в виде математического уравнения или неравенства.
2. Задать законы распределения вероятностей для ключевых параметров модели.
3. Провести компьютерную имитацию значений ключевых параметров модели.
4. Рассчитать основные характеристики распределений исходных и выходных показателей.
5. Провести анализ полученных результатов и принять решение. Результаты имитационного эксперимента могут быть дополнены статистическим анализом, а также использоваться для построения прогнозных моделей сценариев.

Практическое применение данного метода продемонстрировало широкие возможности его использования в инвестиционном проектировании, особенно в условиях неопределенности и риска. Данный метод особенно удобен для практического применения тем, что удачно сочетается с другими экономико-статистическими методами, а также с теорией игр и другими методами исследования операций.

Имитационное моделирование рисков может быть достаточно просто реализовано в среде EXCEL.

4. Способы снижения риска

В практике управления инновационными проектами применяют следующие способы снижения риска:

1. Распределение риска между участниками проекта (передача части риска соисполнителям).
2. Страхование.
3. Резервирование средств на покрытие непредвиденных расходов.

Распределение риска происходит при разработке финансового плана проекта и контрактных документов. При этом участники проекта принимают ряд решений, расширяющих, либо сужающих диапазон потенциальных инвесторов. При проведении соответствующих переговоров участники проекта проявляют гибкость относительно того, какую долю риска они согласны на себя принять.

Многие крупные проекты могут иметь задержку в их реализации, что может привести к такому увеличению стоимости работ, которое превысит первоначальную стоимость проекта. Поэтому важная роль принадлежит **страхованию рисков**.

Страхование риска означает передачу определенных рисков страховой компании.

Создание резерва средств на покрытие непредвиденных расходов предусматривает установление соотношения между потенциальными рисками, влияющими на стоимость проекта, и расходами, необходимыми для преодоления сбоев в выполнении проекта.

При резервировании средств на покрытие непредвиденных расходов учитывается точность первоначальной оценки стоимости проекта и его элементов.

Оценка непредвиденных расходов позволяет свести к минимуму перерасход средств.

Структура резерва на покрытие непредвиденных расходов определяется двумя методами:

1. Резерв делится на общий и специальный.
2. Определение непредвиденных расходов по видам затрат (зарботная плата, материалы и др.).

Общий резерв покрывает изменения в смете и др.

Специальный резерв включает надбавки на покрытие роста цен, увеличение расходов по позициям, оплату исков по контрактам. Это особенно важно в условиях инфляции.

Дифференциация резерва по видам затрат позволяет определить степень риска, связанного с каждым видом затрат, которые можно в дальнейшем распространить на отдельные этапы проекта.

Для дальнейшего уточнения размеров непредвиденных расходов устанавливается взаимосвязь с элементами структуры разделения работ на разных уровнях этого деления, в том числе, на уровне комплексов (пакетов) работ. Такое детальное разделение работ помогает приобрести опыт и создать базу данных корректировки непредвиденных расходов.

Резерв на непредвиденные расходы определяется только по тем видам затрат, которые вошли в первоначальную смету и не должен использоваться для компенсации затрат, являющихся следствием неудовлетворительной работы.

План финансирования проекта должен учитывать:

- риск нежизнеспособности проекта;
- налоговый риск;

- риск незавершения проекта.

Инвесторы должны быть уверены, что возможные доходы от проекта будут достаточны для покрытия затрат, выплаты задолженности обеспечения окупаемости капиталовложений.

5. Некоторые алгоритмы проведения анализа риска инновационного проекта

5.1. Алгоритм имитационного моделирования

1. Определяются ключевые факторы проекта. Для этого предлагается применять анализ чувствительности по всем факторам (цена реализации, рекламный бюджет, объём продаж, себестоимость продукции и т. д.), используя специализированные пакеты типа Project Expert и Альт-Инвест, что позволит существенно сократить время расчётов. В качестве ключевых выбираются те факторы, изменения которых приводят к наибольшим отклонениям чистой текущей стоимости (NPV).

Таблица 1.

