

---

---

# **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ**

---

---

УДК 004:330.332

**А.И. Новиков,  
И.В. Поляк,  
Т.И. Солодка**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ К АНАЛИЗУ РИСКА ДОЛГОСРОЧНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

*Описана компьютерная реализация на Excel методов анализа риска долгосрочных инвестиционных проектов: анализа чувствительности проекта, метода сценариев, метода Монте-Карло.*

**Ключевые слова:** *долгосрочный инвестиционный проект, риск, метод анализа чувствительности, метод сценариев, метод моделирования Монте-Карло.*

**A.I. Novikov,  
I.V. Polyak,  
T.I. Solodkaya**

## **APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN RISK ASSESSMENT OF LONG-TERM INVESTMENT PROJECTS**

*The article describes the use of Excel programme for risk assessment models: method of sensitivity analysis, scenarios method, Monte-Carlo method.*

**The key words:** *long-term investment project, risk, method of sensitivity analysis, scenario method, method of Monte Carlo simulation.*

В основе процесса принятия управленческих решений инвестиционного характера лежит оценка и сравнение объема предполагаемых инвестиций и будущих денежных поступлений, т.е. необходимо сравнивать величину требуемых инвестиций с прогнозируемыми доходами [1 – 2].

Возможность отклонений результатов финансовой операции от ожидаемых значений характеризует степень ее риска. Оценка риска – важнейшая и неотъемлемая часть анализа эффективности инвестиционных проектов.

В статье рассматриваются следующие методы анализа риска долгосрочных инвестиционных проектов с использованием информационных технологий [3 – 4]: метод анализа чувствительности критериев эффективности, метод сценариев, метод имитационного моделирования Монте-Карло.

**Метод анализа чувствительности критериев эффективности.** При оценке долгосрочных инвестиционных проектов решения принимаются на основе одного из критериев выбора этих проектов, например чистого приведенного дохода  $NPV$ .

Инвестиционный проект со сроком реализации  $n$  лет может быть описан денежным потоком

$$Z = (Z_0, Z_1, Z_2, \dots, Z_n),$$

где  $Z_0 = -IC$  – объем инвестиционных расходов. Тогда чистый приведенный доход определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{k=0}^n \frac{Z_k}{(1+r)^k}.$$

Однако для более обоснованного принятия решения следует также проводить анализ чувствительности проекта, под которым понимается степень влияния изменения различных параметров денежного по-

тока на колебания значений чистого приведенного дохода. Чем слабее это влияние, тем выше устойчивость оценки и степень доверия к ней при принятии решений.

В качестве примера рассмотрим денежный поток  $Z = (-18000, 10000, 10000)$  при дисконтировании по ставке 7% годовых. Чистый приведенный доход составит  $NPV = 80,18 > 0$ .

Оценим, как колебания его компонент (на 1% в каждую сторону) и изменение ставок процента (от 5% до 9% с шагом в 1%) повлияют на значения  $NPV$ . В табл. 1 приведено влияние указанных факторов на значение  $NPV$ .

- определяют несколько вариантов изменений ключевых исходных показателей (например, пессимистический, наиболее вероятный и оптимистический);
- каждому варианту изменений приписывают его вероятностную оценку;
- для каждого варианта рассчитывают вероятное значение критерия  $NPV$ , а также оценки его отклонений от среднего значения;
- проводится анализ вероятностных распределений полученных результатов.

Проект с наименьшим стандартным отклонением ( $\sigma$ ) и коэффициентом вариации считается менее рисковым.

Таблица 1

Влияние параметров денежного потока на  $NPV$  проекта

Ежегодный доход, тыс. руб.	Процентная ставка				
	5	6	7	8	9
	-28,57%	-14,29%	0%	14,29%	28,57%
9900 (-1%)	408,16	150,59	-100,62	-345,68	-584,80
10000 (0%)	594,10	333,93	80,18	-167,35	-408,89
10100 (1%)	780,05	517,27	260,98	10,97	-32,98

Для автоматизации расчетов можно использовать специальное средство – таблицу подстановок Excel (табл. 2).

