

## РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА АНАЛИЗА ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Васильев А. Б., Васильева Н. С., Тупко Н. П.

### 1. Введение

Анализ инвестиционных рисков является одной из фундаментальных задач теории и практики инвестирования [1–3]. Инвестиционные вложения капитала всегда относятся к будущему, часто весьма отдалённому, а будущее всегда сопряжено с неопределённостью. Риск является частичной неопределённостью, когда какая-то информация о будущей ситуации известна с вероятностью, меньшей единицы.

В общем случае реализация инвестиционных проектов влечёт за собой возникновение трёх видов риска [4–7]:

- 1) собственный (индивидуальный) риск проекта – риск того, что фактические результаты проекта могут отличаться от запланированных;
- 2) корпоративный (внутрифирменный) риск связан с влиянием, которое может оказать ход реализации проекта на финансовое состояние фирмы;
- 3) рыночный риск характеризует влияние, которое может оказать реализация проекта на изменение стоимости акций фирмы, т.е. её рыночной стоимости.

В данной статье исследуется только собственный (индивидуальный) финансовый риск инвестиционных проектов. При этом используются два разных подхода к определению понятия собственного финансового риска проекта. Первый традиционный подход упомянут выше. Второй подход предлагается авторами статьи и состоит в следующем. Будем рассматривать два подвида собственных финансовых рисков инвестиционных проектов – риск убыточности и риск неприемлемо низкой доходности. Риск убыточности проекта будем трактовать как возможность отрицательного значения запаса инвестиционной безубыточности проекта, а риск неприемлемо низкой доходности проекта – как возможность отрицательного значения запаса инвестиционной приемлемости проекта [8, 9]. Таким образом, в соответствии со вторым подходом собственный финансовый риск проекта трактуется как возможность отклонения в худшую сторону фактических результатов проекта от критических.

### 2. Объект исследования и его технологический аудит

*Объектом исследования* в данной работе являются методы количественного анализа собственного финансового риска инвестиционных проектов. Среди используемых на практике методов такого типа наиболее известны: метод корректировки ставки дисконтирования, метод достоверных эквивалентов, анализ чувствительности критериев эффективности проекта, метод сценариев, метод деревьев решений, метод вероятностных распределений потоков платежей, метод имитационного моделирования Монте-Карло [4,6,10]. К сожалению, всем этим методам присущи существенные недостатки и ограничения. Среди них нет уни-

версального метода, пригодного для всеобъемлющей оценки риска большинства инвестиционных проектов, встречающихся на практике. Поэтому проблема создания новых или усовершенствования известных методов количественного анализа проектных рисков по-прежнему является актуальной.

В данной работе авторами предлагается новый метод анализа проектных рисков, который является комбинацией метода сценариев и анализа запасов финансовой устойчивости проекта. Метод сценариев широко известен и часто используется на практике. Что касается анализа финансовой устойчивости проекта, то этот метод разработан авторами в предыдущих работах [8,9] и во многом аналогичен анализу чувствительности критериев эффективности проекта. Во всяком случае, оба упомянутых варианта анализа - однофакторные, что является их основным недостатком. Данный недостаток неустраним, поскольку он является отражением самой сути методов, обратной стороной медали. Главный недостаток метода сценариев (первой составляющей нового комбинированного метода) – значительный элемент субъективизма, проявляющийся в экспертном отборе вероятных сценариев развития проекта и вероятностей их реализации. Основные недостатки методов, образующих новую комбинацию, не устраняются при объединении. Однако, определённый выигрыш в универсальности и эффективности методов-компонентов всё же наблюдается. Метод сценариев обогащается возможностью находить критические значения проектных параметров и выяснять степень удалённости от них сценарных значений, а анализ запасов финансовой устойчивости проекта перестаёт быть жёстко детерминированным методом, т.к. получает возможность находить математические ожидания величин запасов по всем сценариям проекта. К тому же в результате объединения метод сценариев становится пригодным не только для оценки интегрального финансового риска проекта в целом, но и для оценки риска проекта по его основным параметрам.

### **3. Цель и задачи исследования**

*Целью работы* является разработка нового комбинированного метода анализа проектных рисков на основе объединения в единое целое метода сценариев и созданного авторами метода оценки величин запасов финансовой устойчивости проекта по его параметрам.

Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи:

- адаптировать для метода сценариев концепцию уровней доходности инвестиционного проекта, разработанную авторами в своих предыдущих статьях [8,9];
- встроить в метод сценариев как составную часть анализ запасов финансовой устойчивости проекта по его параметрам;
- адаптировать для метода сценариев анализ запасов финансовой устойчивости проекта по значениям критериев эффективности проекта;
- распространить метод сценариев на случай произвольного потока чистых эксплуатационных доходов от проекта.