Выбор ключевых факторов инновационного проекта на основе анализа чувствительности

Факторы	-20%	-10%	0	10%	20%	Дисперсия NPV
F ₁	npv ₁₁	npv ₁₂	npv ₁₃	npv ₁₄	npv ₁₅	Var (npv ₁)
F ₂	npv ₂₁	npv ₂₂	npv ₂₃	npv ₂₄	npv ₂₅	Var (npv ₂)
F ₃	npv ₃₁	npv ₃₂	npv ₃₃	npv ₃₄	npv ₃₅	Var (npv ₃)
F ₄	npv ₄₁	npv ₄₂	npv ₄₃	npv ₄₄	npv ₄₅	Var (npv ₄)
F ₅	npv ₅₁	npv ₅₂	npv ₅₃	npv ₅₄	npv ₅₅	Var (npv ₅)
...						
F _n	npv _{n1}	npv _{n2}	npv _{n3}	npv _{n4}	npv _{n5}	Var (npv _n)

2. Определяются максимальное и минимальное значения ключевых факторов, и задаётся характер распределения вероятностей. В общем случае рекомендуется использовать нормальное распределение.

3. На основе выбранного распределения проводится имитация ключевых факторов, с учётом полученных значений рассчитываются значения NPV.

4. На основе полученных в результате имитации данных рассчитываются критерии, количественно характеризующие риск проекта (матожидание NPV, дисперсия, среднеквадратическое отклонение и др.).

5.2. Алгоритм сценарного анализа

Для проведения сценарного анализа используется методика, позволяющая учитывать все возможные сценарии развития, а не три варианта (оптимистичный, пессимистичный, реалистичный). Предлагается следующий алгоритм сценарного анализа:

1. Используя анализ чувствительности, определяются ключевые факторы инновационного проекта (см. выше).

2. Рассматриваются возможные ситуации и сочетания ситуаций, обусловленные колебаниями этих факторов. Для этого рекомендуется строить «дерево сценариев».

3. Методом экспертных оценок определяются вероятности каждого сценария.

4. По каждому сценарию с учетом его вероятности рассчитывается NPV проекта, в результате чего получается массив значений NPV (табл. 2.)

Таблица 2.

Массив значений NPV

Сценарий	1	2	3	4	5	...	n
Вероятность	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	...	P _n
NPV	npv ₁	npv ₂	npv ₃	npv ₄	npv ₅	...	npv _n

5. На основе данных массива рассчитываются критерии риска инновационного проекта.

6. Пример расчёта

Многообразие ситуаций неопределённости делает возможным применение любого из описанных методов в качестве инструмента анализа рисков, однако, наиболее перспективными для практического использования являются методы сценарного анализа и имитационного моделирования, которые могут быть дополнены или интегрированы в другие методики. **Исходная информация:** предприятие “Техинэко”, занимающееся строительством локальных котельных, реализует проект для завода “Старт”. Экономический эффект строительства локальной котельной для завода “Старт” заключается в снижении затрат на отопление, так как в случае реализации проекта приведённые затраты существенно меньше, чем приведённая стоимость платежей по тарифам за централизованное отопление.

В результате анализа технико-экономического обоснования проекта было установлено, что ключевыми факторами, определяющими риск данного проекта, является соотношение себестоимости 1Гкал, вырабатываемой локальной котельной и тарифа за централизованное отопление.

Для определения ключевых параметров проекта можно использовать анализ чувствительности, в качестве оптимального инструмента для этого рекомендуется применять соответствующий модуль анализа программных пакетов “Project Expert” и “Альт-Инвест”, которые обеспечивают возможность быстрого пересчёта по всем факторам. Хотя в большинстве случаев ключевые факторы проекта известны из предыдущего опыта, либо установлены по результатам маркетингового исследования, а анализ чувствительности необходим лишь для количественного определения степени влияния этого фактора.

Риск-анализ данного проекта был выполнен двумя способами:

- имитационное моделирование методом Монте-Карло
- анализ сценариев.

