

Министерство образования и науки РФ  
Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского  
Национальный исследовательский университет

С. Н. Яшин, И. Л. Туккель,  
Е. В. Кошелев, Ю. В. Захарова

**ЭКОНОМИКА  
И ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Учебник*

*Том второй*

**Финансовое обеспечение**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением  
по университетскому политехническому образованию  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению подготовки бакалавров  
«Инноватика» и специальности «Управление инновациями»*

Нижний Новгород  
Издательство Нижегородского государственного университета  
2016

УДК 336.645.1  
ББК 65.9(2Рос)-56  
Э 40

*Рецензенты:*

Ю. А. Кузнецов – доктор физико-математических наук, профессор;  
Д. А. Корнилов – доктор экономических наук, профессор

Э 40 **Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности: учебник** / С. Н. Яшин, И. Л. Туккель, Е. В. Кошелев, Ю. В. Захарова. — В 2 т. — **Т. 2: Финансовое обеспечение.** — Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2016. — 709 с.

ISBN 978-5-91326-348-3

Учебник посвящен сложному и актуальному предмету изучения теории и практических ситуаций экономики внедрения инноваций и их финансирования. Во втором томе “Финансовое обеспечение” изложены основные технологии финансирования инноваций на предприятии. Изучение материала книги подкреплено множеством практических примеров. В конце большинства глав представлены типовые задачи с подробными решениями. Некоторые задачи вынесены на самостоятельный разбор, а чтобы проверить результат, к ним даются ответы.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров “Инноватика”, по специальности “Управление инновациями”, а также для исследователей и специалистов, работающих в инновационной сфере, аспирантов и преподавателей.

ISBN 978-5-91326-348-3

УДК 336.645.1  
ББК 65.9(2Рос)-56

- © Яшин С. Н., Туккель И. Л., Кошелев Е. В.,  
Захарова Ю. В., 2016  
© Нижегородский госуниверситет  
им. Н. И. Лобачевского, 2016

## Оглавление

Предисловие.....	11
<b>Глава 1. Разработка инновационной стратегии предприятия .....</b>	<b>15</b>
1.1. Направления и этапы разработки инновационной стратегии .....	15
1.2. Модифицированный метод Гурвица разработки стратегии технологических инноваций .....	20
1.3. Задачи .....	26
<b>Глава 2. Анализ денежных потоков инновационных         проектов .....</b>	<b>42</b>
2.1. Общий метод расчета наращенной суммы и современной стоимости потока платежей .....	42
2.2. Наращенные суммы постоянных рент постнумерандо .....	44
2.3. Современные стоимости постоянных рент постнумерандо .....	50
2.4. Зависимость между наращенной и современной стоимостью постоянной ренты .....	54
2.5. Определение величины регулярного платежа и срока постоянной ренты постнумерандо .....	55
2.6. Определение размера процентной ставки постоянной ренты постнумерандо .....	59
2.7. Постоянные ренты пренумерандо и ренты с выплатами в середине периодов .....	67
2.8. Отложенные постоянные ренты .....	69

2.9. Вечная рента (перпетуитет) .....	71
2.10. Постоянная рента с периодом платежей, превышающим год .....	72
2.11. Задачи .....	73
<b>Глава 3. Критерии выбора вложений капитала в инновационные проекты .....</b>	<b>81</b>
3.1. Срок окупаемости инновационного проекта .....	81
3.2. Учетная доходность инновационного проекта .....	83
3.3. Чистый приведенный доход инновационного проекта .....	84
3.4. Внутренняя доходность инновационного проекта .....	86
3.5. Индекс доходности инновационного проекта .....	87
3.6. Сравнение критериев NPV и IRR .....	88
3.7. Множественность значений IRR .....	90
3.8. Модифицированная внутренняя доходность инновационного проекта .....	92
3.9. Сравнение критериев NPV и PI .....	95
3.10. Влияние изменения цены капитала на принятие инвестиционного решения .....	96
3.11. Сравнение критериев PP, NPV, IRR, PI и MIRR .....	97
3.12. Анализ инновационных проектов с непрерывными денежными потоками .....	99
3.13. Расчет дисконтного срока окупаемости инновационного проекта .....	106
3.14. Задачи .....	111

<b>Глава 4. Планирование денежных потоков инновационного проекта .....</b>	<b>148</b>
4.1. Переход от оценки бухгалтерской прибыли к бюджету денежных потоков .....	148
4.2. Чистый денежный поток инновационного проекта .....	149
4.3. Учет влияния НДС .....	153
4.4. Остаточный денежный поток инновационного проекта ..	154
4.5. Анализ инновационных проектов, не имеющих отдельного коммерческого результата .....	159
4.6. Влияние инфляции на инвестиционную активность .....	171
4.7. Расчет на реальной и номинальной основе .....	173
4.8. Решение проблемы неравномерности инфляции .....	176
4.9. Методологические ошибки, допускаемые при учете инфляции .....	177
4.10. Задачи .....	181
<b>Глава 5. Расчет средневзвешенной стоимости капитала .</b>	<b>187</b>
5.1. Три подхода к определению ставки дисконта инновационного проекта .....	187
5.2. Концепции определения стоимости собственного капитала .....	191
5.3. Метод кумулятивного построения (BUM) .....	192
5.4. Метод долевого премии .....	195
5.5. Метод прямого расчета стоимости собственного капитала предприятия .....	197
5.6. Модель дивидендного роста (DGM) .....	199

5.7. Модель стоимости капитальных активов (САРМ) .....	201
5.8. Теория арбитражного ценообразования (АРТ) .....	203
5.9. Модель Фамы–Френча .....	207
5.10. Концепции определения стоимости заемного капитала ...	209
5.11. Рыночная стоимость заемного капитала .....	209
5.12. “Скрытая” стоимость заемного капитала .....	212
5.13. Оценочная стоимость заемного капитала .....	214
5.14. Влияние распределения риска между участниками проекта на его инвестиционную привлекательность .....	216
5.15. Сравнение методов APV и NPV для бесконечно длительных проектов .....	228
5.16. Сравнение методов APV и NPV для ограниченных во времени проектов .....	232
5.17. Неадекватно дорогой долг и эффект проекта .....	233
5.18. Выбор метода оценки проекта в зависимости от степени его обособленности .....	234
5.19. Скорректированная средневзвешенная стоимость капитала предприятия .....	239
5.20. Расчетная средневзвешенная стоимость капитала предприятия .....	243
<b>Глава 6. Составление полного финансового плана .....</b>	<b>249</b>
6.1. Постановка задачи сравнения инвестиционных альтернатив .....	249
6.2. Стремление к имуществу .....	250
6.3. Стремление к доходу .....	253

6.4.	Упрощающие допущения .....	253
6.5.	Правило расчета остаточного имущества.....	255
6.6.	Модель остаточной стоимости. Несовершенный рынок капитала .....	256
6.7.	Модель остаточной стоимости. Совершенный рынок капитала .....	259
6.8.	Модель изъятия. Несовершенный рынок капитала.....	265
6.9.	Стремление к доходу и стремление к имуществу в сравнении.....	268
6.10.	Модель изъятия. Совершенный рынок капитала.....	270
6.11.	Расчет чистого приведенного дохода с учетом выплаты налога на прибыль.....	274
6.12.	Налоговые эффекты высокотехнологичных инновационных проектов .....	279
6.13.	Задачи .....	293
<b>Глава 7. Методы принятия решений о сроке действия инвестиций в инновации .....</b>		<b>320</b>
7.1.	Постановка задачи принятия решения о сроке инновационного проекта .....	320
7.2.	Однократная инвестиция .....	323
7.3.	Цепи инвестиций и периоды планирования.....	331
7.4.	Конечный плановый период .....	335
7.5.	Бесконечный плановый период .....	341
7.6.	Проблема замены инвестиционного объекта модернизации .....	346
7.7.	Оценка целесообразности замены оборудования.....	353

7.8. Механизм постепенного обновления парка оборудования .....	374
7.9. Задачи .....	379
<b>Глава 8. Инновационные решения в условиях неопределенности .....</b>	<b>390</b>
8.1. Концепция анализа влияния условий осуществления проекта на его эффективность .....	390
8.2. Анализ чувствительности .....	390
8.3. Имитационное моделирование методом Монте-Карло ....	397
8.4. Последовательные инновационные решения.....	411
8.5. Жесткое планирование .....	415
8.6. Гибкое планирование .....	417
8.7. Критика гибкого планирования .....	423
8.8. Оценка инновационного проекта с учетом возможности его прекращения.....	425
8.9. Задачи.....	443
<b>Глава 9. Планирование инвестиционных программ инновационной деятельности.....</b>	<b>456</b>
9.1. Системный подход и бюджетирование капитала .....	456
9.2. Одновременное инвестиционное и финансовое планирование .....	459
9.3. Планирование инвестиционной программы с учетом возможностей реинвестирования .....	466
9.4. Планирование инвестиционной программы в условиях ограниченности информации о будущих возможностях реинвестирования.....	473



9.5. Оценка вертикально интегрированных инновационных проектов .....	481
9.6. Оценка стратегических перспектив бизнеса .....	485
9.7. Ценность коммерческой информации .....	489
9.8. Ценность геологической информации .....	491
9.9. Оптимизация набора инновационных проектов методом линейного программирования .....	493
9.10. Оптимизация набора инновационных проектов методом частично целочисленного программирования .....	497
9.11. Кросс-финансирование .....	500
9.12. Кросс-субсидирование .....	503
9.13. Кросс-холдинг .....	506
9.14. Кросс-хеджирование .....	510
9.15. Одновременное инвестиционное и производственное планирование .....	511
9.16. Согласование интересов участников инновационного проекта .....	539
9.17. Задачи .....	549
<b>Глава 10. Планирование инновационной деятельности методом реальных опционов .....</b>	<b>598</b>
10.1. Недостатки традиционной DCF-технологии .....	598
10.2. Опционы на сокращение и на выход из бизнеса (проекта) .....	603
10.3. Опционы на развитие и на тиражирование опыта .....	608
10.4. Опционы на переключение и временную остановку бизнеса .....	614

10.5.	Опцион на отсрочку начала проекта .....	618
10.6.	Опцион на опцион. Стадийность осуществления инновационного проекта.....	620
10.7.	Актуальные проблемы оценки инновационных проектов методом ROV.....	632
10.8.	Реальные опционы как юридические контракты.....	636
10.9.	Модернизация оборудования компании как азиатский реальный опцион с постоянной волатильностью бизнеса .....	653
10.10.	Влияние инфляции на изменение стоимости азиатского реального опциона.....	674
<b>Глава 11. Мотивация топ-менеджеров корпорации на повышение эффективности ее инновационных проектов .....</b>		<b>685</b>
11.1.	Агентские проблемы топ-менеджмента в корпорации...	685
11.2.	Экономическая добавленная стоимость (EVA).....	687
11.3.	Противоречия мотивации топ-менеджмента методом EVA.....	689
11.4.	Модифицированная EVA.....	692
11.5.	Вознаграждение топ-менеджеров в зависимости от стоимости акций корпорации.....	693
11.6.	Инсайдер, повышающий ценность компании .....	694
11.7.	Инсайдер, мотивированный на рост ценности компании.....	696
11.8.	Задачи.....	697
<b>Заключение .....</b>		<b>701</b>
<b>Приложения.....</b>		<b>702</b>
<b>Список литературы .....</b>		<b>708</b>

## Предисловие

Начало XXI века характеризуется глобальным техническим прорывом в развитии человеческой цивилизации. Эволюция технологий уже не происходит изолированно, затрагивая лишь технический прогресс государств. Происходит непосредственное влияние этого процесса на все сферы общества. Здесь имеются в виду экономическое развитие предприятий, динамика основных показателей фондового рынка, а также социальные сферы жизни человека, в том числе вопросы уровня жизни населения и уровня мотивации отдельно взятых людей на полезную для общества деятельность.

Такая сложная система взаимосвязей процесса современной глобализации порождает необходимость разработки новых технологий управления инновационным развитием как общества в целом, так и отдельных государств и предприятий в частности. Для России в таком контексте наиболее важными являются процессы модернизации, обусловленные технологическим отставанием отечественных производственных компаний от зарубежных конкурентов. Данная ситуация осложняется тем, что все это негативно влияет на восприятие иностранными инвесторами российской экономики в целом. Как следствие, это приводит к низким показателям отечественного фондового рынка и к жесткой зависимости его динамики от изменений цены на нефть.

Таким образом, создание соответствующих экономических и финансовых технологий успешного внедрения инноваций является одной из первоочередных задач российских компаний. Кроме того, инновации (технологические, маркетинговые и организационные) являются надежным инструментом преодоления кризисных явлений как в экономике страны, так и в хозяйственной деятельности фирм.

В таких условиях чрезвычайно важна подготовка квалифицированных специалистов в области экономического внедрения инноваций в хозяйственной деятельности предприятий. Несмотря на понимание важности данного вопроса, в учебно-методической литературе недостаточно полно рассматриваются разделы по экономике и финансовому обеспечению инновационной деятельности. Поэтому авторы предприняли попытку создания именно такого учебника, который отвечал бы поставленным задачам, стоящим перед современной

экономикой России. Однако охватить все наиболее важные направления инноватики в одной книге оказалось невозможно. Если первый том учебника ориентирован на изучение *экономики инноваций*, то второй том уже нацелен на освоение технологий *финансового обеспечения инноваций*.

Изложение материала книги подкреплено множеством практических примеров. В них проводятся необходимые финансовые расчеты, позволяющие в итоге принять обоснованные решения в области внедрения и финансирования инноваций на предприятии. В конце большинства глав представлены типовые задачи с подробными решениями. Некоторые задачи вынесены на самостоятельный разбор, а чтобы проверить результат, к ним даются ответы.