#### **4. Исследование существующих решений проблемы**

Метод сценариев, являющийся составной частью нового комбинированного метода анализа проектных рисков, предложенного авторами статьи, хорошо известен. Он рассматривался многими авторами (например, [4, 6, 10] и др.). Как правило, этот метод применяется для инвестиционных проектов, у которых поток чистых эксплуатационных доходов является простой постоянной рентой (аннуитетом) с заданной структурой платежей, выраженной через параметры проекта [4]. Инвестиционные проекты с подобной структурой исследуются и в данной работе. Однако, в предложенном авторами новом методе для каждого вероятного сценария проекта не только традиционно вычисляется значение результирующего показателя доходности, но и находятся динамические точки безубыточности и приемлемости проекта [9], а также запасы его финансовой устойчивости по каждому параметру. Затем по результатам всех сценариев вычисляется не только ожидаемое значение результирующего показателя доходности, но и ожидаемые значения точек безубыточности (приемлемости) и запасов финансовой устойчивости проекта. В итоге, кроме оценки интегрального финансового риска проекта в целом получаем ещё оценки риска проекта по каждому параметру.

По найденным ожидаемым значениям запасов финансовой устойчивости проекта можно построить рейтинг проектных параметров по убыванию риска по аналогии с процедурой другого известного метода анализа проектных рисков – анализа чувствительности критериев эффективности проекта [4, 6, 7, 10].

Можно также применить предлагаемый авторами новый метод к инвестиционным проектам с произвольным потоком платежей. В этом случае риск проекта по его параметрам определить нельзя, т.к. неизвестна структура платежа. Зато интегральный финансовый риск проекта в целом можно оценить двумя способами:

- с помощью стандартного отклонения и коэффициента вариации [7];
- с помощью относительных запасов финансовой устойчивости проекта по значениям критериев эффективности [8].

#### **5. Методы исследования**

Методологической основой для создания авторами нового метода анализа инвестиционных рисков послужил динамический вариант анализа безубыточности производства. Наиболее инновационной составной частью нового метода является оценка величин запасов финансовой устойчивости проекта. Запасы безубыточности (безопасности) производства продукции рассматривались многими авторами (например, в работах [5,10]). Однако, все исследования по данной проблеме проводились исключительно в рамках традиционного статистического анализа безубыточности без учёта временной стоимости денег. Но, каждому инвестиционному проекту присуща определённая протяжённость во времени. Поэтому при анализе доходности проекта уже нельзя игнорировать концепцию временной стоимости денег. Понятия запасов финансовой устойчивости проекта должны опираться на динамический анализ безубыточности, в котором показателем доходности вместо прибыли выступает один из дис-

континированных критериев эффективности проекта (NPV, PI, IRR), учитывающих падение стоимости платежей проекта во времени. Понятия запасов инвестиционной безубыточности и приемлемости проекта для динамического случая впервые были введены в предыдущих работах авторов [8, 9].

Предлагаемый авторами новый метод исследует риски проекта комплексно, системно. Во-первых, исследуется интегральный финансовый риск проекта в целом, во-вторых, исследуется финансовый риск проекта по каждому из его основных параметров. Для анализа интегрального финансового риска проекта в целом в рамках предлагаемого нового метода используются два принципиально различных подхода. Первый подход основан на традиционных формулах метода сценариев [7], т.е. на расчёте математического ожидания, дисперсии, стандартного отклонения и коэффициента вариации для сценарных значений выбранного критерия эффективности проекта (NPV, PI, IRR). Второй подход базируется на оценке величин относительных запасов финансовой устойчивости проекта по значениям выбранного критерия эффективности [8]. Для анализа финансового риска проекта по его параметрам используется только второй подход. Причём, в этом случае анализируются запасы финансовой устойчивости проекта не по значениям критериев эффективности, а по значениям самого исследуемого на риск проектного параметра [9]. Поэтому в данном случае второй подход можно интерпретировать как своего рода «обратный анализ чувствительности критериев эффективности проекта». В отличие от традиционного варианта анализа чувствительности, сначала варьируются значения критерия эффективности проекта, а затем оцениваются величины соответствующих отклонений исследуемого на риск проектного параметра (т.е. по сравнению с классическим анализом чувствительности всё происходит с точностью наоборот).