6.1. Риск-анализ инвестиционного проекта методом имитационного моделирования

Моделируя значение NPV в зависимости от ключевых факторов были получены значения NPV по трём опорным вариантам развития событий (оптимистичный, пессимистичный, реалистичный). Методом экспертных оценок были определены также вероятности реализации этих вариантов. Полученные результаты использовались как исходные данные для имитационного моделирования

Исходные условия эксперимента

	NPV (тыс. руб.)	Вероятность
Минимум	9634	0,05
Вероятное	14790	0,9
Максимум	43163	0,05

Используя исходные данные по проекту найдем среднее значение:

$$NPV_{cp} = 9634 * 0,05 + 14790 * 0,9 + 43163 * 0,05 = 15950 \text{ тыс.руб}$$

На основе исходных данных проводим имитацию. Для проведения имитации рекомендуется использовать функцию “Генерация случайных чисел”

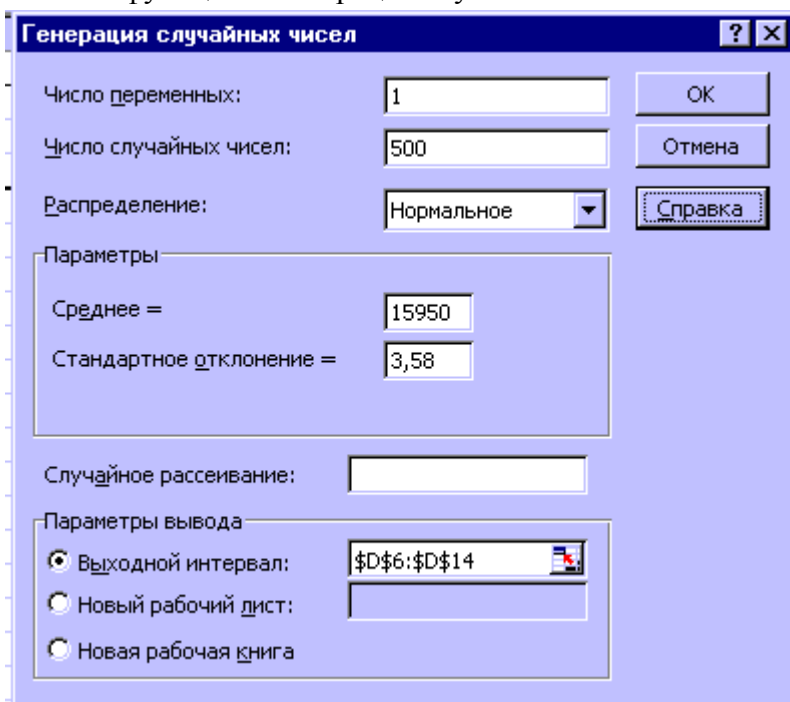


Рис 1. Имитация с использованием генерации случайных чисел.

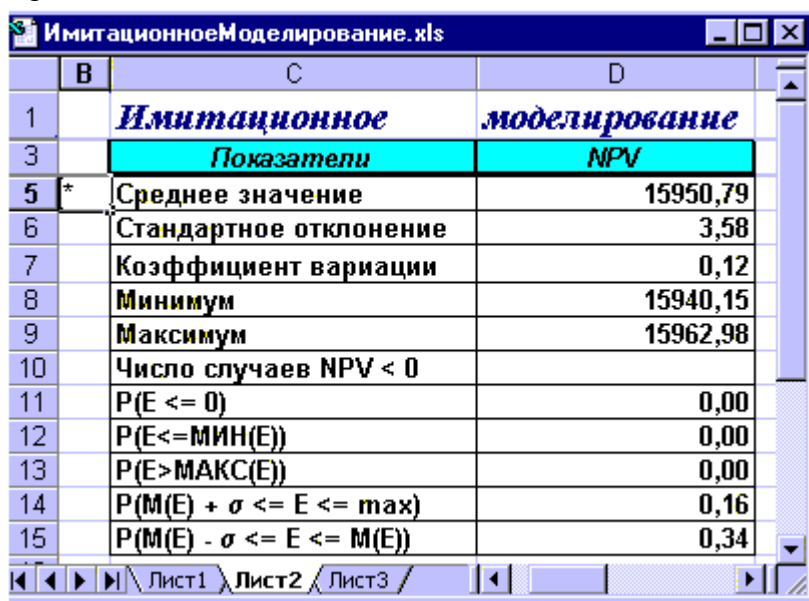
Для осуществления имитации рекомендуется использовать нормальное распределение, так как практика риск-анализа показала, что именно оно встречается в подавляющем большинстве случаев. Количество имитаций может быть сколь угодно большим и определяется требуемой точностью анализа. В данном случае ограничимся 500 имитациями.