Для автоматизации решения подобных задач удобно использовать специальный инструмент ППП Excel – *диспетчер сценариев*. Сценарии в ППП Excel – это

Таблица 2

Таблица подстановок

1	Анализ чувствительности $NPV$ к изменению процентной ставки			
2	Процентная ставка	5%	Начальные инвестиции	18000
3	Срок реализации	2		
4	Ежегодный доход	10000		
5				
6		$NPV$		
7	варируемая Г	594,10		
8	6%	333,93		
9	7%	80,18		
10	8%	-167,35		
11	9%	-408,89		
12	10%	-644,63		

множество изменяемых ячеек, сохраняемых под указанным пользователем именем. Каждому такому набору соответствует своя модель предположений. Это позволяет проследить, как значения изменяемых ячеек влияют на модель в целом. Как правило, в качестве изменяемых используются те ячейки, от значений которых зависит ключевые формулы.

Предположим, что по данным проекта рассматриваемого примера были составлены следующие сценарии его развития и определены вероятности их осу-

ществления. Требуется провести анализ риска проекта (табл. 3).

Применение таблиц подстановки позволяет быстро рассчитать, просмотреть и сравнить влияние на результат любого количества вариаций одного показателя. Из табл. 2 видно, что чистый приведенный доход, а следовательно, и принимаемые на его основе решения существенно зависят от значений параметров денежного потока, отражающих условия реализации соответствующего инвестиционного проекта:  $NPV$  растет с увеличением компонентов денежного потока и/или с уменьшением ставки процента. При отрицательных значениях  $NPV$  проект перестает быть выгодным. Можно сделать вывод, что устойчивость инвестиционного проекта невелика.

**Метод сценариев.** Метод сценариев позволяет совместить исследование чувствительности результирующего показателя к одновременному изменению различных параметров денежного потока с анализом вероятностных оценок его отклонений. В общем случае процедура использования данного метода в процессе анализа инвестиционных рисков включает выполнение следующих шагов:

Таблица 3

Анализ риска проекта

Показатели	Сценарии		
	Наихудший $P = 0,25$	Наилучший $P = 0,25$	Вероятный $P = 0,5$
Процентная ставка	10%	4%	6%
Срок реализации	1	3	2
Ежегодный доход	8 000	12 000	10 000

При формировании сценариев данного примера используем готовый шаблон из табл. 2. На рис. 1 и 2 показан ввод набора ключевых переменных для сценария «Наихудший».

Excel автоматически сформирует отчет. Результаты отчета и некоторые вычисленные статистические показатели приведены в табл. 4.

Риск проекта оценивается величиной  $\sigma = 9254,18$  и коэффициентом вариации, равным 7,06. Вероятность того, что  $NPV$  будет иметь нулевое или отрицательное значение, есть  $P(NPV \leq 0) = 0,444$ .

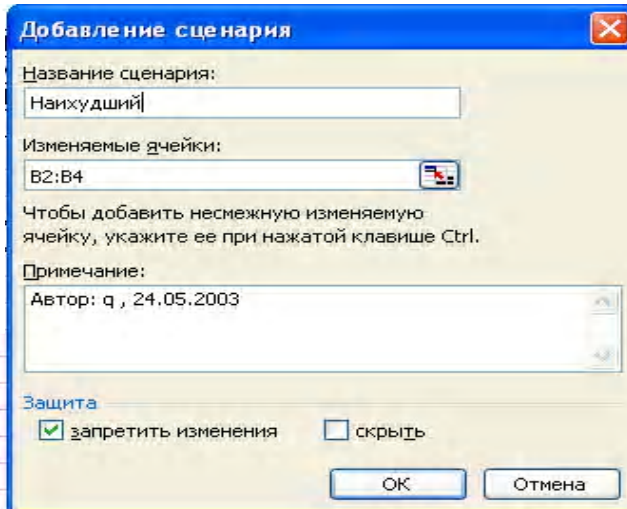


Рис. 1. Диалоговое окно «Добавления сценария "Наихудший"»