При этом, само понятие финансового риска проекта в первом и втором подходах трактуется по-разному. В рамках первого (традиционного) подхода собственный риск проекта интерпретируется как возможность отклонения его фактических результатов от ожидаемых [4]. В рамках второго подхода, основанного на анализе запасов финансовой устойчивости проекта, будем трактовать риск убыточности проекта по одному из его параметров как возможность отрицательного значения запаса инвестиционной безубыточности по этому параметру, когда заданное по сценарию значение исследуемого на риск проектного параметра хуже безубыточного. Аналогично риск неприемлемо низкой доходности проекта по одному из его параметров будем понимать как возможность отрицательного значения запаса инвестиционной приемлемости по этому параметру (сценарное значение параметра хуже приемлемого). По смыслу этой трактовки, чем меньше положительный запас по какому-то параметру проекта, тем больше соответствующий риск, и тем внимательнее нужно следить за изменением значений этого параметра. Для сравнения в традиционном варианте анализа чувствительности, чем больше чувствительность (эластичность) критерия эффективности по проектному параметру, тем больше риск проекта по этому параметру.

Полезно построить рейтинги проектных параметров по убыванию соответствующих рисков (т.е. по возрастанию размеров запасов) с целью выделе-

ния параметров, несущих наибольшую потенциальную угрозу для финансовой успешности проекта. Можно также построить матрицу чувствительности и прогнозируемости факторов проекта [6,10], которую в нашем случае уместнее назвать матрицей рисковости и прогнозируемости факторов проекта. Многочисленные эксперименты для модельных проектов показывают, что рейтинги проектных параметров по убыванию риска, построенные с помощью анализа запасов финансовой устойчивости проекта и анализа чувствительности критериев эффективности проекта, совпадают. Но, анализ финансовой устойчивости проекта кроме рейтингов проектных параметров даёт ещё и другую полезную для разработчиков проекта информацию. Если анализ чувствительности определяет только силу влияния каждого проектного параметра на результирующий показатель эффективности проекта, то предлагаемый метод оценки величин запасов финансовой устойчивости позволяет определить критические значения параметров проекта и степень удалённости от них (т.е. степень безопасности) заданных сценарных значений. Кроме того, в рамках предлагаемого подхода можно также найти абсолютное и относительное отклонения среднего по всем проектным сценариям значения каждого параметра от среднего сценарного значения динамической точки безубыточности (или приемлемости) проекта по этому параметру.

Таким образом, анализ запасов финансовой устойчивости проекта, являющийся составной частью предлагаемого авторами комбинированного метода анализа проектных рисков, является более информативным по сравнению с классическим анализом чувствительности критериев эффективности проекта.

## 6. Результаты исследований

Рассмотрим детальнее новый комбинированный метод анализа проектных рисков на основе объединения метода сценариев и созданного авторами метода оценки величин запасов финансовой устойчивости проекта по его параметрам. В расчётных формулах обоих методов, образующих комбинацию, используются значения дисконтированных критериев эффективности проекта.

Удобнее всего пользоваться критериями NPV (Net Present Value – чистая современная стоимость) и PI (Profitability Index – индекс рентабельности), которые для k-го вероятного сценария проекта определяются формулами [4, 7]:

$$NPV_k = -I_0^k + \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{(1+i_k)^t}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (1)$$

$$PI_k = \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{(1+i_k)^t} : I_0^k, \quad k = \overline{1, m}, \quad (2)$$

где k – номер сценария проекта, m – число сценариев проекта,  
i – ставка дисконтирования,

$t$  – номер текущего временного периода проекта,  
 $CF$  – размер чистого дохода от эксплуатации проекта,  
 $I_0$  – начальные инвестиции в проект.

Эти критерии эффективности проекта связаны между собой формулами:

$$PI_k = 1 + NPV_k / I_0^k, \quad k = \overline{1, m}, \quad (3)$$

$$NPV_k = I_0^k * (PI_k - 1), \quad k = \overline{1, m}, \quad (4)$$

так что от значения одного критерия можно легко перейти к значению другого.

Зададим для  $k$ -го вероятного сценария проекта определяющие уровни его доходности [8,9] с помощью критериев (1-2).

I. Уровень инвестиционной безубыточности проекта:

$$NPV_k \geq 0 \quad (PI_k \geq 1), \quad k = \overline{1, m}. \quad (5)$$

II. Уровень инвестиционной приемлемости проекта:

$$NPV_k \geq NPV_* > 0 \quad (PI_k \geq PI_* > 1), \quad k = \overline{1, m}. \quad (6)$$

где  $NPV_*(PI_*)$  – нижняя граница приемлемых для инвестора или руководства проекта значений доходности проекта.

III. Фактический уровень доходности проекта, определяемый заданным по условию сценария потоком его платежей:

$$NPV = NPV_k \quad (PI = PI_k), \quad k = \overline{1, m}, \quad (7)$$

где значение  $NPV = NPV_k \quad (PI = PI_k)$  находим по формулам (1-2).