Имитация

№ п. п.	NPV (тыс. руб.)
1	15940,14853
2	15951,41663
3	15947,78512
4	15953,94136
5	15951,61013
6	15950,67133
7	15949,48875
8	15955,30642
9	15954,1289
10	15953,20001
...	...

И т. д. 500 имитаций

На основе полученных в результате имитации данных, используя стандартные функции MS Excel проводим экономико-статистический анализ .



	В	С	Д
1		Имитационное	моделирование
3		Показатели	NPV
5	*	Среднее значение	15950,79
6		Стандартное отклонение	3,58
7		Кoeffициент вариации	0,12
8		Минимум	15940,15
9		Максимум	15962,98
10		Число случаев NPV < 0	
11		P(E ≤ 0)	0,00
12		P(E ≤ МИН(E))	0,00
13		P(E > МАКС(E))	0,00
14		P(M(E) + σ ≤ E ≤ max)	0,16
15		P(M(E) - σ ≤ E ≤ M(E))	0,34

Рис 2. Экономико-статистический анализ результатов имитации

Имитационное моделирование продемонстрировало следующие результаты.

- Среднее значение NPV составляет 15950,79 тыс. руб.
- Минимальное значение NPV составляет 15940,15 тыс. руб.
- Максимальное значение NPV составляет 15962,98 тыс. руб.
- Коэффициент вариации NPV равен 12%
- Число случаев NPV < 0 – нет.
- Вероятность того, что NPV будет меньше нуля равна нулю.
- Вероятность того, что NPV будет больше максимума также равна нулю.
- Вероятность того, что NPV будет находиться в интервале [M(E) + s ; max] равна 16%.
- Вероятность того, что NPV будет находиться в интервале [M(E) - s ; M(E)] равна 34%.

Оценим риск данного инвестиционного проекта.

Для расчёта цены риска в данном случае используем показатель среднеквадратического отклонения - s , и матожидания – M (NPV). В соответствии с правилом “трёх сигм”, значение случайной величины, в данном случае – NPV, с вероятностью 1 находится в интервале [M-3s ; M+3s]. В экономическом контексте это правило можно истолковать следующим образом:

- вероятность получить NPV проекта в интервале [15950,79-3,58; 15950,79 +3,58] равна 68%;
- вероятность получить NPV проекта в интервале [15950,79-7,16 ; 15950,79 +7,16] равна 94%;
- вероятность получить NPV проекта в интервале [15950,79-10,74 ; 15950,79 +10,74] близка к единице, т.е. вероятность того, что значение NPV проекта будет ниже 15 940,05 тыс. руб. (15950,79-10,74) стремится к нулю.

Таким образом, суммарная величина возможных потерь характеризующих данный инвестиционный проект, составляет 10,74 тыс. руб. (что позволяет говорить о высокой степени надёжности проекта).

Иначе говоря, цена риска данного ИП составляет 10,74 тыс. рублей условных потерь, т.е. принятие данного инвестиционного проекта влечёт за собой возможность потерь в размере не

более 10,74 тыс. руб.

6.2. Риск-анализ инвестиционного проекта методом сценариев

Для сравнения проведём риск-анализ того же инвестиционного проекта методом сценариев. Рассмотрим возможные сценарии реализации инвестиционного проекта. В данном случае их будет только три:

Исходные данные

Сценарии	Наилучший	Вероятный	Наихудший
Вероятности	0,05	0,9	0,05
Тариф (руб.)	370	187,9	187,9
Себестоимость(руб.)	95,40	53,37	81.73
NPV(руб.)	43163,00	14790,00	9634,00

Построение сценариев и расчёт NPV по вариантам осуществлялся с учетом того факта, что себестоимость 1Гкал, вырабатываемой локальной котельной и тариф за централизованное отопление в значительной степени коррелируют друг с другом, поскольку обе эти величины зависят от одних и тех же факторов: эксплуатационные расходы и зарплата обслуживающего персонала.