Кроме того, в учебнике мы попытались решить известную в отечественном экономическом образовании проблему отсутствия единой системы обозначений в экономических формулах. Данная проблема приводит к серьезной путанице в понимании сути многих экономических явлений. Так, например, в некоторых книгах нередко путают темп роста с темпом прироста по причине одинакового их обозначения в формулах. Ранее мы уже пытались решить указанную проблему в книгах [21], [22] и [28]. Однако сейчас мы подошли к этому вопросу более основательно. Опираясь прежде всего на стандарты МСФО и международные обозначения, принятые учеными в электронной научной системе *Social Science Research Network* ([www.ssrn.com](http://www.ssrn.com)), недостающие обозначения некоторых величин мы дополнили прямым переводом их на английский язык. Такой подход, на наш взгляд, существенно упростит процесс обучения студентов, а также позволит им в будущем при необходимости быстрее вникать в специфику работы с иностранными фирмами.

Наконец, учебник построен таким образом, что после подробного изложения материала, представленного в первых главах книги (который необходим для математического и методологического обеспечения финансовых расчетов), дальнейшие более сложные расчеты предлагается доверить компьютеру. В этой связи в последующих главах для решения некоторых финансовых задач и визуализации анализируемой информации используются такие вычислительные пакеты, как *Maple*, *Mathematica* и *Matlab*. При этом для реше-

ния каждой конкретной финансовой задачи мы выбираем тот пакет, в котором, на наш взгляд, решение проще. Тексты программ приводятся, что позволяет ориентировать студента на освоение компьютерных технологий для решения практических ситуаций внедрения и финансирования инноваций.

Решая поставленные в книге задачи, мы структурировали ее следующим образом.

*Глава 1* позволяет студенту акцентировать внимание на основном направлении изучения экономики и технологий финансового обеспечения инноваций, а именно, на разработке инновационной стратегии предприятия.

В *главе 2* представлен минимально необходимый аппарат финансовой математики, который понадобится в следующих главах и позволит анализировать денежные потоки инновационных проектов.

В *главе 3* изучаются основные классические критерии выбора вложений капитала в инновации, а также их финансовая взаимосвязь между собой.

*Глава 4* посвящена технике планирования денежных потоков инновационных проектов, а *глава 5* — анализу и расчету адекватной ставки дисконта для них.

В *главе 6* отдельные инновационные проекты рассматриваются в контексте остальной деятельности фирмы — производственной и финансовой. С этой целью составляются полные финансовые планы проектов.

*Глава 7* посвящена вопросу определения оптимального срока действия инвестиций в инновации. Решение данного вопроса позволяет развивать дальнейшие рассуждения о финансировании инноваций.

В *главе 8* инновационные решения фирмы рассматриваются в условиях неопределенности. Такой подход позволяет варьировать всевозможные параметры проектов и даже при необходимости выходить из проектов с минимальными финансовыми потерями.

*Глава 9* рассматривает наиболее важный вопрос финансирования инноваций, а именно, разработку инвестиционных программ инновационных проектов. Решение данного вопроса необходимо в связи с тем, что многие компании ведут одновременно несколько различных проектов.

В *главе 10* прорабатываются вопросы перехода от единовременных инновационных решений к долговременным гибким решениям. Для оценки стратегических перспектив фирмы используется метод реальных опционов.

Наконец, *глава 11* посвящена проблеме мотивации топ-менеджмента корпорации на повышение эффективности ее инновационных проектов. Конструктивная мотивация менеджеров позволяет значительно снизить влияние агентских конфликтов на доходы акционеров и прочих собственников в процессе развития инновационного бизнеса корпорации.

Мы благодарны всем коллегам, которые помогли нам выработать свои подходы к решению практических задач финансового обеспечения инновационной деятельности фирмы. Отдельная благодарность старшему преподавателю ННГУ им. Н. И. Лобачевского А. В. Купцову за помощь в написании главы 1 и параграфов 7.7 и 7.8, а также экономисту 1-й категории ОАО «Газпром межрегионгаз Нижний Новгород» Д. В. Подшибякину за помощь в адаптации представленных в книге моделей к реальному бизнесу в России.

Учебник предназначен для студентов технических и экономических специальностей, магистров и аспирантов. В частности, он может быть рекомендован для учебного процесса по направлению подготовки «Инноватика» и специальности «Управление инновациями» с целью изучения дисциплин «Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности», «Разработка управленческих решений в инновационном менеджменте» и «Анализ эффективности инновационной деятельности». Также учебник может использоваться научными работниками и специалистами, занимающимися вопросами анализа и управления инновационными проектами.

## Глава 1

# Разработка инновационной стратегии предприятия

### 1.1. Направления и этапы разработки инновационной стратегии

*Инновационная стратегия предприятия — это решение долгосрочного характера, которое направлено на осуществление стратегических продуктовых, технологических и нетехнологических нововведений, внедрение которых носит упреждающий (преактивный) характер с целью получения преимущества “первого хода”, которое при правильном использовании может привести предприятие к лидерству на рынке и высоким доходам.*

Процесс разработки инновационной стратегии предполагает учет фактора неопределенности в отношении эффективности принятого решения высшим руководством предприятия. Причины такой неопределенности заключаются в невозможности точно предсказать, насколько новый модернизированный товар удовлетворит запросы потребителя и соответственно будет востребован на рынке. Если же предприятие решает выйти на рынок с новым товаром, то возникает необходимость адаптировать имеющееся производство для того, чтобы его производить. В этом случае необходимо либо переоборудовать уже имеющееся оборудование, включая его ремонт, либо закупить новое. Кроме того производство нового товара может предполагать разработку или приобретение новых технологий производства, включая также применение новой робототехники и самого современного, опять же адаптированного к новым запросам производства, программного обеспечения компьютерной техники, необходимой, например, для управления новой автоматизированной линией.

Если же предприятие решает модернизировать процесс производства без разработки нового товара, то такая стратегия также предполагает наличие неопределенности, т. к. в данном случае необходимо наиболее эффективно решить вопрос об оптимальном способе модер-

низации. Можно, например, 1) отремонтировать имеющееся оборудование, 2) частично переоборудовать его или просто 3) закупить новое. Экономическую эффективность и относительную безрисковость каждого из этих вариантов необходимо просчитывать отдельно.

Наконец, менеджмент предприятия всегда в той или иной степени не расположен к риску, а, следовательно, может отвергнуть некоторые инновационные стратегии, если они представляются ему слишком рискованными, даже если при этом они обещают значительный рост эффективности бизнеса в денежном выражении. В таком случае руководство предприятия может выбрать менее рискованную стратегию развития при том, что она менее эффективна, зато более надежна и стабильна.

Для комплексного решения обозначенных проблем можно предложить следующую схему направлений разработки инновационной стратегии (рис. 1).

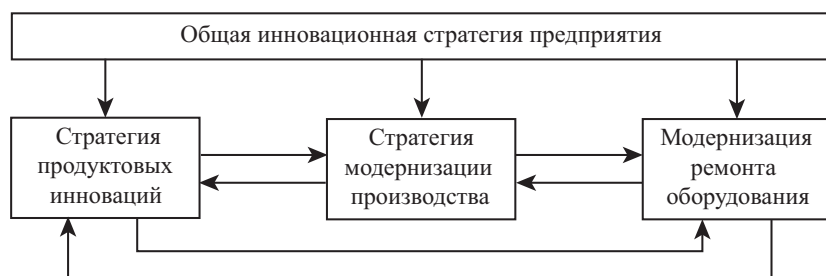


Рис. 1. Направления разработки общей инновационной стратегии предприятия

Двойные стрелки между нижними блоками схемы показывают, что они могут быть между собой взаимосвязаны. К примеру, стратегия продуктовых инноваций может повлечь за собой необходимость модернизации производства (технологических инноваций) для того, чтобы новую модернизированную продукцию было возможно производить на оборудовании предприятия. Или же необходимая модернизация уже устаревшего оборудования, что также относится к технологическим инновациям, может позволить предприятию осваивать



производство новой продукции, т. е. повлечь за собой продуктовые инновации.

Для того, чтобы обозначить этапы разработки общей инновационной стратегии, надо ввести в анализ такие показатели эффективности выбранной стратегии, которые бы в наибольшей степени отражали экономический эффект от ее реализации. Любой бизнес прежде всего предполагает получение от него денег в виде выручки и прибыли, однако, для денежной оценки эффективности инноваций больше подойдут показатели, предложенные Э. И. Крыловым, В. М. Власовой и И. В. Журавковой, поскольку экономическая эффективность инноваций заключается не только в получении, например, прибыли, но также в получении необходимых денег для дальнейшего развития использования оборудования и рабочей силы. В качестве таких показателей можно, следуя рекомендациям указанных авторов, использовать: 1) доход, 2) чистый доход, 3) добавленную стоимость, 4) чистую добавленную стоимость.

Механизмы построения этих четырех показателей представим на рис. 2 и 3. Заметим, что обозначения данных показателей мы поменяли на другие с целью упрощения принципа их построения.

$$\begin{array}{l}
 \text{Прибыль до налогообложения } (P) \\
 + \text{ Амортизация основных производственных фондов} \\
 \text{и нематериальных активов } (D) \\
 \hline
 \text{Доход (PD)} \\
 + \text{ Расходы на оплату труда с отчислениями на социальные нужды } (U) \\
 \hline
 \text{Добавленная стоимость (UPD)}
 \end{array}$$

Рис. 2. Механизм построения показателей дохода и добавленной стоимости

Используя обозначения, введенные на рис. 2 и 3, получим формулы для вычисления показателей добавленной стоимости и чистой добавленной стоимости:

$$\text{UPD} = U + \text{PD} = U + P + D; \quad \text{UNID} = U + \text{NID} = U + \text{NI} + D.$$

	Чистая прибыль, направляемая в фонды накопления, потребления, социальной сферы, в резервный капитал и на выплату дивидендов (NI)
+	Амортизация основных производственных фондов и нематериальных активов ( <i>D</i> )
<hr/>	
+	Чистый доход (NID)
+	Расходы на оплату труда с отчислениями на социальные нужды ( <i>U</i> )
<hr/>	
	Чистая добавленная стоимость (UNID)

Рис. 3. Механизм построения показателей чистого дохода и чистой добавленной стоимости

После того, как выбраны финансовые показатели оценки эффективности выбранной инновационной стратегии в денежном выражении, сформулируем этапы разработки общей инновационной стратегии предприятия (рис. 4), подробно изложенные в этом и следующих параграфах.

Под чистыми стратегиями на рис. 4 можно понимать, например, отдельные направления модернизации производства (технологических инноваций). Это могут быть такие направления, как “Приобретение (внедрение) машин и оборудования”, “Приобретение (внедрение) новых технологий”, “Приобретение (внедрение) программных средств” и т. д. Если же, к примеру, рассматриваются отдельные направления модернизации продукции и производства, то в качестве них могут выступать производства различных видов товара. Скажем, в машиностроении это могут быть производства следующих видов товара: “Легковые автомобили”, “Автобусы”, “Дизельные двигатели”, “Грузовые автомобили”, “Строительно-дорожная техника” и пр.

Комбинация определенного количества чистых стратегий как раз и будет общей смешанной инновационной стратегией предприятия. При этом определяется приоритетность выбранных чистых стратегий, т. е. они ранжируются, начиная с самой выгодной и заканчивая наименее выгодной, но необходимой.



Рис. 4. Этапы разработки общей инновационной стратегии предприятия

## 1.2. Модифицированный метод Гурвица разработки стратегии технологических инноваций

В настоящем параграфе проведем пять этапов разработки инновационной стратегии предприятия согласно схеме, проиллюстрированной на рис. 4. А именно, используя в качестве примера некоторое условное промышленное предприятие, проведем анализ этапов 4–8 рис. 4. Это позволит пояснить предложенную нами модификацию метода Гурвица, известного из теории статистических игр.

**Пример 1.** Предположим, что промышленное предприятие разрабатывает стратегию модернизации производства (технологических инноваций). В качестве частных вариантов (чистых стратегий) рассматриваются следующие:

1. Приобретение машин и оборудования (стратегия 1).
2. Приобретение новых технологий (стратегия 2).
3. Приобретение программных средств (стратегия 3).

Пусть для каждой из трех стратегий получены пессимистичный и оптимистичный прогнозы в отношении чистой добавленной стоимости, которая может быть получена за следующие три года (табл. 1).

Таблица 1

### Пессимистичный и оптимистичный прогнозы получения чистой добавленной стоимости (UNID) за следующие три года (тыс. руб.)

Чистые стратегии	Пессимистичный прогноз ( $\lambda = 1$ )	Оптимистичный прогноз ( $\lambda = 0$ )
1	3 135 596	3 537 211
2	3 161 308	3 402 803
3	2 793 223	3 838 133

Для выбора наиболее предпочтительной стратегии можно использовать аппарат теории статистических игр. Для этого изменения, происходящие на рынке товаров машиностроения, будем рассматривать как статистическую игру, т. е. игру с природой. Под

“природой” будем понимать совокупность неопределенных факторов рынка, влияющих на эффективность принимаемых решений.

Для подробной оценки данных матрицы статистической игры (табл. 1) будем использовать критерий Гурвица, который является критерием пессимизма-оптимизма. Согласно этому критерию за оптимальную принимается та стратегия, для которой выполняется соотношение

$$\max_i G_i = \max_i \left( \lambda \min_j a_{ij} + (1 - \lambda) \max_j a_{ij} \right), \quad (1)$$

где  $a_{ij}$  — выигрыш статистика, если он использует стратегию  $A_i$  (строки табл. 1) при состоянии природы  $P_j$  (столбцы табл. 1). Значение параметра  $\lambda$  берется в пределах  $0 \leq \lambda \leq 1$ . При  $\lambda = 0$  имеем критерий крайнего оптимизма, а при  $\lambda = 1$  — критерий пессимизма Вальда:

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij}.$$

При значении  $\lambda$ , близком к 0, рассматриваем стратегию агрессивного инвестора, т. е. расположенного рисковать, а при  $\lambda$ , близком к 1, — стратегию консервативного инвестора, т. е. не расположенного к риску.