В рамках анализа финансовой устойчивости проекта для его  $k$ -го сценария ( $k = \overline{1, m}$ ) введём понятия запасов инвестиционной безубыточности и приемлемости по проектным параметрам. При этом рассмотрим три случая:

– Производится однородная продукция. Поток чистых доходов от эксплуатации проекта по  $k$ -му сценарию является простой постоянной рентой (аннуитетом) постнумерандо [4, 7] с известной структурой платежей, выражающейся через заданные по сценарию значения проектных параметров.

– Производится несколько видов продукции проекта. Поток платежей проекта подобен потоку для случая 6.1.

– Величины платежей проектного потока произвольны.

Рассмотрим подробнее каждый из перечисленных случаев.

### 6.1. Анализ рисков инвестиционного проекта для рентного потока платежей и производства однородной продукции

Пусть рентный поток чистых доходов от эксплуатации проекта по его  $k$ -му вероятному сценарию имеет вид:

$$CF_t^k = \left( Q_k (c_k - v_k) - FC_k - dep_k \right) (1 - \tau_k) + dep_k, \quad k = \overline{1, m}, \quad (8)$$

где  $Q$  – объём производства (продаж) продукции проекта за 1 его период,  $c$  – цена единицы продукции,

$v$  – удельные переменные издержки производства,

$FC$  – суммарные постоянные издержки производства за 1 период проекта,

$dep$  – величина амортизационных отчислений за 1 период проекта,

$k$  – номер сценария проекта,  $m$  – количество сценариев проекта.

Тогда для расчёта значения критерия NPV для  $k$ -го вероятного сценария проекта применим формулу из [4], считая ликвидационную стоимость оборудования проекта равной нулю:

$$NPV_k = -I_0^k + \left( \left( Q_k (c_k - v_k) - FC_k - dep_k \right) (1 - \tau_k) + dep_k \right) * a(n_k, i_k), \quad k = \overline{1, m}, \quad (9)$$

где коэффициент дисконтирования единичной ренты [7] равен:

$$a(n_k, i_k) = \left( 1 - (1 + i_k)^{-n_k} \right) / i_k. \quad (10)$$

Рассмотрим сначала анализ интегрального финансового риска проекта в целом по методу сценариев в традиционном виде [7]. Найдём математическое ожидание, дисперсию, стандартное отклонение и коэффициент вариации для сценарных значений критерия эффективности проекта NPV:

$$M(NPV) = \sum_{k=1}^m NPV_k * p_k, \quad (11)$$

$$D(NPV) = \sum_{k=1}^m (NPV_k - M(NPV))^2 * p_k, \quad (12)$$

$$\sigma(NPV) = \sqrt{D(NPV)}, \quad (13)$$

$$CV(NPV) = \frac{\sigma(NPV)}{M(NPV)}, \quad (14)$$

где сценарные значения критерия NPV рассчитываются по формуле (9),

$m$  – количество рассмотренных вероятных сценариев проекта.

Теперь для каждого вероятного проектного сценария оценим финансовый риск проекта по его параметрам с помощью анализа величин запасов финансовой устойчивости проекта по этим параметрам. Прежде чем вводить понятия запасов найдём для каждого проектного сценария критические значения параметров проекта, соответствующие нижним границам первого и второго уровней доходности.

Сначала найдём значения параметров проектного потока платежей (8), соответствующие нижней границе уровня I инвестиционной безубыточности проекта, из следующих уравнений:

$$NPV_k = 0 \quad , \quad k = \overline{1, m}, \quad (15)$$

где сценарные значения критерия NPV находим по формуле (9).

Разрешая уравнения (15) относительно параметра объёма производства (продаж) для каждого вероятного проектного сценария и считая значения остальных проектных параметров фиксированными, находим динамическую точку безубыточности проекта по этому параметру:

$$Q_k^0 = \frac{1}{c_k - v_k} \left( \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) + FC_k + dep_k \right), \quad k = \overline{1, m}. \quad (16)$$

Найдём из уравнений (15) безубыточные значения других параметров проекта – цены за единицу продукции, удельных переменных издержек производства, суммарных постоянных издержек производства за один период проекта:

$$c_k^0 = v_k + \frac{1}{Q_k} \left( \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) + FC_k + dep_k \right), \quad k = \overline{1, m}, \quad (17)$$

$$v_k^0 = c_k - \frac{1}{Q_k} \left( \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) + FC_k + dep_k \right), \quad k = \overline{1, m}, \quad (18)$$

$$FC_k^0 = Q_k (c_k - v_k) - \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) - dep_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (19)$$