Экономико-статистический анализ данных метода сценариев показан на рис 3.

	А	В	С	Д	Е
3	Анализ сценариев				
4	Сценарии	Наилучший	Вероятный	Наихудший	
6	Вероятности	0,05	0,9	0,05	
7	Тариф	370	187,9	187,9	
8	Себестоимость	95,40	53,37	81.73	
9	NPV	43163,00	14790,00	9634,00	
10	Средняя NPV	15950,85			
11	Квадраты разностей	740501107,62	1347572,72	39902593,92	
12	Отклонение σ	6342,95			
13	Козф. вариации CV	0,40			
14	$P(NPV \leq 0)$	0,01			
15	$P(NPV \leq \text{Среднее})$	=НОРМРАСП(Среднее*0,5;Среднее;Отклонение;1)			
16	$P(NPV > \text{максимума})$	0,00			
17	$P(NPV > \text{Среднее} + 10\%)$	0,40			
18	$P(NPV > \text{Среднее} + 20\%)$	0,31			
19					
20					
21					

Рис 3. Экономико-статистический анализ данных метода сценариев.

Сценарный анализ продемонстрировал следующие результаты.
Среднее значение NPV составляет 15950,85 руб.

Коэффициент вариации NPV равен 40 %.

Вероятность того, что NPV будет меньше нуля 1 %.

Вероятность того, что NPV будет больше максимума равна нулю.

Вероятность того, что NPV будет больше среднего на 10 % равна 40 %.

Вероятность того, что NPV будет больше среднего на 20 % равна 31%.

Анализируя полученные результаты, отмечаем, что метод сценариев даёт более пессимистичные оценки относительно риска инвестиционного проекта. В частности коэффициент вариации, определённый по результатам этого метода значительно больше, чем в случае с имитационным моделированием.

Рекомендуется использовать сценарный анализ только в тех случаях, когда количество сценариев конечно, а значения факторов дискретны. Если же количество сценариев очень велико, а значения факторов непрерывны, рекомендуется применять имитационное моделирование.

Следует отметить, что используя сценарный анализ можно рассматривать не только три варианта, а значительно больше. При этом можно сочетать сценарный анализ с другими методами количественного анализа рисков, например, с методом дерева решений и анализом чувствительности, как это продемонстрировано в следующем примере.

6.3. Анализ рисков с построением дерева решений

Установим ключевые факторы проекта, оказывающие значительное влияние на показатель эффективности – NPV. Для этого проведём анализ чувствительности по всем факторам в интервале от –20% до +20% и выберем те из них, изменения которых приводят к наибольшим изменениям NPV (рис. 4)