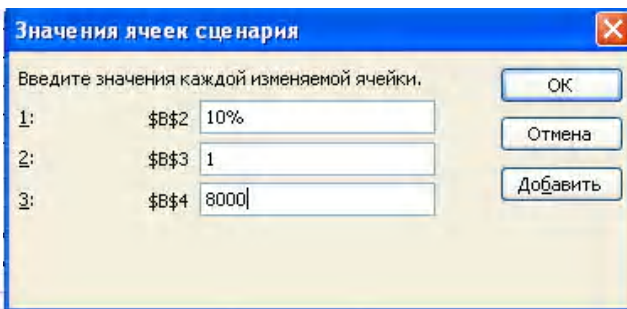


Рис. 2. Диалоговое окно «Значения ячеек сценария "Наихудший"»

Таблица 4

Результаты отчета диспетчера сценариев

	A	B	C	D
1	Анализ риска (метод сценариев)			
2	Сценарий	Наихудший	Наилучший	Вероятный
3	Вероятности	0,25	0,25	0,5
4	Процентная ставка	10%	4%	6%
5	Срок реализации	1	3	2
6	Ежегодный доход	8000	12000	10000
7				
8	NPV	-10727,27	15301,09	333,93
9				
10	Средняя NPV	1310,42	$\sum NPV_i p_i$	
11	Станд. отклонение $\sigma$	9254,08		
12	Коеф. вариации	7,06	B13/B10	
13	P(NPV ≤ 0)	0,444	НОРМПАСП(0;B10;B13;1)	

В целом метод сценариев 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 повышает эффективность подобного анализа путем увеличения числа сценариев и введения дополнительных переменных.

**Метод Монте-Карло.** Моделирование методом Монте-Карло – это компьютерный эксперимент. Единственное отличие компьютерного эксперимента от реального состоит в том, что он проводится с моделью системы, а не с самой системой.

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:

- установление взаимосвязи между исходными и выходными показателями в виде математических формул;
- задание закона распределения вероятностей для ключевых параметров модели;
- проведение компьютерной имитации значений ключевых параметров модели;
- расчет основных характеристик распределений исходных показателей;
- анализ полученных результатов и принятие решения.

Результаты имитационного эксперимента могут быть дополнены статистическим анализом, а также использоваться для построения прогнозных моделей и сценариев.

Применение имитационных экспериментов в среде ППП Excel можно осуществить двумя способами – с помощью встроенных функций и путем использования инструмента «генератор случайных чисел».

Рассмотрим простой способ имитации с использованием генератора случайных чисел, который предназначен для автоматической генерации множества данных (генеральной совокупности) заданного объекта, чьи элементы характеризуются определенным распределением вероятностей. При этом могут быть использованы следующие типы распределений: нормальное, Бернулли, Пуассона, биномиальное, модельное и дискретное.

Будем исходить из предположения о нормальном распределении ключевых переменных. Пусть в процессе предварительного анализа рассматриваемого в качестве примера инвестиционного проекта экспертами выявлены три ключевых параметра проекта (ставка, срок и доход) и определены возможные границы их изменений. Требуется провести анализ риска проекта.

Выделим в рабочей книге Excel (шаблон) два листа: исходные условия эксперимента (табл. 5) и имитационный анализ (табл. 6).

Первая часть табл. 5 (ячейки A2:E9) предназначена для ввода исходных данных и расчета необходимых параметров их распределений (среднее и стандартное отклонение). Для проведения имитации ключевых параметров используем функцию «Генерация случайных чисел».

В результате в табл. 5 получим содержимое ячеек A13:C512. Выделяем ячейку D13 и вручную правым нижним «крестиком» протягиваем блоки до ячейки D512. На основании статистической обработки данных табл. 5 (содержимое ячеек A13:D512) формируется табл. 6.

Результаты проведенного имитационного эксперимента показывают, что величина ожидаемой NPV равна 436,21; риск проекта оценивается стандартным отклонением (7865,55) и коэффициентом вариации (18,03).