Согласно методу Гурвица для каждой  $i$ -й стратегии ( $i = \overline{1, 3}$ ), пользуясь соотношением (1), можем построить функцию Гурвица ( $G_i$ ). Для этого проводим прямую через точки  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$ . В результате получаем следующие функции:

$$\begin{aligned} \text{стратегия 1:} \quad G_1 &= 3\,537\,211 - 401\,615 \lambda; \\ \text{стратегия 2:} \quad G_2 &= 3\,402\,803 - 241\,495 \lambda; \\ \text{стратегия 3:} \quad G_3 &= 3\,838\,133 - 1\,044\,910 \lambda. \end{aligned}$$

Полученные функции Гурвица покажем на графике (рис. 5).

Следуя методу Гурвица, по рис. 5 можно определить наиболее выгодные стратегии. Поскольку функции  $G_i$  максимизируются, проводим огибающую  $ACEF$ . Затем сравниваются расстояния по оси  $\lambda$  между точками  $A$  и  $C$ ,  $C$  и  $E$ ,  $E$  и  $F$  соответственно. Эти расстояния соответствуют функциям  $G_3$ ,  $G_1$  и  $G_2$ .

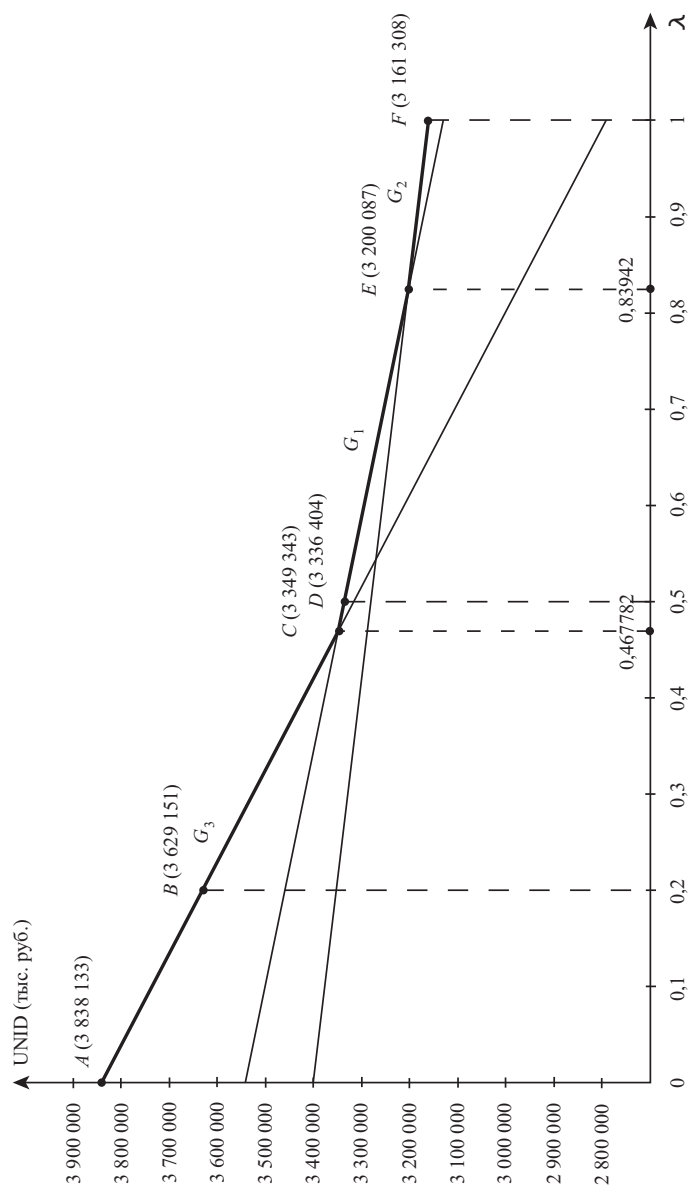


Рис. 5. Графики функций Гурвица

В результате получаются следующие расстояния по оси  $\lambda$ :

под графиком  $G_3$ : 0,467782;

под графиком  $G_1$ : 0,371638;

под графиком  $G_2$ : 0,16058.

Согласно методу Гурвица, наиболее выгодной является та стратегия, которой соответствует наибольшее расстояние по оси  $\lambda$ . Тогда предпочтения в отношении анализируемых стратегий будут такими:

$$3 \succ 1 \succ 2.$$

Однако, такой классический подход имеет один серьезный недостаток. Параметр  $\lambda$  характеризует величину риска соответствующей стратегии. При значении  $\lambda$ , близком к 0, стратегия очень рискованная, а при  $\lambda$ , близком к 1, стратегия почти безрисковая. Тогда согласно полученным нами результатам можно сделать вывод, что лицу, принимающему решение, (ЛПР) выгоднее реализовывать наиболее рискованную стратегию 3, менее выгодно реализовать чуть менее рискованную стратегию 1, наконец, наименее выгодной является почти безрисковая стратегия 2.

В действительности же ЛПР, несмотря на рациональное желание провести модернизацию, вряд ли захочет реализовывать самые рискованные проекты. Однако, при этом он понимает, что модернизация абсолютно без риска не бывает. Тогда возникает вопрос: как количественно учесть такие предпочтения ЛПР в отношении риска?

Для решения этой проблемы можно предложить некоторую авторскую модификацию известного метода Гурвица. А именно, сначала разобьем весь интервал по  $\lambda$  от 0 до 1 на три более мелких, вводя для этого критерий (коэффициент) значимости риска  $F_S$ . Тогда

- 1) интервалу от 0 до 0,2 присвоим значение  $F_S = 0,2$ ;
- 2) интервалу от 0,2 до 0,5 присвоим значение  $F_S = 0,3$ ;
- 3) интервалу от 0,5 до 1 присвоим значение  $F_S = 0,5$ .

Введенный коэффициент значимости риска отражает степень важности для ЛПР соответствующих стратегий. Таким образом, получаем, что чем ближе значение  $\lambda$  к 1 у графиков функций Гурвица, соответствующих некоторым стратегиям, тем более привлекательны эти стратегии для ЛПР с позиции минимизации риска.

Далее, поскольку мы стремимся максимизировать функции Гурвица, будем рассчитывать площади трапеций под графиком огибающей, соответствующие определенным стратегиям, корректировать их, т. е. умножать на коэффициент значимости риска и вычислять затем наибольшую из полученных площадей. Проиллюстрируем такой подход на этом же примере.

1. Значимость 0,2:

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_3$ :

$$S(G_3) = \frac{1}{2}(3\,838\,133 + 3\,629\,151) \cdot 0,2 \cdot 0,2 = 149\,346.$$

2. Значимость 0,3:

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_3$ :

$$S(G_3) = \frac{1}{2}(3\,629\,151 + 3\,349\,343)(0,467782 - 0,2) \cdot 0,3 = 280\,307.$$

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_1$ :

$$S(G_1) = \frac{1}{2}(3\,349\,343 + 3\,336\,404)(0,5 - 0,467782) \cdot 0,3 = 32\,310.$$

3. Значимость 0,5:

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_1$ :

$$S(G_1) = \frac{1}{2}(3\,336\,404 + 3\,200\,087)(0,83942 - 0,5) \cdot 0,5 = 554\,654.$$

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_2$ :

$$S(G_2) = \frac{1}{2}(3\,200\,087 + 3\,161\,308)(1 - 0,83942) \cdot 0,5 = 255\,378.$$

Затем полученные значения скорректированных площадей для каждой функции Гурвица суммируются:

$$\sum S(G_1) = 586\,964; \quad \sum S(G_2) = 255\,378; \quad \sum S(G_3) = 429\,653.$$

Наибольшая сумма скорректированных площадей ( $\sum S(G_i)$ ) свидетельствует о наибольшей предпочтительности соответствующей  $i$ -й стратегии с учетом риска. Тогда предпочтения в отношении анализируемых стратегий будут такими:

$$1 \succ 3 \succ 2.$$



Это, действительно, более рациональные предпочтения, чем те, что были получены с использованием классического метода Гурвица. ЛПП предпочтет стратегию модернизации, содержащую в себе достаточно умеренный риск, т. е. стратегию со значением  $\lambda$ , близким и при этом чуть большим 0,5; обещающую достаточно высокую, хотя и не наибольшую, величину чистой добавленной стоимости (UNID). Это стратегия 1. Чуть менее предпочтительной может быть стратегия с высоким риском, но с наибольшей величиной чистой добавленной стоимости. Для нее значение  $\lambda$  близко к 0. Это стратегия 3. Наконец, наименее предпочтительной для ЛПП может быть почти безрисковая стратегия ( $\lambda$  близко к 1), но при этом обещающая наименьшую чистую добавленную стоимость. Это стратегия 2.

Таким образом, по степени привлекательности для ЛПП анализируемые чистые стратегии модернизации производства согласно модифицированному методу Гурвица можно расположить следующим образом:

1. Приобретение машин и оборудования (стратегия 1).
2. Приобретение программных средств (стратегия 3).
3. Приобретение новых технологий (стратегия 2).

Если ЛПП ориентируется на какую-то одну чистую стратегию, тогда ему следует приобрести новые машины и оборудование. Если же он собирается комбинировать чистые стратегии в одной смешанной стратегии, тогда при планировании капитальных затрат предпочтения им следует отдавать в указанном порядке. Для определения количественной степени предпочтения введем еще одну модификацию метода Гурвица.

Как известно из теории игр, оптимальная смешанная стратегия ( $\mathbf{p}^*$ ) предполагает набор вероятностей, с которыми выбираются  $m$  чистых стратегий:

$$\mathbf{p}^* = (p_1^*, \dots, p_m^*).$$

Для определения этих вероятностей предлагаем следующий способ. Каждая сумма скорректированных площадей ( $\sum S(G_i)$ ) количественно характеризует возможность получения величины чистой добавленной стоимости (UNID) с учетом значимости риска для ЛПП. Общая величина всех сумм скорректированных площадей  $\sum S(G_i)$

составит 100% всех возможностей получения UNID. В деньгах это будет 1 271 995 тыс. руб. Если соотнести каждую  $\sum S(G_i)$  с этой общей величиной, получим доли, которые как раз и будут вероятностями, с которыми следует выбрать соответствующие чистые стратегии:

$$\mathbf{p}^* = (p_1^*, p_2^*, p_3^*) = (0,461451; 0,20077; 0,337779).$$

Это означает, что с такими долями необходимо перераспределять общую величину планируемых капитальных затрат на мероприятия модернизации производства, т. е. 0,461451 всех имеющихся денежных средств надо направить на приобретение машин и оборудования, 0,20077 всех средств — на приобретение новых технологий и 0,337779 всех средств — на приобретение программных средств.

В таком контексте вполне закономерен вопрос: стоит ли реализовывать при модернизации производства именно смешанную стратегию? С позиции диверсификации это, конечно, разумно. Однако в некоторых ситуациях ЛПР следует ориентироваться на реализацию какой-то одной чистой стратегии. В данном случае это будет приобретение машин и оборудования. Примером такой ситуации может быть ограниченность финансовых ресурсов для реализации всей смешанной стратегии модернизации производства (технологических инноваций).

### 1.3. Задачи

#### Задача 1

Требуется разработать на период в 3 года общую инновационную стратегию ОАО “ГАЗ”, включающую в себя: 1) разработку стратегии продуктовых инноваций, 2) разработку стратегии модернизации производства, 3) анализ систем управления ремонтами оборудования. Их предполагается провести по одним и тем же направлениям, т. е. по направлениям производства 5-ти основных видов продукции.

В табл. 2 представлены данные из финансовой отчетности ОАО “ГАЗ” согласно стандартам МСФО за три года (с 2008 г. по 2010 г.), где под “Результатом сегмента” понимается прибыль до налогообложения соответственно по каждому сегменту, т. е. виду продукции.

Таблица 2

## Финансовые показатели по пяти видам продукции за три года (тыс. руб.)

Финансовые показатели	Автомобили	Автобусы	Дизельные двигатели и топливная аппаратура	Грузовые автомобили	Строительно- дорожная техника
	1	2	3	4	5
	2008 г.				
Результат сегмента	2085101	1696694	1721479	-80759	594509
Амортизация	2051602	196776	448792	299340	148068
Кап. затраты	1194425	104991	675454	107958	90763
	2009 г.				
Результат сегмента	4239114	2450418	2202073	744872	1018401
Амортизация	2277060	183939	321880	298248	120944
Кап. затраты	3553897	383045	987874	227320	396895
	2010 г.				
Результат сегмента	4354300	1862790	3516193	2387801	1811080
Амортизация	2619343	266776	396643	272601	177978
Кап. затраты	4988480	692594	3678913	170339	834550

Р е ш е н и е. Показатели дохода (PD) вычисляем в табл. 3 на основе данных табл. 2, т. е. суммируя прибыль до налогообложения ( $P$ ) и амортизацию ( $D$ ).

Таблица 3

**Показатели дохода (PD) по пяти видам продукции за три года (тыс. руб.)**

Год	Виды продукции (чистые стратегии)				
	1	2	3	4	5
2008	4 136 703	1 893 470	2 170 271	218 581	742 577
2009	6 516 174	2 634 357	2 523 953	1 043 120	1 139 345
2010	6 973 643	2 129 566	2 912 836	2 660 402	1 989 058

Номерами 1–5 в колонках табл. 2, 3 и далее обозначены номера чистых инновационных стратегий.