Теперь найдём динамическую точку безубыточности проекта по ставке дисконтирования. Ищем её как корень уравнения (1) по параметру ставки (в этом случае структура платежей неважна):

$$NPV_k(i_k) = -I_0^k + \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{(1+i_k)^t} = 0, \quad k = \overline{1, m}. \quad (20)$$

Очевидно, что безубыточное значение ставки равно значению одного из основных критериев эффективности проекта – внутренней нормы доходности проекта для его k-го сценария, т.е.:

$$i_k^0 = IRR_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (21)$$

Найдём критические значения проектных параметров, соответствующие нижней границе уровня  $\Pi$  инвестиционной приемлемости проекта. Эти значения определяем из уравнений:

$$NPV_k = NPV_*, \quad k = \overline{1, m}, \quad (22)$$

где нижняя граница приемлемости задана в (6), а левые части уравнений (22) имеют вид (9)

Решая уравнения (22) относительно параметра объёма производства (продаж) при фиксированных значениях остальных параметров, получим [9]:

$$Q_k^* = \frac{1}{c_k - v_k} \left( \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k + NPV_*}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) + FC_k + dep_k \right), \quad k = \overline{1, m}. \quad (23)$$

Назовём объём (23) производства (продаж) продукции проекта за один период по k-му проектному сценарию динамической точкой приемлемости проекта по этому параметру. Если заданный в (6) уровень приемлемой доходности проекта увеличить, то объёмы (23) тоже вырастут.

Найдём из уравнений (22) динамические точки приемлемости проекта по другим основным проектным параметрам:

$$c_k^* = v_k + \frac{1}{Q_k} \left( \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k + NPV_*}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) + FC_k + dep_k \right), \quad k = \overline{1, m}, \quad (24)$$

$$v_k^* = c_k - \frac{1}{Q_k} \left( \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k + NPV^*}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) + FC_k + dep_k \right), \quad k = \overline{1, m}, \quad (25)$$

$$FC_k^* = Q_k (c_k - v_k) - \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k + NPV^*}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) - dep_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (26)$$

Динамические точки приемлемости проекта для каждого сценария по ставкам дисконтирования ищем как корни следующих уравнений по параметру ставка:

$$NPV_k(i_k) = -I_0^k + \sum_{t=1}^{n_k} \frac{CF_t^k}{(1+i_k)^t} = NPV^*, \quad k = \overline{1, m}. \quad (27)$$

Корень уравнения (27) по аналогии с решением (21) назовём [8] внутренней нормой приемлемой доходности проекта (Internal Rate of Acceptable Return – IRAR) для его  $k$ -го сценария, т.е.:

$$i_k^* = IRAR_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (28)$$

IRAR – новый критерий финансовой эффективности проекта, предложенный авторами статьи в своих предыдущих работах. В отличие от критерия IRR он зависит не только от потока платежей проекта, но и от уровня приемлемой доходности проекта, заданного в (6): чем выше заданный уровень, тем меньше значение IRAR.

Найдём ожидаемое значение по всем проектным сценариям динамической точки безубыточности проекта по параметру объёма производства (продаж) проектной продукции за один период, используя значения (16):

$$M(Q^0) = \sum_{k=1}^m Q_k^0 * p_k. \quad (29)$$

Совершенно аналогично (29) можно найти ожидаемые значения динамических точек безубыточности проекта по параметрам  $c$  (цена за единицу продукции),  $v$  (удельным переменным издержкам производства),  $FC$  (суммарным постоянным издержкам производства за один период). По ставке дисконтирования мы фактически получаем ожидаемое значение по всем сценариям критерия эффективности IRR:

$$M(i^0) = M(IRR) = \sum_{k=1}^m IRR_k * p_k, \quad (30)$$

т.е. по этому параметру мы получаем оценку интегрального риска проекта в целом, альтернативную для оценки (11). При желании можно найти не только математическое ожидание IRR проекта (30), но и дисперсию, стандартное отклонение и коэффициент вариации IRR по аналогии с формулами (12-14).

Используя значения (23) точек приемлемости проекта для каждого сценария по параметру объёма производства (продаж) продукции, найдём ожидаемое значение динамической точки приемлемости проекта по этому параметру:

$$M(Q^*) = \sum_{k=1}^m Q_k^* \cdot p_k. \quad (31)$$

Аналогично определяем ожидаемые значения динамических точек приемлемости проекта по параметрам - цена, удельные переменные и суммарные постоянные издержки. По ставке дисконтирования снова получаем оценку интегрального риска проекта в целом по новому критерию эффективности проекта IRAR:

$$M(i^*) = M(IRAR) = \sum_{k=1}^m IRAR_k \cdot p_k. \quad (32)$$

Перейдём к определению понятий запасов финансовой устойчивости проекта. Сначала введём понятия запасов инвестиционной безубыточности проекта по его параметрам.