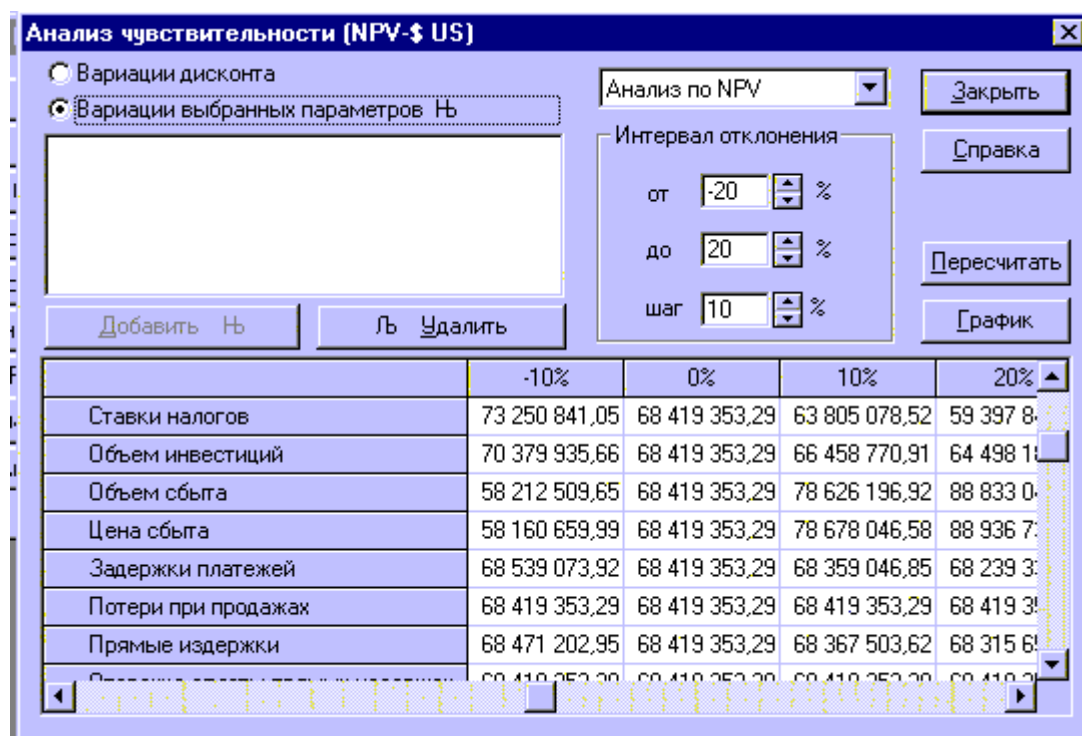


Рис 4. Анализ чувствительности в Project Expert

В нашем случае это факторы:

- ставки налогов;
- объём сбыта;

- цена сбыта.

Рассмотрим возможные ситуации, обусловленные колебаниями этих факторов. Для этого построим “дерево сценариев”.

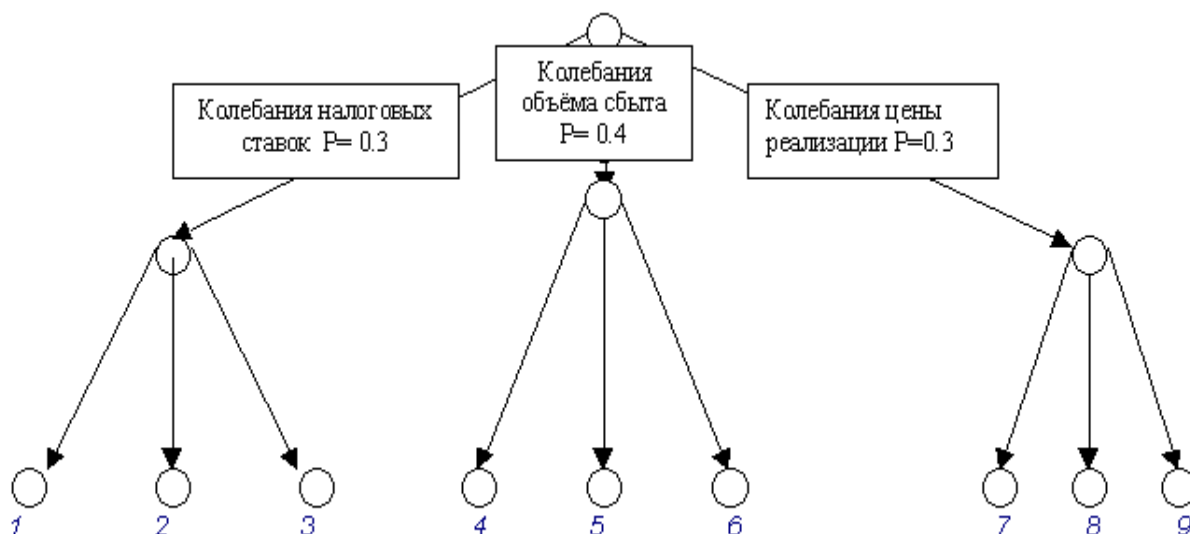


Рис 5. Дерево сценариев

Ситуация 1: Колебания налоговых ставок. Вероятность ситуации = 0,3.

Ситуация 2: Колебания объёма сбыта. Вероятность ситуации = 0,4.