Для того, чтобы данные табл. 3 были сравнимыми по величине денег, необходимо скорректировать их на темп инфляции. С этой целью все показатели дохода будем оценивать в ценах 2010 г. В качестве ставки годовой инфляции берем 25%, что, на наш взгляд, соответствует реальной инфляции в период кризиса 2008–2010 гг. В результате получим данные для анализа, представленные в табл. 4.

Таблица 4

**Реальные показатели дохода (FV(PD)) по пяти видам продукции за три года (тыс. руб.)**

Год	Виды продукции (чистые стратегии)				
	1	2	3	4	5
2008	6 463 598	2 958 547	3 391 048	341 533	1 160 277
2009	8 145 218	3 292 946	3 154 941	1 303 900	1 424 181
2010	6 973 643	2 129 566	2 912 836	2 660 402	1 989 058

В соответствии с рис. 4 (параграф 1.2) одним из последующих этапов разработки общей инновационной стратегии является подготовка оптимистичного и пессимистичного прогнозов развития различных направлений производства, т. е. видов продукции. Прогнозирование будем осуществлять, используя для этого полиномиальную и регрессионную модели.

Полиномиальная модель используется при недостаточности статистических данных об изменениях того или иного показателя. В нашем случае периодов наблюдения три, поэтому использование полиномиальной модели оправдано. При этом такой прогноз предполагает либо рост показателя по экспоненте, означающий ускорение роста, либо снижение его по параболе, означающий переход этапа зрелости товара в этап спада его востребованности на рынке.

В этом случае и тот, и другой этапы жизненного цикла товара описываются полиномом второго порядка:

$$FV(PD) = a_0 + a_1t + a_2t^2, \quad (2)$$

где  $a_0, a_1, a_2$  — значения параметров полиномиальной модели;

$t$  — номер года, начиная с номера 0.

Например, исследуя изменение реального показателя дохода по чистой стратегии 1, для нахождения значений параметров подставим последовательно данные наблюдений из табл. 8 в это уравнение (вместо значений моментов времени  $t$ , равных 2008, 2009 и 2010, возьмем соответственно 0, 1 и 2). В итоге получим систему из трех уравнений:

$$\begin{cases} a_0 = 6463598, \\ a_0 + a_1 + a_2 = 8145218, \\ a_0 + 2a_1 + 4a_2 = 6973643. \end{cases} \quad (3)$$

Решая систему, получаем значения параметров полиномиальной модели:  $a_0 = 6\,463\,598$ ;  $a_1 = 3\,108\,217,5$ ;  $a_2 = -1\,426\,597,5$ . Подставив эти значения в уравнение (2), получим полиномиальную модель, пригодную для прогнозирования:

$$FV(PD) = 6\,463\,598 + 3\,108\,217,5t - 1\,426\,597,5t^2.$$

Для нахождения значений реального дохода в 2011, 2012 и 2013 гг., подставляем в полученную модель значения  $t$  соответственно 3, 4 и 5.

Результаты для всех чистых стратегий отражены в табл. 5 и на рис. 6. При этом фактические данные на рисунке показаны сплошными линиями, а прогнозные — пунктирными.

Таблица 5

**Прогнозные полиномиальные показатели реального дохода (FV(PD)) по пяти видам продукции в следующие три года (тыс. руб.)**

Год	Виды продукции (чистые стратегии)				
	1	2	3	4	5
2011	2 948 873	-531 593	2 664 733	4 411 039	2 854 908
2012	-3 929 092	-4 690 531	2 410 632	6 555 811	4 021 731
2013	-13 660 252	-10 347 248	2 150 533	9 094 718	5 489 527

Далее проведем прогноз показателей реального дохода по пяти видам продукции, используя для этого регрессионную модель. На основе данных табл. 4 с помощью метода наименьших квадратов можно получить следующие уравнения линейной регрессии:

$$\text{стратегия 1: } FV(PD_1) = 6\,939\,132 + 255\,021,75 t;$$

$$\text{стратегия 2: } FV(PD_2) = 3\,208\,176,5 - 414\,490,375 t;$$

$$\text{стратегия 3: } FV(PD_3) = 3\,392\,048 - 239\,106,125 t;$$

$$\text{стратегия 4: } FV(PD_4) = 275\,843,875 + 1\,159\,434,5 t;$$

$$\text{стратегия 5: } FV(PD_5) = 1\,110\,115 + 414\,390,4375 t.$$

В этих уравнениях также  $t$  — номер года, начиная с номера 0.

Используя полученные соотношения, спрогнозируем показатели реального дохода для всех чистых стратегий. Результаты отражены в табл. 6 и на рис. 7. Фактические данные на рисунке показаны сплошными линиями, а прогнозные — пунктирными.

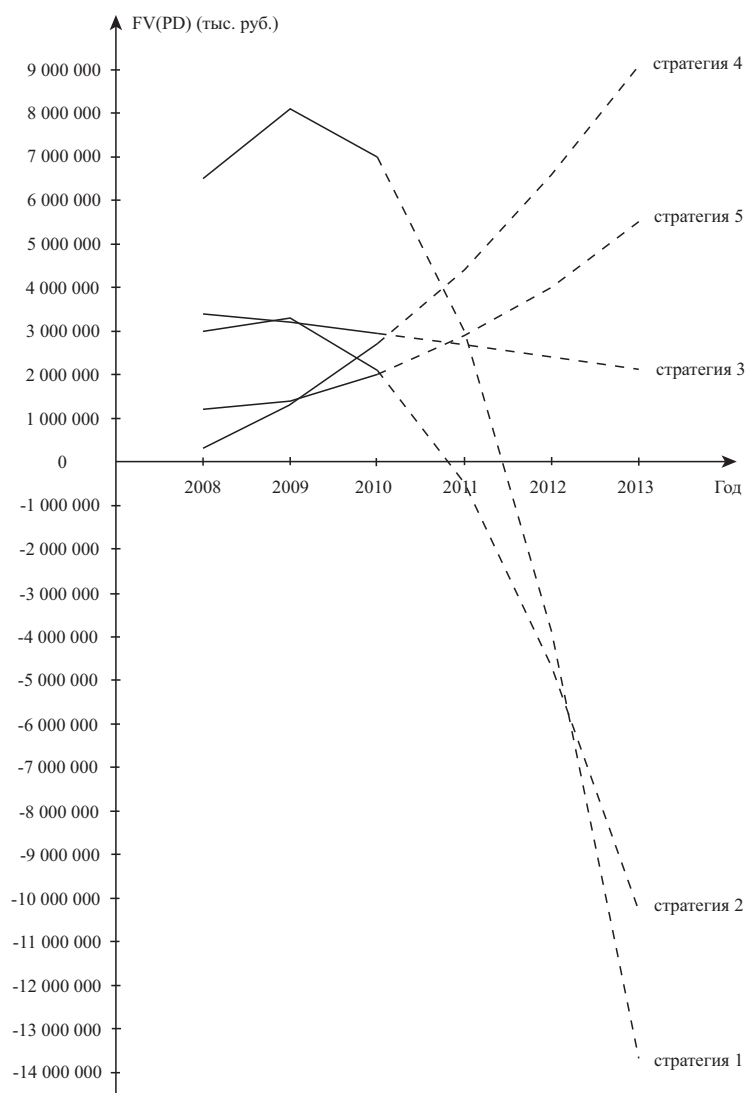


Рис. 6. Фактические и прогнозные полиномиальные показатели реального дохода по пяти видам продукции

Таблица 6

**Прогнозные регрессионные показатели реального дохода (FV(PD)) по пяти видам продукции в следующие три года (тыс. руб.)**

Год	Виды продукции (чистые стратегии)				
	1	2	3	4	5
2011	7 704 197	1 964 705	2 674 730	3 754 147	2 353 286
2012	7 959 219	1 550 215	2 435 624	4 913 582	2 767 677
2013	8 214 241	1 135 725	2 196 517	6 073 016	3 182 067

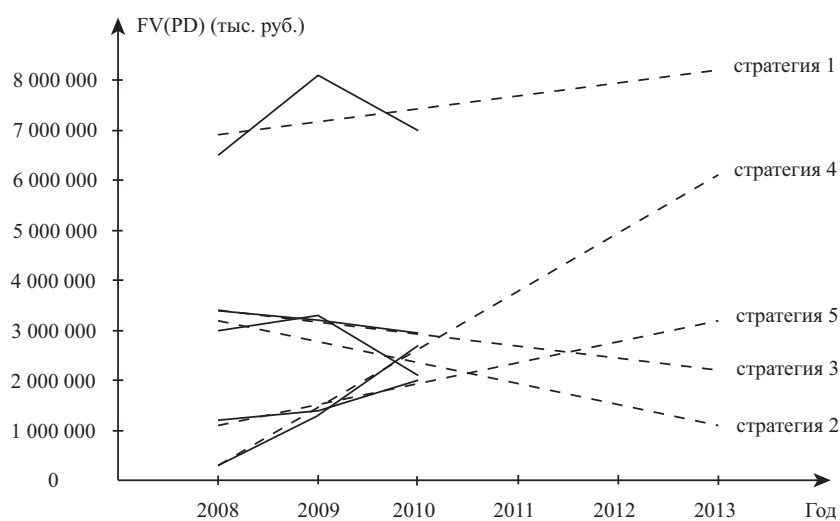


Рис. 7. Фактические и прогнозные регрессионные показатели реального дохода по пяти видам продукции

На основе данных табл. 5 и 6 можно рассчитать общую величину прогнозируемого реального дохода за следующие три года с 2011 г. по 2013 г. соответственно для полиномиальных и регрессионных моделей. Результаты отражены в табл. 7.



Таблица 7

Прогнозные показатели общего реального дохода за следующие три года ( $\sum FV(PD)$ ) по пяти видам продукции (тыс. руб.)

Прогнозная модель	Виды продукции (чистые стратегии)				
	1	2	3	4	5
Полиномиальная	-14 640 471	-15 569 372	7 225 898	20 061 568	12 366 166
Регрессионная	23 877 657	4 650 645	7 306 871	14 740 745	8 303 030

Используя данные табл. 7, можно обозначить пессимистичный и оптимистичный прогнозы получения общего реального дохода за следующие три года по каждой чистой стратегии (табл. 8). Эти прогнозы будем использовать в дальнейшем для разработки общей инновационной стратегии исследуемого предприятия ОАО «ГАЗ».

Таблица 8

**Пессимистичный и оптимистичный  
прогнозы получения общего реального  
дохода за следующие три года ( $\sum FV(PD)$ )  
по пяти видам продукции  
(чистым стратегиям) (тыс. руб.)**

Чистые стратегии	Пессимистичный прогноз	Оптимистичный прогноз
1	-14 640 471	23 877 657
2	-15 569 372	4 650 645
3	7 225 898	7 306 871
4	14 740 745	20 061 568
5	8 303 030	12 366 166

Согласно методу Гурвица для каждой  $i$ -й стратегии ( $i = \overline{1,5}$ ), пользуясь соотношением (1) (параграф 1.2), можем построить функцию Гурвица ( $G_i$ ). Для этого проводим прямую через точки  $\lambda = 0$  и  $\lambda = 1$ . Значение  $\lambda = 0$  соответствует пессимистичному прогнозу в табл. 8, а значение  $\lambda = 1$  — оптимистичному. В результате получаем следующие функции:

стратегия 1:  $G_1 = 23\,877\,657 - 38\,518\,127\lambda$ ;  
 стратегия 2:  $G_2 = 4\,650\,645 - 20\,220\,017\lambda$ ;  
 стратегия 3:  $G_3 = 7\,306\,871 - 80\,973\lambda$ ;  
 стратегия 4:  $G_4 = 20\,061\,568 - 5\,320\,823\lambda$ ;  
 стратегия 5:  $G_5 = 12\,366\,166 - 4\,063\,136\lambda$ .

Полученные функции Гурвица покажем на графике (рис. 8).

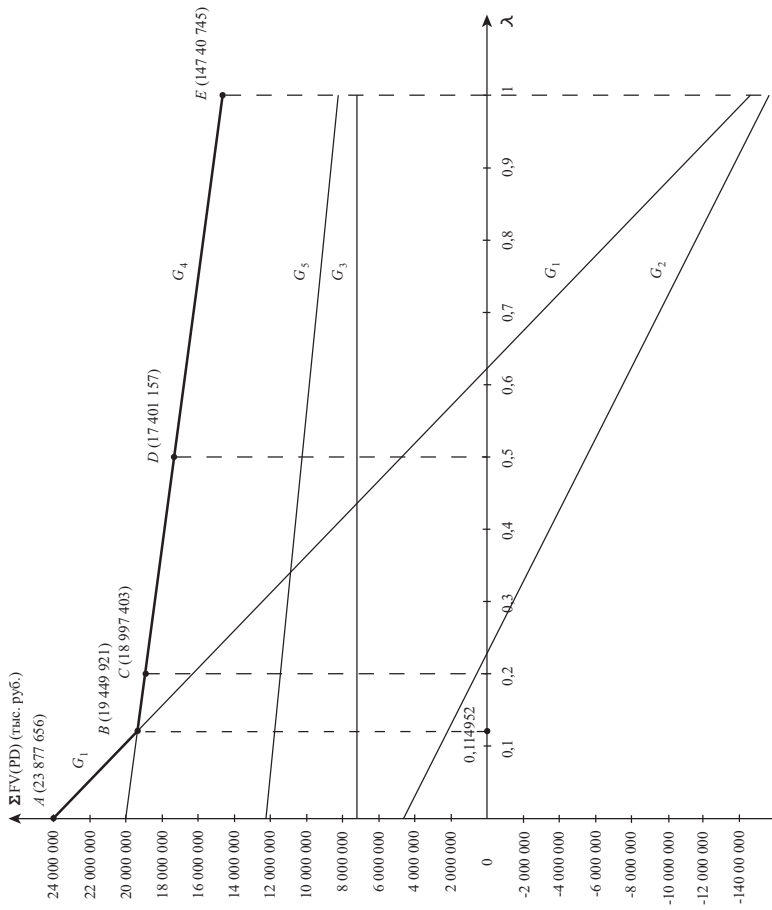


Рис. 8. Графики функций Гурвица

Следуя методу Гурвица, по рис. 8 можно определить наиболее выгодные стратегии. Поскольку функции  $G_i$  максимизируются, проводим огибающую  $ABE$ . Она соответствует функциям  $G_1$  и  $G_4$ .