Абсолютным запасом инвестиционной безубыточности на один период проекта для его k-го вероятного сценария по параметру объёма производства (продаж) продукции назовём:

$$\alpha_{Q_k} = Q_k - Q_k^0, \quad k = \overline{1, m}, \quad (33)$$

а относительным:

$$\beta_{Q_k} = \frac{Q_k - Q_k^0}{Q_k} = 1 - \frac{Q_k^0}{Q_k}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (34)$$

где значения точек безубыточности берём из (16).

Математические ожидания этих запасов соответственно равны:

$$M(\alpha_Q) = M(Q) - M(Q^0), \quad (35)$$

$$M(\beta_Q) = 1 - M(Q^0/Q), \quad (36)$$

$$M(Q) = \sum_{k=1}^m Q_k * p_k; \quad M(Q^0/Q) = \sum_{k=1}^m \frac{Q_k^0}{Q_k} * p_k. \quad (37)$$

Если величины (35-36) положительны, то проект имеет некоторый «запас прочности» в финансовом плане. Чем больше величины запасов (35-36), тем устойчивей проект с финансовой точки зрения, и тем меньше риск убыточности проекта по объёму производства (продаж) продукции.

Аналогично (35-36) можно определить понятия абсолютных и относительных запасов инвестиционной безубыточности проекта по параметрам – цена, удельные переменные и суммарные постоянные издержки, а также ожидаемые значения этих запасов по всем сценариям проекта. После этого можно построить рейтинг параметров проекта по убыванию риска его убыточности. Для этого нужно упорядочить проектные параметры по возрастанию ожидаемых значений их относительных запасов. На основании рейтинга рисков убыточности проектных параметров можно по аналогии с анализом чувствительности критериев эффективности построить матрицу рисковости и прогнозируемости факторов проекта, имеющую три (или четыре) зоны риска с соответствующими рекомендациями по управлению инвестиционным проектом [6, 7, 10]. По ставке дисконтирования снова получаем оценку интегрального риска проекта в целом, т.к. относительный запас инвестиционной безубыточности проекта по этому параметру совпадает с соответствующим запасом по значениям критерия эффективности IRR:

$$\beta_{i_k} = \frac{i_k^0 - i_k}{i_k^0} = \frac{IRR_k - CC_k}{IRR_k} = 1 - \frac{CC_k}{IRR_k}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (38)$$

где ставка дисконтирования по k-му сценарию проекта равна сценарной стоимости капитала проекта CC (Cost of Capital).

Теперь определим понятия запасов инвестиционной приемлемости проекта по его параметрам для k-го сценария.

Абсолютным запасом инвестиционной приемлемости на один период проекта для его k-го вероятного сценария по параметру объёма производства (продаж) продукции назовём:

$$\eta_{Q_k} = Q_k - Q_k^*, \quad k = \overline{1, m}, \quad (39)$$

а относительным:

$$\gamma_{Q_k} = \frac{Q_k - Q_k^*}{Q_k} = 1 - \frac{Q_k^*}{Q_k}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (40)$$

где значения точек приемлемости берём из (23).

Аналогично (35-36) получаем:

$$M(\eta_Q) = M(Q) - M(Q^*), \quad (41)$$

$$M(\gamma_Q) = 1 - M(Q^*/Q), \quad (42)$$

$$M(Q^*/Q) = \sum_{k=1}^m \frac{Q_k^*}{Q_k} * p_k. \quad (43)$$

Точно так же можно определить понятия абсолютных и относительных запасов инвестиционной приемлемости проекта по параметрам – цена, удельные переменные и суммарные постоянные издержки, а также ожидаемые значения этих запасов. Расположив параметры проекта по возрастанию ожидаемых значений их относительных запасов инвестиционной приемлемости, мы получим рейтинг параметров проекта по убыванию риска его неприемлемо низкой доходности. По ставке дисконтирования относительный запас инвестиционной приемлемости проекта совпадает с соответствующим запасом по значениям критерия эффективности IRAR:

$$\gamma_{i_k} = \frac{i_k^* - i_k}{i_k^*} = \frac{IRAR_k - CC_k}{IRAR_k} = 1 - \frac{CC_k}{IRAR_k}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (44)$$

Замечание 1. Кроме относительных запасов финансовой устойчивости проекта по его параметрам вида (34), (40) можно рассмотреть ещё относительные запасы ожидаемых значений проектных параметров вида:

$$\mu_Q = \frac{M(Q) - M(Q^0)}{M(Q)} = 1 - \frac{M(Q^0)}{M(Q)}, \quad (45)$$

$$\delta_Q = \frac{M(Q) - M(Q^*)}{M(Q)} = 1 - \frac{M(Q^*)}{M(Q)}. \quad (46)$$

По значениям этих запасов тоже можно построить соответствующие рейтинги проектных параметров по убыванию риска проекта.