Общее число отрицательных значений NPV в выборке составляет 235 из 500. Сумма всех отрицательных значений NPV (ячейка B12) может быть интерпретирована как чистая стоимость неопределенности для инвестора в случае принятия проекта. Аналогично сум-

Таблица 5

Исходные условия эксперимента (метод Монте-Карло)

	A	B	C	D	E	F
1	Исходные условия эксперимента (метод Монте-Карло)					
2		Ставка	Срок	Доход	Вероятность	
3	Минимум	0,04	1	8000	0,25	
4	Вероятное	0,06	2	10000	0,5	
5	Максимум	0,10	3	12000	0,25	
6	Среднее	0,065	2	10000		
7	Ст-отклон.	0,022	0,707	1414,214		
8	Инвестиции	18000				
9	Число экспериментов =	500				
10						
11	Имитация ключевых параметров			Расчет		
12	Ставка	Срок	Доход	NPV		
13	-0,001506327	-0,13727	5724,81	-18 786,36	ПС(A13;B13;C13)-\$B\$8	
14	0,068521438	2,113166	10226,367	1 504,14		
15	---	---	---	---		
512	0,118635013	3,723634	13447,79	20 685,33		

Таблица 6

Имитационный анализ методом Монте-Карло

	A	B	C	D	E	F	G
1	Результаты анализа (метод Монте-Карло)						
2	Показатели	Ставка	Срок	Доход			
3	Среднее значение	0,065	1,99	9977,50			
4	Стандарт. отклонение	0,022	0,715	1429,742			
5	Показатели	NPV					
6	Среднее значение	436,21	СРЗНАЧ(Лист4!D13:D512)				"
7	Стандарт. отклонение	7865,557	СТАНДОТКЛОНП(Лист4!D13:D512)				
8	Козфф. вариации	18,032	B7/B6				
9	Минимум	-18786,364	МИН(Лист4!D13:D512)				
10	Максимум	28604,5583	МАКС(Лист4!D13:D512)				
11	Число случаев NPV<0	235	СЧЕТЕСЛИ(Лист4!D13:D512,"<0")				
12	Сумма убытков	-1470569,7	СУММЕСЛИ(Лист4!D13:D512,"<0")				
13	Сумма доходов	1688675,35	СУММЕСЛИ(Лист4!D13:D512,">0")				
14							
15	P(NPV≤0)	0,48	НОРМРАСП(0;B6;B7;1)				
16	P(X≤МИН(X))	0,01	НОРМРАСП(B9;B6;B7;1)				
17	P(M(NP) + σ ≤ NPV ≤ max)	0,16	НОРМРАСП(B10;B6;B7;1)-НОРМРАСП(B6+B7;B6;B7;1)				
18	P(M(NPV) - σ ≤ NPV ≤ M(NPV))	0,34	НОРМРАСП(B6;B6;B7;1)-НОРМРАСП(B6-B7;B6;B7;1)				

ма всех положительных значений  $NPV$  (ячейка B13) может трактоваться как чистая стоимость неопределенности для инвестора в случае отклонения проекта. В данном случае сумма возможных убытков (-1 470 569) и сумма возможных доходов (1 688 675) соизмеримы, проект следует отклонить.

Результаты вероятностного анализа показывают, что шанс получить отрицательную величину  $NPV$  не превышает 48%. Вероятность того, что величина  $NPV$  окажется больше чем  $M(NPV) + \sigma$ , равна 16%. Вероятность попадания значения  $NPV$  в интервал  $[M(NPV) - \sigma; (NPV)]$  равна 34%.

Метод Монте-Карло дает более реальные оценки риска, чем другие методы, например метод сценариев, что обусловлено перебором промежуточных вариантов.

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.

1. Воронцовский А.В. Управление рисками. СПб.: ОЦЭИМ, 2004.

2. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика, 2003.

3. Новиков А.И., Солодкая Т.И. Теория принятия решений и управление рисками в финансовой и налоговой сферах: учеб. пособие. М.: Российский университет кооперации, 2009.

4. Уэйн Л. Винстон. Excel 2007. Анализ данных и бизнес-моделирование. М.: Русская Редакция, 2008.