Далее используем модифицированный метод Гурвица (параграф 1.2), чтобы количественно учесть предпочтения ЛПР в отношении риска. Для этого разобьем весь интервал по  $\lambda$  от 0 до 1 на три более мелких, вводя для этого критерий (коэффициент) значимости риска  $F_S$ . Тогда

- 1) интервалу от 0 до 0,2 присвоим значение  $F_S = 0,2$ ;
- 2) интервалу от 0,2 до 0,5 присвоим значение  $F_S = 0,3$ ;
- 3) интервалу от 0,5 до 1 присвоим значение  $F_S = 0,5$ .

Введенный коэффициент значимости риска отражает степень важности для ЛПР соответствующих стратегий. Таким образом, получаем, что чем ближе значение  $\lambda$  к 1 у графиков функций Гурвица, соответствующих некоторым стратегиям, тем более привлекательны эти стратегии для ЛПР с позиции минимизации риска.

Далее, поскольку мы стремимся максимизировать функции Гурвица, будем рассчитывать площади трапеций под графиком огибающей, соответствующие определенным стратегиям, корректировать их, т. е. умножать на коэффициент значимости риска и вычислять затем наибольшую из полученных площадей.

1. Значимость 0,2:

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_1$ :

$$S(G_1) = \frac{1}{2}(23\,877\,656 + 19\,449\,921) \cdot 0,114952 \cdot 0,2 = 498\,059.$$

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_4$ :

$$S(G_4) = \frac{1}{2}(19\,449\,921 + 18\,997\,403)(0,2 - 0,114952) \cdot 0,2 = 326\,987.$$

2. Значимость 0,3:

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_4$ :

$$S(G_4) = \frac{1}{2}(18\,997\,403 + 17\,401\,157) \cdot 0,3 \cdot 0,3 = 1\,637\,935.$$

3. Значимость 0,5:

Скорректированная площадь под графиком функции  $G_4$ :

$$S(G_4) = \frac{1}{2}(17\,401\,157 + 14\,740\,745) \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 4\,017\,738.$$

Затем полученные значения скорректированных площадей для каждой из двух функций Гурвица суммируются:

$$\sum S(G_1) = 498\,059; \quad \sum S(G_4) = 5\,982\,660.$$

Наибольшая сумма скорректированных площадей ( $\sum S(G_i)$ ) свидетельствует о наибольшей предпочтительности соответствующей  $i$ -й стратегии с учетом риска. Тогда предпочтения в отношении анализируемых стратегий будут такими:

$$4 \succ 1.$$

Таким образом, по степени привлекательности для ЛПП анализируемые чистые инновационные стратегии согласно модифицированному методу Гурвица можно расположить следующим образом:

1. Грузовые автомобили (стратегия 4).
2. Автомобили (стратегия 1).

Если ЛПП ориентируется на какую-то одну чистую стратегию, тогда ему следует модернизировать товар “Грузовые автомобили”, технологию его производства и технологию ремонта оборудования, используемого для производства. Если же он собирается комбинировать чистые стратегии в одной смешанной стратегии, тогда при планировании капитальных затрат предпочтения им следует отдавать в указанном порядке.

Тем не менее очевидно, что диверсификация бизнеса необходима, поэтому выбранные чистые стратегии лучше комбинировать.

Для определения количественной степени предпочтения этих стратегий будем использовать вторую модификацию метода Гурвица. Определим вероятности, с которыми следует выбрать чистые стратегии для формирования смешанной инновационной стратегии. Каждая сумма скорректированных площадей ( $\sum S(G_i)$ ) количественно характеризует возможность получения величины общего

реального дохода ( $\sum FV(PD)$ ) за следующие три года с учетом значимости риска для ЛПР. Общая величина всех сумм скорректированных площадей  $\sum S(G_i)$  составит 100% всех возможностей получения общего реального дохода. В деньгах это будет 6 480 719 тыс. руб. Если соотнести каждую  $\sum S(G_i)$  с этой общей величиной, получим доли, которые как раз и будут вероятностями, с которыми следует выбрать соответствующие чистые стратегии:

$$\mathbf{p}^* = (p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^*, p_5^*) = (0,076852; 0; 0; 0,923148; 0).$$

Это означает, что с такими долями необходимо перераспределять общую величину планируемых капитальных затрат на инновации, т. е. 0,076852 всех имеющихся денежных средств надо направить на инновации в направлении бизнеса “Автомобили” и 0,923148 всех средств — на инновации в направлении бизнеса “Грузовые автомобили”.

Кроме того, на рис. 8 видно, что возможным следующим необходимым инновационным направлением станет направление “Строительно-дорожная техника” (стратегия 5), т. к. соответствующий этой стратегии график функции Гурвица  $G_5$  располагается достаточно высоко, т. е. это направление бизнеса обещает достаточно высокую положительную величину общего реального дохода за следующие три года. Чтобы утверждать это с высокой степенью достоверности, необходимо через год скорректировать смешанную инновационную стратегию, используя для этого изложенный метод. Возможно, что через год эта чистая стратегия войдет в состав смешанной инновационной стратегии. Поэтому это перспективное направление нельзя оставлять без внимания. Его необходимо продолжать финансировать на уровне пока только поддержания производства, чтобы не упустить эту достаточно вероятную будущую возможность.

Также на рис. 8 видно, что направление бизнеса “Автобусы” лучше вообще свернуть, т. к. по нему прогнозируется в основном отрицательное значение общего реального дохода за следующие три года. Причем положительное его значение возможно лишь в крайне оптимистичном случае, когда  $\lambda$  близко к 0. Однако данные табл. 2 свидетельствуют о том, что на ОАО “ГАЗ” в последние три года (2008–2010 гг.), напротив, осуществляются значительные капиталъ-

ные затраты на развитие этого направления производства. Кроме того, они существенно выросли за этот период.

После того, как определена наиболее предпочтительная общая смешанная инновационная стратегия для ОАО «ГАЗ» в следующие три года (2011–2013 гг.), следует сравнить ее с текущей стратегией, чтобы сделать вывод об эффективности текущей стратегии. Если такая стратегия отличается от рекомендуемой нами, то ее необходимо скорректировать. Для осуществления наиболее рациональной корректировки надо разработать соответствующие рекомендации. Способ разработки таких рекомендаций как раз и представлен в настоящем параграфе.

Итак, на основе данных табл. 2 и 3 рассмотрим в динамике отношение текущих капитальных затрат ( $I$ ) к текущему доходу ( $PD$ ) за три года (2008–2010 гг.) для каждого из пяти видов продукции, производимых на ОАО «ГАЗ». Результаты расчетов представлены в табл. 9 и на рис. 9.

Таблица 9

**Динамика отношения капитальных затрат ( $I$ ) к доходу ( $PD$ ) по пяти видам продукции за три года (%)**

Год	Виды продукции (чистые стратегии)				
	1	2	3	4	5
2008	28,874	5,545	31,123	49,39	12,223
2009	54,54	14,54	39,14	21,792	34,835
2010	71,533	32,523	126,3	6,403	41,957

На основе рис. 9 и табл. 9 можно сделать следующие выводы о состоянии текущей ИИС на ОАО «ГАЗ».

*Стратегия 1 – «Автомобили»*

Доля капитальных затрат в величине дохода неуклонно растет в последние три года. Причем в последний 2010 г. она составила уже 71,5%. Следовательно, в этом виде производства наблюдается недостаточный эффект от капитальных затрат.

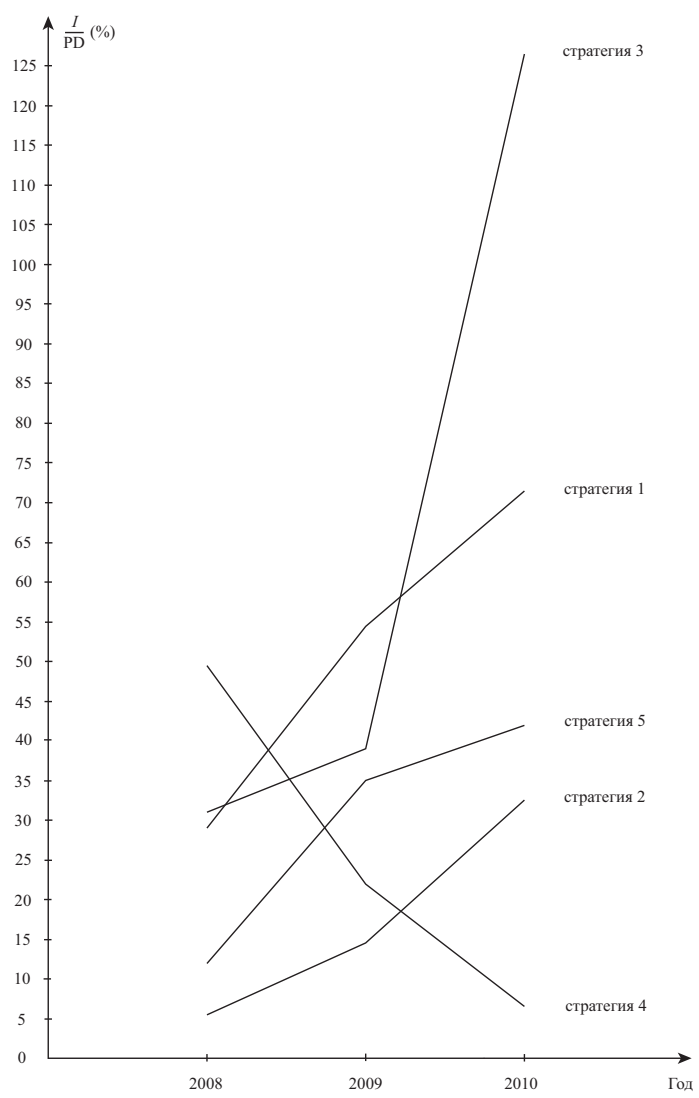


Рис. 9. Динамика отношения капитальных затрат к доходу по пяти видам продукции за три года (%)



### *Стратегия 2 – “Автобусы”*

Доля капитальных затрат в величине дохода увеличивается нарастающими темпами. В 2010 г. она достигла уже 32,5%. При этом в предыдущем параграфе мы выяснили, что это тот тип производства, от которого вообще следует отказаться. То есть это бесполезное производство, лишь съедающее капитальные затраты.

### *Стратегия 3 – “Дизельные двигатели, топливная аппаратура”*

Этот тип производства не входит в разработанную смешанную стратегию модернизации и даже не является привлекательным в долгосрочной перспективе. Тем не менее в 2010 г. в нем доля капитальных затрат в величине дохода резко возросла с 39% до 126%. Следовательно, это проблемное производство, по которому нужно значительно снизить капитальные затраты, т. к. они не приносят приемлемого дохода. При этом в дальнейшем необходимо решить, следует ли его закрыть, поскольку оно не входит в смешанную стратегию, или следует его пока оставить в целях диверсификации.

### *Стратегия 4 – “Грузовые автомобили”*

Мы выяснили в предыдущем параграфе, что это самая привлекательное направление инноваций на предприятии. Тем не менее доля капитальных затрат в величине дохода в этом производстве неуклонно снижается и достигла 6,5% в 2010 г. Мы же получили, что в рамках смешанной стратегии необходимо большую часть капитальных затрат направить именно в это направление бизнеса. Следовательно, предприятию можно и нужно увеличить капитальные затраты на модернизацию этого товара и его производства.

### *Стратегия 5 – “Строительно-дорожная техника”*

Анализируя динамику долю капитальных затрат в величине дохода, можно сделать вывод, что на ОАО “ГАЗ” пока выбрана правильная стратегия в отношении этого производства. Эта доля растет, но при этом темп роста снижается. В 2010 г. она достигла 42%. Этого пока достаточно, т. к. мы уже определили раньше, что это возможно будущий этап развития бизнеса предприятия.

Окончательно по текущей инновационной стратегии ОАО “ГАЗ” можно сказать следующее. Эта стратегия требует серьезной корректировки с учетом полученных нами результатов.

## Глава 2

### Анализ денежных потоков инновационных проектов

#### 2.1. Общий метод расчета наращенной суммы и современной стоимости потока платежей

**Время как фактор в финансовых расчетах.** В практических финансовых операциях суммы денег вне зависимости от их назначения или происхождения так или иначе, но обязательно, связываются с конкретными моментами или периодами времени. Для этого в контрактах фиксируются соответствующие сроки, даты, периодичность выплат. Вне времени нет денег. Фактор времени, особенно в долгосрочных операциях финансирования инноваций, играет не меньшую, а иногда даже и большую роль, чем размеры денежных сумм. Необходимость учета временного фактора вытекает из сущности финансирования, кредитования и инвестирования и выражается в принципе *неравноценности денег, относящихся к разным моментам времени (time-value of money)*, или в другой формулировке — принципе *изменения ценности денег во времени*. Интуитивно понятно, что 1 000 руб., полученные через 5 лет, не равноценны этой же сумме, поступившей сегодня, даже, если не принимать во внимание инфляцию и риск их неполучения. Здесь, вероятно, вполне уместен известный афоризм “Время — Деньги”.