## 6.2. Случай производства нескольких видов продукции проекта

В случае многономенклатурного производства и рентного потока чистых доходов от проекта вместо формулы (9) будем использовать формулу:

$$NPV_k = -I_0^k + \left( (A_k - VC_k - FC_k - dep_k)(1 - \tau_k) + dep_k \right) * a(n_k, i_k), \quad k = \overline{1, m}. \quad (47)$$

В формуле (47)  $A$  – суммарная выручка за один период от продажи всех видов продукции проекта, а  $VC$  – суммарные переменные издержки за один период проекта. Приравнивая выражения (47) к нулю и решая полученные уравнения относительно параметра суммарной выручки, получим:

$$A_k^0 = \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) + VC_k + FC_k + dep_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (48)$$

Аналогично находим динамические точки безубыточности проекта по параметрам  $VC$  и  $FC$ :

$$VC_k^0 = A_k - \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) - FC_k - dep_k, \quad k = \overline{1, m}, \quad (49)$$

$$FC_k^0 = A_k - \frac{1}{1 - \tau_k} \left( \frac{I_0^k}{a(n_k, i_k)} - dep_k \right) - VC_k - dep_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (50)$$

Динамическая точка безубыточности проекта по ставке дисконтирования по-прежнему задаётся формулой (21).

Ожидаемое значение по всем проектным сценариям динамической точки безубыточности проекта по параметру суммарной выручки равно:

$$M(A^0) = \sum_{k=1}^m A_k^0 * p_k. \quad (51)$$

Аналогично находим ожидаемые значения точек безубыточности проекта по параметрам  $VC$  и  $FC$ .

В полной аналогии со случаем 6.1 можно определить понятия абсолютных и относительных запасов инвестиционной безубыточности и приемлемости проекта для его  $k$ -го вероятного сценария по параметрам - суммарная выручка от продаж продукции, суммарные постоянные издержки за 1 период проекта, суммарные переменные издержки за 1 период проекта, ставка дисконтирования. Можно также найти ожидаемые значения этих запасов. Интегральный финансовый риск проекта можно оценивать двумя способами: с по-

мощью стандартных формул (11-14) метода сценариев и с помощью анализа запасов финансовой устойчивости проекта по значениям критериев эффективности PI или IRR.

### 6.3. Случай проектного потока с произвольными величинами платежей

Для такого потока платежей значения критерия NPV для k-го вероятного сценария проекта рассчитываются по формуле (1). Единственным параметром, по которому можно исследовать финансовую устойчивость проекта, является ставка дисконтирования. Но для этого параметра запасы совпадают с запасами по значениям критериев эффективности IRR и IRAR.

Таким образом, для случая 6.3 можно оценивать только интегральный риск проекта по формулам (11-14) или с помощью относительных запасов по значениям критериев IRR, IRAR и PI. Например, для критерия PI относительный запас инвестиционной безубыточности проекта для его k-го вероятного сценария равен:

$$\chi_k = \frac{PI_k - 1}{PI_k} = 1 - \frac{1}{PI_k}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (52)$$

где значения критерия PI для заданного сценарного потока платежей находим по формуле (2). Относительный запас инвестиционной приемлемости проекта для его k-го вероятного сценария равен:

$$\xi_k = \frac{PI_k - PI_*}{PI_k} = 1 - \frac{PI_*}{PI_k}, \quad k = \overline{1, m}, \quad (53)$$

где нижняя граница приемлемой доходности задана в (6). Можно найти ожидаемые значения этих запасов и с их помощью оценить интегральный риск проекта. В случае 6.3 построить рейтинги параметров по убыванию риска невозможно, зато интегральный риск проекта оценивается комплексно, т.е. более системно и всесторонне по сравнению с классическим методом сценариев.

Замечание 2. Если вероятность реализации базового сценария проекта существенно преобладает над вероятностями остальных сценариев, то целесообразно построить рейтинги проектных параметров по возрастанию их относительных запасов также для базового (наиболее вероятного) сценария, а не только проекта в целом.

## 7. SWOT-анализ результатов исследований

*Strengths.* Предлагаемый авторами статьи новый комбинированный метод анализа рисков инвестиционного проекта объединяет два метода – метод сценариев и метод оценки запасов финансовой устойчивости проекта, разработанный авторами в предыдущих статьях. В результате этого объединения появилась возможность одновременно оценивать интегральный риск проекта в целом и риски проекта по основным его параметрам. Таким образом, оцен-

ка финансового риска проекта с помощью нового метода осуществляется комплексно, всесторонне, системно.