Ситуация 3: Колебания цены сбыта. Вероятность ситуации = 0,3.

Рассмотрим также возможные сценарии развития этих ситуаций.

Ситуация 1: Колебания налоговых ставок. Вероятность ситуации = 0,3.

Сценарий 1: Снижение налоговых ставок на 20%. Вероятность сценария в рамках данной ситуации = 0,1. Общая вероятность сценария = $0,1 * 0,3 = 0,03$.

Сценарий 2: Налоговые ставки остаются неизменными. Вероятность сценария в рамках данной ситуации = 0,5. Общая вероятность сценария = $0,5 * 0,3 = 0,15$.

Сценарий 3: Повышение налоговых ставок на 20%. Вероятность сценария в рамках данной ситуации = 0,4. Общая вероятность сценария = $0,4 * 0,3 = 0,12$.

Ситуация 2: Колебания объёма реализации. Вероятность ситуации = 0,4.

Сценарий 4: Снижение объёма реализации на 20%. $P = 0,25 * 0,4 = 0,1$.

Сценарий 5: Объёма реализации не изменяется. $P = 0,5 * 0,4 = 0,2$.

Сценарий 6: Увеличение объёма реализации на 20%. $P = 0,25 * 0,4 = 0,1$.

Ситуация 3: Колебания цены реализации. Вероятность ситуации = 0,3.

Сценарий 7: Снижение цены реализации на 20%. $P = 0,2 * 0,3 = 0,06$.

Сценарий 8: Цена реализации не изменяется. $P = 0,5 * 0,3 = 0,15$.

Сценарий 9: Увеличение цены реализации на 20%. $P = 0,3 * 0,3 = 0,09$.

По каждому из описанных сценариев определяем NPV (эти значения были рассчитаны при анализе чувствительности), подставляем в таблицу и проводим анализ сценариев развития.

Ситуация 1

Ситуация	1		
Сценарии	1	2	3
Вероятности	0,03	0,15	0,12
NPV	78 310 414	68 419 353	59 397 846

Ситуация 2

Ситуация	2		
Сценарии	4	5	6
Вероятности	0,1	0,2	0,1
NPV	48 005 666	68 419 353	88 833 040

Ситуация 3

Ситуация	3		
Сценарии	7	8	9
Вероятности	0,06	0,15	0,09
NPV	47 901 966	68 419 353	88 936 739

	А	В	С
1 Ситуации		1	
2 Сценарии		1	2
3 Вероятности		0,03	0,15
4 NPV		78 310 414	68 419 353
5			
6			
7 Средняя NPV		68 249 026	
8 Квадраты разностей		101 231 541 059 255	29 011 509 990
9 Отклонение s		25 724 942	
10 Кэф. вариации CV		0,38	
11 $P(NPV \leq \theta)$		0,00	
12 $P(NPV > \text{максимума})$		0,21	
13 $P(NPV > \text{Среднее} + 1\sigma)$		0,40	
14 $P(NPV = \text{Среднее})$		0,50	

Рис 6. Итоговая таблица сценарного анализа

Проведённый риск-анализ проекта позволяет сделать следующие выводы.

1. Наиболее вероятный NPV проекта (68 249 026 тыс. руб.) несколько ниже, чем ожидают от его реализации (68 310 124 тыс. руб.).

2. Несмотря на то, что вероятность получения NPV меньше нуля равна нулю, проект имеет достаточно сильный разброс значений показателя NPV, о чем говорят коэффициент вариации и величина стандартного отклонения, что характеризует данный проект как весьма рискованный. При этом несомненными факторами риска выступают снижение объема и цены реализации.

3. Цена риска инновационного проекта в соответствии с правилом “трех сигм” составляет $3 * 25\,724\,942 = 77\,174\,826$ тыс. руб., что превышает наиболее вероятный NPV проекта (68 249 026 тыс. руб.)

Цену риска можно также охарактеризовать через показатель коэффициент вариации (CV). В данном случае $CV = 0,38$. Это значит, что на рубль среднего дохода (NPV) от проекта приходится 38 копеек возможных потерь с вероятностью равной 68%.