Отмеченная неравноценность двух одинаковых по абсолютной величине разновременных сумм связана прежде всего с тем, что имеющиеся сегодня деньги могут быть инвестированы и принести доход в будущем. Полученный доход, в свою очередь, реинвестируется и т. д. Если сегодняшние деньги, в силу сказанного, ценнее будущих, то, соответственно, будущие поступления менее ценны, чем более близкие при равных их суммах.

Очевидным следствием принципа изменения ценности денег во времени является неправомерность суммирования денежных величин, относящихся к разным моментам времени, особенно при принятии инновационных решений. Однако такое суммирование вполне

допустимо там, где фактор времени не имеет принципиального значения. Например, в бухгалтерском учете для получения итогов по периодам и в финансовом контроле, но, повторяем, не при принятии инновационных решений долгосрочного характера. Неправомерно также и непосредственное сравнение разновременных денежных величин. Их сравнение допустимо только при “приведении” таких сумм к одному моменту времени. Способы приведения обсуждаются ниже для разных вариантов производства платежей.

**Постановка задачи.** Допустим, имеется ряд платежей  $CF_t$ , каждый из которых выплачивается спустя  $t$  лет после некоторого начального момента времени в конце соответствующего года, общий срок ренты (потока платежей) —  $n$  лет, годовая процентная ставка —  $i$  процентов годовых (рис. 10 и 11).

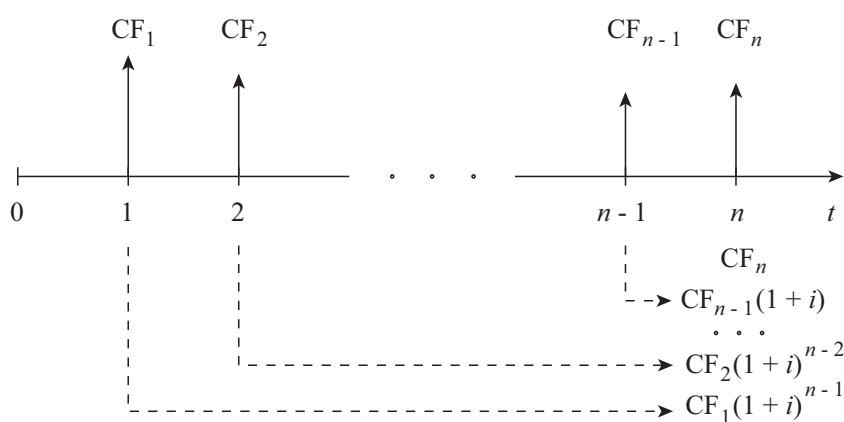


Рис. 10. Схема расчета наращенной стоимости ренты

Из схемы, показанной на рис. 10, следует, что наращенная (будущая) сумма ренты на конец срока составит величину

$$FV = \sum_{t=1}^n CF_t(1+i)^{n-t}.$$

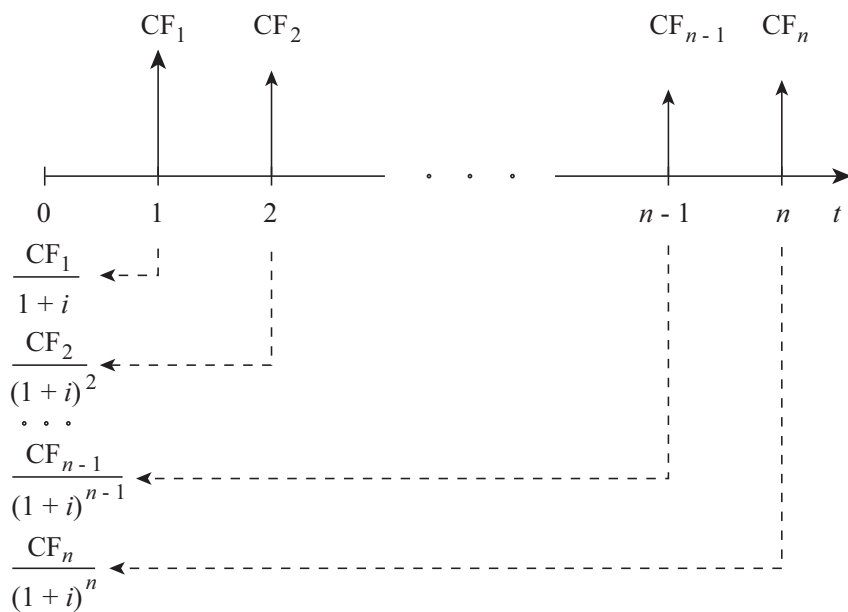


Рис. 11. Схема расчета современной стоимости ренты

Из схемы, показанной на рис. 11, следует, что современная (приведенная) стоимость такого потока платежей на конец года 0 составит величину

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}.$$

Современная стоимость применяется обычно для сравнения ценности различных будущих денежных потоков.

## 2.2. Нарощенные суммы постоянных рент постнумерандо

*Постоянная рента (аннуитет) — это рента, удовлетворяющая двум условиям: 1) денежные потоки происходят через одинаковые*

промежутки времени, 2) все денежные потоки одинаковы по величине.

Рента постнумерандо характеризуется тем, что все платежи в ней происходят в конце каждого соответствующего периода.

Рассмотрим частные случаи постоянных рент постнумерандо.

**Годовая рента.** Пусть в течение  $n$  лет в банк в конце каждого года вносится  $R$  руб. На взносы начисляются сложные проценты по ставке  $i$  годовых. Нарощенные к концу срока суммы составят ряд

$$R(1+i)^{n-1}, R(1+i)^{n-2}, \dots, R(1+i), R.$$

Если переписем этот ряд в обратном порядке, то сумма всех взносов не изменится. Ее считаем по формуле суммы  $n$  первых членов геометрической прогрессии

$$S_n = \frac{b_1(q^n - 1)}{q - 1}.$$

В нашем случае первый член прогрессии  $b_1 = R$ , а знаменатель  $q = 1 + i$ . Тогда будущая стоимость ренты постнумерандо

$$FV_{\text{pst}} = R \sum_{t=1}^n (1+i)^{n-t} = R \frac{(1+i)^n - 1}{1+i-1} = R \frac{(1+i)^n - 1}{i} = R \cdot s_{n;i},$$

где  $s_{n;i}$  — коэффициент наращивания ренты. Он представляет собой наращенную сумму ренты в 1 ден. ед. за каждый год.

Полученная формула может применяться для периодов и другой продолжительности, если известна ставка за период, т. е.  $i$ .

**Пример 2.** Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной годовой ренты постнумерандо в течение 5 лет. Размер годового платежа — 4 млрд руб. На поступившие взносы начисляются проценты по ставке 18,5% годовых. Требуется найти величину фонда на конец срока.

Данная величина составит

$$FV_{\text{pst}} = 4 \frac{(1 + 0,185)^5 - 1}{0,185} = 28,9 \text{ (млрд руб.)}.$$

**Годовая рента с начислением процентов  $m$  раз в году.**  
Члены ренты с начисленными к концу срока процентами образуют ряд (в обратном порядке)

$$R, R \left(1 + \frac{j}{m}\right)^m, R \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{2m}, \dots, R \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{(n-1)m},$$

где  $j$  — номинальная годовая ставка, соответствующая обычной годовой ставке  $i$ .

Первый член прогрессии  $b_1 = R$ , а знаменатель  $q = \left(1 + \frac{j}{m}\right)^m$ .

Тогда сумма прогрессии

$$FV_{\text{pst}} = R \frac{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{mn} - 1}{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^m - 1} = R \cdot s_{mn; \frac{j}{m}}.$$

**Пример 3.** Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной годовой ренты постнумерандо в течение 5 лет. Размер годового платежа — 4 млрд руб. На поступившие взносы поквартально начисляются проценты по ставке 18,5% годовых. Требуется найти величину фонда на конец срока.

Наращенная сумма составит

$$FV_{\text{pst}} = 4 \frac{\left(1 + \frac{0,185}{4}\right)^{4 \times 5} - 1}{\left(1 + \frac{0,185}{4}\right)^4 - 1} = 29,663 \text{ (млрд руб.)}.$$

**$p$ -срочная рента ( $m = 1$ ).** Пусть рента выплачивается  $p$  раз в году равными суммами, проценты начисляются один раз в конце года. Если годовая сумма платежей равна  $R$ , то каждый раз выплачивается сумма  $\frac{R}{p}$ . Общее число членов ренты равно  $pn$ . Первый член прогрессии  $b_1 = \frac{R}{p}$ , знаменатель  $q = (1 + i)^{\frac{1}{p}}$ . Сумма такой геометрической прогрессии

$$FV_{\text{pst}} = \frac{R}{p} \cdot \frac{(1+i)^{\frac{1}{p}np} - 1}{(1+i)^{\frac{1}{p}} - 1} = R \frac{(1+i)^n - 1}{p \left[ (1+i)^{\frac{1}{p}} - 1 \right]} = R \cdot s_{n,i}^{(p)}.$$

**Пример 4.** Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной квартальной ренты постнумерандо в течение 5 лет. Размер годового платежа — 4 млрд руб. На поступившие взносы начисляются проценты по ставке 18,5% годовых. Требуется найти величину фонда на конец срока.

Данная величина составит

$$FV_{\text{pst}} = 4 \frac{1,185^5 - 1}{4 \left( 1,185^{\frac{1}{4}} - 1 \right)} = 30,834 \text{ (млрд руб.)}.$$

**$p$ -срочная рента ( $p = m$ ).** Число выплат в году равно числу начислений процентов ( $p = m$ ). В формуле для годовой ренты  $i$  заменяем на  $\frac{j}{m}$ , а вместо числа лет берем число периодов выплат ренты  $pn$ . Так как  $p = m$ , получим

$$FV_{\text{pst}} = \frac{R}{m} \cdot \frac{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{mn} - 1}{\frac{j}{m}} = R \frac{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{mn} - 1}{j}.$$

**Пример 5.** Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной квартальной ренты постнумерандо в течение 5 лет. Размер годового платежа — 4 млрд руб. На поступившие взносы поквартально начисляются проценты по ставке 18,5% годовых. Требуется найти величину фонда на конец срока.

Наращенная сумма составит

$$FV_{\text{pst}} = 4 \frac{\left(1 + \frac{0,185}{4}\right)^{4 \times 5} - 1}{0,185} = 31,785 \text{ (млрд руб.)}.$$

**$p$ -срочная рента ( $p \neq m$ ).** Это  $p$ -срочная рента с начислением процентов  $m$  раз в году. Общее количество членов ренты —  $pn$ . Первый член прогрессии  $b_1 = \frac{R}{p}$ , знаменатель  $q = \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}}$ . Сумма такой прогрессии

$$FV_{\text{pst}} = \frac{R}{p} \cdot \frac{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}pn} - 1}{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}} - 1} = R \frac{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{mn} - 1}{p \left[\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}} - 1\right]} = R \cdot s_{mn; \frac{j}{m}}^{(p)}.$$

**Пример 6.** Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной квартальной ренты постнумерандо в течение 5 лет. Размер годового платежа — 4 млрд руб. На поступившие взносы ежемесячно начисляются проценты по ставке 18,5% годовых. Требуется найти величину фонда на конец срока.

Данная величина составит

$$FV_{\text{pst}} = 4 \frac{\left(1 + \frac{0,185}{12}\right)^{12 \times 5} - 1}{4 \left[\left(1 + \frac{0,185}{12}\right)^{\frac{12}{4}} - 1\right]} = 32,026 \text{ (млрд руб.)}.$$

**Непрерывное начисление процентов.** Перепишем в обратном порядке ряд платежей с начисленными процентами по ставке непрерывных процентов  $\delta$ , называемой силой роста:

$$R, Re^{\delta}, Re^{2\delta}, \dots, Re^{(n-1)\delta}.$$

Первый член этой прогрессии  $b_1 = R$ , знаменатель  $q = e^{\delta}$ . Сумма геометрической прогрессии

$$FV_{\text{pst}} = R \frac{e^{\delta n} - 1}{e^{\delta} - 1} = R \cdot s_{n; \delta}.$$



Аналогично для  $p$ -срочной ренты получаем, что первый член прогрессии  $b_1 = \frac{R}{p}$ , знаменатель  $q = e^{\frac{\delta}{p}}$ , а сумма прогрессии

$$FV_{\text{pst}} = \frac{R}{p} \cdot \frac{e^{\frac{\delta}{p}pn} - 1}{e^{\frac{\delta}{p}} - 1} = R \frac{e^{\delta n} - 1}{p(e^{\frac{\delta}{p}} - 1)} = R \cdot s_{n;\delta}^{(p)}.$$

**Пример 7.** Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной годовой ренты постнумерандо в течение 5 лет. Размер годового платежа — 4 млрд руб. На поступившие взносы непрерывно начисляются проценты по ставке 18,5% годовых. Найти величину фонда на конец срока. Решить также задачу для случая ежеквартальной выплаты членов ренты.

В первом случае величина фонда на конец срока составит

$$FV_{\text{pst}} = 4 \frac{e^{0,185 \times 5} - 1}{e^{0,185} - 1} = 29,955 \text{ (млрд руб.)}.$$

В случае ежеквартальной выплаты членов ренты получим, что

$$FV_{\text{pst}} = 4 \frac{e^{0,185 \times 5} - 1}{4 \left( e^{\frac{0,185}{4}} - 1 \right)} = 32,15 \text{ (млрд руб.)}.$$

Сравним результаты различных условий наращенния для рент с параметрами  $n = 10$  лет,  $R = 10$  ден. ед.,  $i = j = \delta = 6\%$  в табл. 10.