*Weaknesses.* Предлагаемому в статье новому методу анализа рисков инвестиционного проекта присущ тот же основной недостаток, что и для классического варианта метода сценариев: варианты сценариев развития проекта и вероятности их реализации выбираются экспертным путём, т.е. субъективно. Кроме того, увеличилась трудоёмкость вычисления требуемых оценок. Однако, в случае программной реализации метода на компьютере этот недостаток не является существенным.

*Opportunities.* При нулевой ставке дисконтирования из выведенных в статье формул метода получаются как частный случай формулы статического варианта анализа рисков. Для небольших промежутков времени (меньше года) такой вариант анализа является вполне корректным, т.к. за это время стоимость денег не успеет сильно измениться.

*Threats.* Потенциальной угрозой является появление нового мощного универсального метода анализа проектных рисков, лишённого основных недостатков существующих методов и применимого, в частности, в случае сильной зависимости между двумя и более факторами проекта.

## **8. Выводы**

1. Была адаптирована для метода сценариев концепция уровней доходности инвестиционного проекта, разработанная авторами в предыдущих работах [8, 9]. Суть адаптации состоит в том, что в новом комбинированном методе уровни доходности I-III задаются в (5-7) отдельно для каждого вероятного сценария инвестиционного проекта. При этом, нижняя граница приемлемых для инвестора или руководства проекта значений доходности в (6) является общей для всех сценариев, т.к. она известна с вероятностью, равной единице.

2. Оценка абсолютных и относительных запасов финансовой устойчивости проекта по основным его параметрам реализуется в новом методе для каждого вероятного сценария инвестиционного проекта. Таким образом, анализ финансовой устойчивости проекта по его параметрам органично “вписывается” в структуру метода сценариев.

3. Для каждого вероятного сценария инвестиционного проекта рассчитываются значения интегральных показателей эффективности – PI, IRR, IRAR. Затем находятся относительные запасы критериев эффективности по их значениям [8] и математические ожидания этих запасов по всем сценариям проекта. Всё это позволяет подучить оценку интегрального риска проекта в целом, альтернативную по отношению к традиционной оценке с помощью формул (11-14).

4. Разработанный авторами новый метод оценки проектных рисков применим не только для рентных, но и для произвольных потоков платежей проекта. Правда, в этом случае нельзя оценить финансовые риски проекта по его основным параметрам, а можно получить оценки только интегрального риска проекта в целом.

## Литература

1. Sharpe, W. Investments [Text] / W. Sharpe, G. J. Alexander, J. W. Bailey. – Ed. 6. – Prentice Hall, 1998. – 962 p.
2. Fabozzi, F. J. Investment Management [Text] / F. J. Fabozzi. – Ed. 2. – Prentice Hall, 1998. – 837 p.
3. Lee, C. F. Corporate Finance: Theory, Method, and Applications [Text] / C. F. Lee, J. E. Finnerty. – Harcourt College Pub, 1989. – 800 p.
4. Lukasevich, I. Ya. Analiz finansovyh operatsii. Metody, modeli, tehnika vychislenii [Text]: Handbook / I. Ya. Lukasevich. – Moscow: Finansy, YuNITI, 1998. – 400 p.
5. Lukasevich, I. Ya. Finansovyi menedzhment [Text]: Handbook / I. Ya. Lukasevich. – Ed. 2. – Moscow: Eksmo, 2010. – 768 p.
6. Grachiova, M. V. Risk-analiz investitsionnogo proekta [Text] / M. V. Grachiova. – Moscow: YuNITI, 2001. – 351 p.
7. Vorkut, T. A. Proektnyi analiz [Text] / T. A. Vorkut. – Kyiv: UTsDK, 2000. – 440 p.
8. Vasiliev, A. Reserves and limits of investment break even and acceptability of the project by values of the indicators of efficiency [Text] / A. Vasiliev, N. Vasilieva // Ekonomika ta derzhava. – 2015. – No. 4. – P. 28–32.
9. Vasilyev, A. Levels of return, reserves of investment break-even and acceptability of the project [Text] / A. Vasilyev, N. Vasilyeva, N. Tupko // Scientific Bulletin of the Odessa National Economic University. – 2014. – No. 10. – P. 51–63.
10. Volkov, I. M. Proektnyi analiz [Text]: Handbook / I. M. Volkov, M. V. Grachiova. – Moscow: Banki i birzhi, YuNITI, 1998. – 423 p.