Таблица 10

**Наращенные суммы FV для различных постоянных рент**

	$m = 1$	$m = 2$	$m = 4$	$m = 12$	$m = \infty$
$p = 1$	131,81	132,37	132,65	132,85	132,95
$p = 4$	134,74	135,35	135,67	135,88	135,99

Пользуясь результатами табл. 10, можно получить зависимость между наращенными суммами для различных постоянных рент, характеризующихся параметрами  $p$  и  $m$ :

$$\begin{aligned} & FV_{\text{pst}}(1, 1) < FV_{\text{pst}}(1, m) < FV_{\text{pst}}(1, \infty) < FV_{\text{pst}}(p, 1) < \\ & < FV_{\text{pst}}(p, m) < FV_{\text{pst}}(p, m) < FV_{\text{pst}}(p, m) < FV_{\text{pst}}(p, \infty). \end{aligned}$$

$m > 1$                        $p > 1$   
 $p > m > 1$                $p = m > 1$                $m > p > 1$

Эти неравенства используются при выборе условий контрактов.

### 2.3. Современные стоимости постоянных рент постнумерандо

**Годовая рента.** Для годовой ренты постнумерандо дисконтированные величины платежей представляют собой ряд

$$\frac{R}{1+i}, \frac{R}{(1+i)^2}, \dots, \frac{R}{(1+i)^n}.$$

Первый член такой геометрической прогрессии  $b_1 = \frac{R}{1+i}$ , а знаменатель  $q = \frac{1}{1+i}$ . Тогда сумма прогрессии

$$\begin{aligned} PV_{\text{pst}} &= R \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} = \frac{R}{1+i} \cdot \frac{(1+i)^{-n} - 1}{(1+i)^{-1} - 1} = \\ &= R \frac{1+i}{1+i} \cdot \frac{(1+i)^{-n} - 1}{1 - 1 - i} = R \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} = R \cdot a_{n;i}, \end{aligned}$$

где  $a_{n;i}$  — коэффициент приведения ренты. Он представляет собой современную стоимость ренты в 1 ден. ед. за каждый год.

Полученная формула может применяться и для  $p$ -срочной ренты. В этом случае  $n$  — число периодов, а  $i$  — ставка за период.

**Пример 8.** Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 4 млрд руб., срок ренты — 5 лет, ставка процентов — 18,5% годовых.

Современная стоимость доходов составит

$$PV_{\text{pst}} = 4 \frac{1 - 1,185^{-5}}{0,185} = 12,368 \text{ (млрд руб.)}.$$

**Годовая рента с начислением процентов  $m$  раз в году.** Первый член прогрессии  $b_1 = \frac{R}{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^m}$ , знаменатель  $q = \frac{1}{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^m}$ .

Сумма прогрессии

$$PV_{\text{pst}} = R \frac{1 - \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{-mn}}{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^m - 1} = R \cdot a_{mn; \frac{j}{m}}.$$

**$p$ -срочная рента ( $m = 1$ ).** Платежи производятся не один, а  $p$  раз в году. Размер платежа равен  $\frac{R}{p}$ , число членов ренты —  $pn$ .

Первый член прогрессии  $b_1 = \frac{R}{p(1+i)^{\frac{1}{p}}}$ , знаменатель  $q = \frac{1}{(1+i)^{\frac{1}{p}}}$ .

Сумма прогрессии

$$PV_{\text{pst}} = R \frac{1 - (1+i)^{-n}}{p \left[ (1+i)^{\frac{1}{p}} - 1 \right]} = R \cdot a_{n; i}^{(p)}.$$

**Пример 9.** В 1985 г. в Индии в г. Бхопал произошла авария на химическом заводе. В качестве компенсации пострадавшим корпорация “Юнион карбайд” предложила 200 млн долл., выплачиваемых в течение 35 лет равными ежемесячными платежами по схеме постнумерандо. Стоило ли соглашаться на такое предложение, если ущерб от аварии был оценен в 120 млн долл., а рыночная процентная ставка в то время составляла 10% годовых?

Современная стоимость компенсации равна

$$PV_{\text{pst}} = \frac{200}{35} \cdot \frac{1 - 1,1^{-35}}{12 \left( 1,1^{\frac{1}{12}} - 1 \right)} = 57,592 \text{ (млн долл.)}.$$

Данная величина меньше ущерба от аварии, поэтому компенсация невыгодна. В действительности события развивались таким образом, что условия компенсационных выплат были пересмотрены.

**$p$ -срочная рента ( $p = m$ ).** Число выплат в году равно числу начислений процентов ( $p = m$ ). В формуле для годовой ренты  $i$  заменяем на  $\frac{j}{m}$ , а вместо числа лет берем число периодов выплат ренты  $pn$ . Так как  $p = m$ , получим

$$PV_{\text{pst}} = \frac{R}{m} \cdot \frac{1 - \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{-mn}}{\frac{j}{m}} = R \frac{1 - \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{-mn}}{j}.$$

**Пример 10.** Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 4 млрд руб., срок ренты — 5 лет, ставка процентов — 18,5% годовых. Выплата членов ренты и начисление процентов производятся поквартально.

Современная стоимость доходов составит

$$PV_{\text{pst}} = 4 \frac{1 - \left(1 + \frac{0,185}{4}\right)^{-4 \times 5}}{0,185} = 12,868 \text{ (млрд руб.)}.$$

**$p$ -срочная рента ( $p \neq m$ ).** Первый член геометрической прогрессии  $b_1 = \frac{R}{p \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}}}$ , знаменатель  $q = \frac{1}{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}}}$ . Сумма такой прогрессии

$$PV_{\text{pst}} = R \frac{1 - \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{-mn}}{p \left[ \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}} - 1 \right]} = R \cdot a_{mn; \frac{j}{m}}^{(p)}.$$

**Непрерывное начисление процентов.** Ряд состоит из ежегодных платежей, равных  $R$ , но проценты начисляются непрерывно, где сила роста равна  $\delta$ :

$$\frac{R}{e^\delta}, \frac{R}{e^{2\delta}}, \dots, \frac{R}{e^{n\delta}}.$$

Первый член прогрессии  $b_1 = \frac{R}{e^\delta}$ , знаменатель  $q = \frac{1}{e^\delta}$ . Сумма прогрессии

$$PV_{\text{pst}} = R \frac{1 - e^{-\delta n}}{e^\delta - 1} = R \cdot a_{n;\delta}.$$

Аналогично для  $p$ -срочной ренты получаем, что первый член прогрессии  $b_1 = \frac{R}{p e^{\frac{\delta}{p}}}$ , знаменатель  $q = \frac{1}{e^{\frac{\delta}{p}}}$ , а сумма прогрессии

$$PV_{\text{pst}} = R \frac{1 - e^{-\delta n}}{p \left( e^{\frac{\delta}{p}} - 1 \right)} = R \cdot a_{n;\delta}^{(p)}.$$

**Пример 11.** Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 4 млрд руб., срок ренты — 5 лет, ставка непрерывных процентов — 18,5% годовых.

Современная стоимость доходов составит

$$PV_{\text{pst}} = 4 \frac{1 - e^{-0,185 \times 5}}{e^{0,185} - 1} = 11,878 \text{ (млрд руб.)}.$$

Сравним результаты различных условий приведения рент с параметрами  $n = 10$  лет,  $R = 10$  ден. ед.,  $i = j = \delta = 6\%$  в табл. 11.

*Таблица 11*

**Современные суммы PV для различных постоянных рент**

	$m = 1$	$m = 2$	$m = 4$	$m = 12$	$m = \infty$
$p = 1$	73,6	73,29	73,13	73,02	72,96
$p = 4$	75,24	74,94	74,79	74,69	74,64

Пользуясь результатами табл. 11, можно получить зависимость между современными суммами для различных постоянных рент, характеризующихся параметрами  $p$  и  $m$ :

$$\begin{aligned} PV_{\text{pst}}(1, \infty) &< PV_{\text{pst}}(1, m) < PV_{\text{pst}}(1, 1) < PV_{\text{pst}}(p, \infty) < \\ &< PV_{\text{pst}}(p, m) < PV_{\text{pst}}(p, m) < PV_{\text{pst}}(p, m) < PV_{\text{pst}}(p, 1). \end{aligned}$$

$m > 1$                        $m = p > 1$                        $p > m > 1$

Эти неравенства также используются при выборе условий контрактов.

## 2.4. Зависимость между наращенной и современной стоимостью постоянной ренты

Для годовых и  $p$ -срочных постоянных рент постнумерандо с ежегодным начислением процентов справедливо соотношение

$$PV_{\text{pst}}(1 + i)^n = FV_{\text{pst}}.$$

Для годовых и  $p$ -срочных постоянных рент постнумерандо с начислением процентов  $m$  раз в году выполняется

$$PV_{\text{pst}} \left( 1 + \frac{j}{m} \right)^{mn} = FV_{\text{pst}}.$$

Для годовых и  $p$ -срочных постоянных рент постнумерандо с непрерывным начислением процентов верно

$$PV_{\text{pst}} \cdot e^{\delta n} = FV_{\text{pst}}.$$

В аналогичной зависимости находятся коэффициенты наращения и приведения соответствующих рент. Например, для годовых и  $p$ -срочных постоянных рент постнумерандо справедливо

$$a_{n;i}(1 + i)^n = s_{n;i}.$$

## 2.5. Определение величины регулярного платежа и срока постоянной ренты постнумерандо

При разработке контрактов и условий финансовых операций могут возникнуть случаи, когда задается одна из двух характеристик (FV или PV) и два основных параметра. Необходимо рассчитать значение недостающего параметра, например  $R$ .

К примеру, за обусловленное число лет необходимо создать фонд в сумме FV путем систематических постоянных взносов в конце каждого года. Поскольку для годовой ренты постнумерандо с ежегодным начислением процентов

$$FV_{\text{pst}} = R \cdot s_{n;i},$$

тогда

$$R = \frac{FV_{\text{pst}}}{s_{n;i}}.$$

Пусть теперь известна (задана условиями договора) современная стоимость ренты. Если рента постоянная, годовая, постнумерандо и  $m = 1$ , тогда

$$PV_{\text{pst}} = R \cdot a_{n;i}$$

и, следовательно,

$$R = \frac{PV_{\text{pst}}}{a_{n;i}}.$$

Аналогично определяется величина регулярного платежа и для других условий ренты.

**Пример 12.** Определить размеры периодических взносов при решении двух следующих задач:

- а) создается целевой фонд, например, для погашения задолженности или обеспечения инвестиций в инновации в сумме 100 млн руб.;
- б) погашается в рассрочку текущая задолженность в сумме 100 млн руб.

Срок в обоих случаях — 5 лет, процентная ставка — 20% годовых, платежи ежегодные постнумерандо.

$$\begin{aligned} \text{а) } R &= \frac{100}{s_{5;20\%}} = \frac{100 \cdot 0,2}{1,2^5 - 1} = 13,438 \text{ (млн руб.)}; \\ \text{б) } R &= \frac{100}{a_{5;20\%}} = \frac{100 \cdot 0,2}{1 - 1,2^{-5}} = 33,438 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

Иногда при разработке контракта возникает необходимость в определении срока ренты, а следовательно, числа платежей. Так, например, для обычной годовой ренты постнумерандо, зная ее наращенную сумму, срок ренты можно найти следующим образом:

$$\begin{aligned} FV_{\text{pst}} &= R \frac{(1+i)^n - 1}{i}; & (1+i)^n - 1 &= \frac{FV}{R} i; \\ (1+i)^n &= \frac{FV}{R} i + 1; & n \cdot \ln(1+i) &= \ln\left(\frac{FV}{R} i + 1\right); \\ n &= \frac{\ln\left(\frac{FV}{R} i + 1\right)}{\ln(1+i)}. \end{aligned}$$

Подобным образом можно найти срок обычной годовой ренты постнумерандо, зная ее современную стоимость:

$$\begin{aligned} PV_{\text{pst}} &= R \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}; & 1 - (1+i)^{-n} &= \frac{PV}{R} i; \\ (1+i)^{-n} &= 1 - \frac{PV}{R} i; & -n \cdot \ln(1+i) &= \ln\left(1 - \frac{PV}{R} i\right); \\ n &= \frac{-\ln\left(1 - \frac{PV}{R} i\right)}{\ln(1+i)}. \end{aligned}$$

Аналогично получают формулы для расчета срока и для других видов дискретных рент (табл. 12).



Таблица 12

**Формулы для расчета сроков дискретных постоянных рент постнумерандо**

Количество платежей в ГОДУ	Количество начислений в ГОДУ	Сроки рент	
		Задана FV <sup>pst</sup>	Задана PV <sup>pst</sup>
$p = 1$	$m = 1$	$n = \frac{\ln\left(\frac{FV}{R} \cdot i + 1\right)}{\ln(1+i)}$	$n = \frac{-\ln\left(1 - \frac{PV}{R} \cdot i\right)}{\ln(1+i)}$
	$m > 1$	$n = \frac{\ln\left\{\frac{FV}{R} \left[\left(1 + \frac{j}{m}\right)^m - 1\right] + 1\right\}}{m \cdot \ln\left(1 + \frac{j}{m}\right)}$	$n = \frac{-\ln\left\{1 - \frac{PV}{R} \left[\left(1 + \frac{j}{m}\right)^m - 1\right]\right\}}{m \cdot \ln\left(1 + \frac{j}{m}\right)}$
$p > 1$	$m = 1$	$n = \frac{\ln\left\{\frac{FV}{R} p \left[(1+i)^{\frac{1}{p}} - 1\right] + 1\right\}}{\ln(1+i)}$	$n = \frac{-\ln\left\{1 - \frac{PV}{R} p \left[(1+i)^{\frac{1}{p}} - 1\right]\right\}}{\ln(1+i)}$
	$m = p$	$n = \frac{\ln\left(\frac{FV}{R} \cdot j + 1\right)}{m \cdot \ln\left(1 + \frac{j}{m}\right)}$	$n = \frac{-\ln\left(1 - \frac{PV}{R} \cdot j\right)}{m \cdot \ln\left(1 + \frac{j}{m}\right)}$
	$m \neq p$	$n = \frac{\ln\left\{\frac{FV}{R} p \left[\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}} - 1\right] + 1\right\}}{m \cdot \ln\left(1 + \frac{j}{m}\right)}$	$n = \frac{-\ln\left\{1 - \frac{PV}{R} p \left[\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}} - 1\right]\right\}}{m \cdot \ln\left(1 + \frac{j}{m}\right)}$

Для годовых рент с непрерывным начислением процентов получаем:

$$\begin{aligned} \text{FV}_{\text{pst}} &= R \frac{e^{\delta n} - 1}{e^{\delta} - 1}; & e^{\delta n} - 1 &= \frac{\text{FV}}{R}(e^{\delta} - 1); \\ e^{\delta n} &= \frac{\text{FV}}{R}(e^{\delta} - 1) + 1; & \delta n &= \ln \left[ \frac{\text{FV}}{R}(e^{\delta} - 1) + 1 \right]; \\ n &= \frac{\ln \left[ \frac{\text{FV}}{R}(e^{\delta} - 1) + 1 \right]}{\delta}. \\ \text{PV}_{\text{pst}} &= R \frac{1 - e^{-\delta n}}{e^{\delta} - 1}; & 1 - e^{-\delta n} &= \frac{\text{PV}}{R}(e^{\delta} - 1); \\ e^{-\delta n} &= 1 - \frac{\text{PV}}{R}(e^{\delta} - 1); & -\delta n &= \ln \left[ 1 - \frac{\text{PV}}{R}(e^{\delta} - 1) \right]; \\ n &= \frac{-\ln \left[ 1 - \frac{\text{PV}}{R}(e^{\delta} - 1) \right]}{\delta}. \end{aligned}$$

Все приведенные выше формулы для определения  $n$ , естественно, пригодны и в случаях, когда заданными являются коэффициенты приведения или наращивания рент, т. к. эти коэффициенты соответственно равны  $\frac{\text{PV}_{\text{pst}}}{R}$  и  $\frac{\text{FV}_{\text{pst}}}{R}$ .

При расчете срока ренты необходимо принять во внимание следующие моменты:

1. Расчетные значения срока будут, как правило, дробные. Необходимо округление результата. В этих случаях для годовой ренты в качестве  $n$  часто удобнее принять ближайшее меньшее число лет. У  $p$ -срочной ренты результат округляется до ближайшего целого числа периодов —  $pn$ . Например, пусть для квартальной ренты получено  $n = 6,28$  года, откуда  $pn = 25,12$  квартала. Округляем до 25, в этом случае  $n = 6,25$  года.

2. Если округление производится до меньшего целого числа, то наращенная сумма или современная стоимость ренты с таким сроком оказывается меньше заданной. Возникает необходимость соответствующей компенсации. Например, если речь идет о погашении задолженности путем выплаты постоянной ренты, то компенсация

может быть осуществлена соответствующим платежом в начале или конце срока либо с помощью повышения величины регулярного платежа.

**Пример 13.** Какой необходим срок для накопления 100 млн руб. при условии, что ежемесячно вносится по 1 млн руб., а на накопления начисляются проценты по ставке 25% годовых?

Применяя формулу из табл. 12 для случая  $p > 1$ ,  $m = 1$  и заданной  $FV_{\text{pst}}$ , находим, что

$$n = \frac{\ln \left[ \frac{100}{12} 12 \left( 1,25^{\frac{1}{12}} - 1 \right) + 1 \right]}{\ln 1,25} = 4,736 \text{ (года)}.$$

## 2.6. Определение размера процентной ставки постоянной ренты постнумерандо

Необходимость определения величины процентной ставки возникает, когда речь идет о выяснении эффективности (доходности) финансовой операции. С этой целью на практике можно использовать, к примеру, метод линейной интерполяции, метод Ньютона–Рафсона и т. д.

**Метод линейной интерполяции.** По заданным значениям  $FV$ ,  $PV$  и  $R$  можно найти значения коэффициентов наращенного или приведенного ренты:

$$s_{n;i} = \frac{FV}{R}; \quad a_{n;i} = \frac{PV}{R}.$$

Затем графически находятся приближенные ставки  $i$ , соответствующие полученным множителям  $s_{n;i}$  или  $a_{n;i}$  (рис. 12 и 13).

Так, например, из условия коллинеарности векторов  $\vec{AB}$  и  $\vec{AC}$  на рис. 12 получаем, что

$$\frac{i - i_1}{i_2 - i_1} = \frac{s - s_1}{s_2 - s_1}.$$

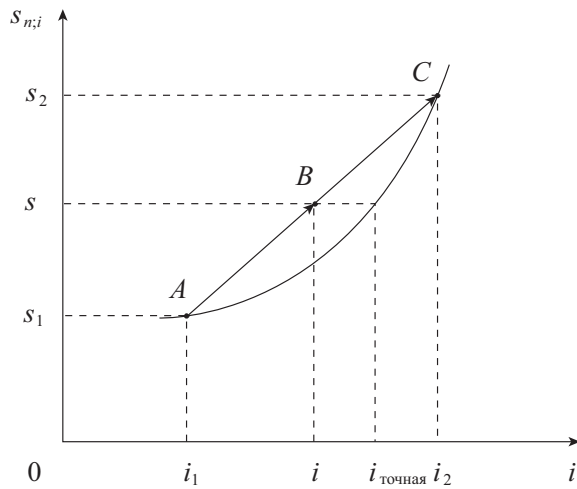


Рис. 12. График изменения множителя наращивания  $s_{n,i}$  в зависимости от ставки  $i$

Тогда

$$i = i_1 + \frac{s - s_1}{s_2 - s_1}(i_2 - i_1). \quad (4)$$

Аналогично из условия коллинеарности векторов  $\overrightarrow{AB}$  и  $\overrightarrow{AC}$  на рис. 13 получаем, что

$$\frac{i - i_1}{i_2 - i_1} = \frac{a - a_1}{a_2 - a_1}.$$

Тогда

$$i = i_1 + \frac{a - a_1}{a_2 - a_1}(i_2 - i_1). \quad (5)$$

Как видно из рис. 12 и 13, оценки размера процентной ставки  $i$  несколько отличаются от точных значений этой величины,

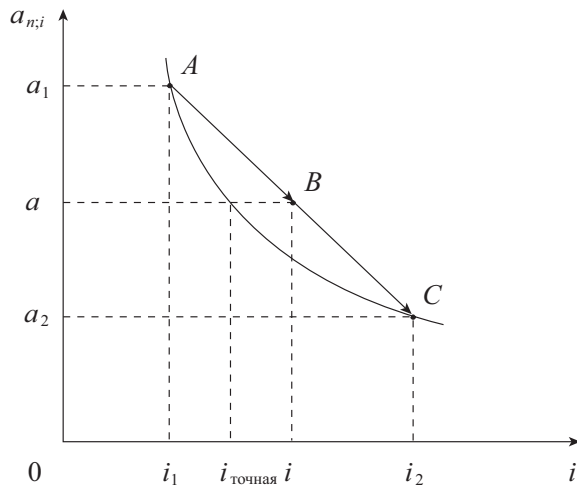


Рис. 13. График изменения дисконтного множителя  $a_{n;i}$  в зависимости от ставки  $i$

т. е.  $i_{\text{точной}}$ , причем если за основу взят коэффициент наращивания  $s_{n;i}$ , то оценка оказывается заниженной, если коэффициент приведения  $a_{n;i}$ , то завышенной.

**Пример 14.** Предполагается путем ежегодных взносов по 100 млн руб. в течение 7 лет создать фонд для инвестирования инновационных проектов в размере 1 млрд руб. Какой для этого должна быть годовая процентная ставка?

Определим исходный коэффициент наращивания:

$$s_{7;i} = \frac{1000}{100} = 10.$$

Для того, чтобы задать интервал интерполяции, необходимо начать с какой-то процентной ставки. Возьмем, к примеру,  $i = 10\%$ . В этом случае

$$s_{7;10\%} = \frac{1,1^7 - 1}{0,1} = 9,487171.$$

Полученное значение меньше 10. Поэтому согласно графику на рис. 3 для того, чтобы повысить величину  $s$ , необходимо увеличить ставку  $i$ . При этом значение  $s$  должно быть больше 10. Возьмем  $i = 15\%$ . Тогда

$$s_{7;15\%} = \frac{1,15^7 - 1}{0,15} = 11,066799.$$

Теперь можно применить формулу линейной интерполяции (3):

$$i = 0,1 + \frac{10 - 9,487171}{11,066799 - 9,487171} (0,15 - 0,1) = 0,116233.$$

Проверяем значение  $s$  при найденной ставке:

$$s_{7;11,6233\%} = \frac{1,116233^7 - 1}{0,116233} = 9,972692.$$

Множитель  $s \neq 10$ , поэтому уточняем ставку  $i$ . Последнее значение  $s = 9,972692$  берется за  $s_1$ , а для получения  $s_2$  возьмем, например,  $i = 12\%$ . В этом случае

$$s_{7;12\%} = \frac{1,12^7 - 1}{0,12} = 10,089012.$$

По формуле (3) получаем, что

$$i = 0,116233 + \frac{10 - 9,972692}{10,089012 - 9,972692} (0,12 - 0,116233) = 0,117117.$$

Проверяем значение  $s$ :

$$s_{7;11,7117\%} = \frac{1,117117^7 - 1}{0,117117} = 9,999863 \approx 10.$$

Таким образом, годовая процентная ставка  $i = 11,7117\%$ .

**Метод Ньютона–Рафсона.** Основная идея этого метода заключается в последовательности итераций (рис. 14).

Так, например, для нахождения точки пересечения кривой  $y = f(x)$  с осью  $Ox$  сначала выбирается произвольное значение аргумента функции, т. е.  $x_0$ . Ему соответствует точка  $A$  на кривой

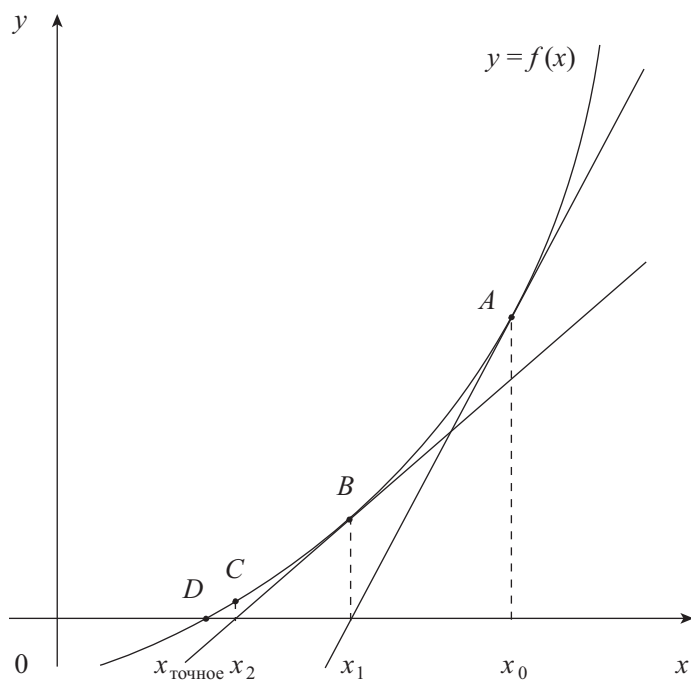


Рис. 14. Последовательность итераций в методе Ньютона–Рафсона

$y = f(x)$ . В этой точке проводится касательная к кривой. Уравнение касательной:

$$y = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0).$$

Касательная пересекает ось  $Ox$  в точке  $x_1$ . Значение  $x_1$  можно найти из уравнения касательной, если в него вместо  $x$  подставить  $x_1$ , а вместо  $y$  — ноль, т. е.

$$0 = f(x_0) + f'(x_0)(x_1 - x_0),$$

откуда получается

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}.$$

Значению  $x_1$  соответствует точка  $B$  на кривой. В ней проводится новая касательная к кривой, которая пересекает ось  $Ox$  в точке  $x_2$ . Подставляя теперь  $x = x_2$  и  $y = 0$ , а также  $x_1$  вместо  $x_0$  в уравнение касательной, получаем, что

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}.$$

Выполняя подобную процедуру  $k$  раз, в пределе достигаем значения  $x_{\text{точное}}$ , т. е. точки  $D$  на рис. 14. Значению  $x_{\text{точное}}$  примерно соответствует

$$x_k = x_{k-1} - \frac{f(x_{k-1})}{f'(x_{k-1})},$$

где  $k$  — номер итерации. Последнее уравнение называется общим видом рекуррентного соотношения.

Применительно к финансовым рентам основная задача заключается в выборе функции  $f(x)$ , удобной для дальнейших выкладок.

Рассмотрим функцию  $f(q)$ , где  $q = 1 + i$ .

Пусть  $FV_{\text{pst}}$ ,  $n$  и  $R$  заданы. Рента годовая, постнумерандо. Тогда

$$FV_{\text{pst}} = R \frac{(1+i)^n - 1}{1+i-1} = R \frac{q^n - 1}{q - 1}; \quad \frac{FV}{R}(q-1) = q^n - 1.$$

Возьмем в качестве функции  $f(q)$  разность между  $q^n - 1$  и  $\frac{FV}{R}(q - 1)$ , т. е.

$$f(q) = q^n - 1 - \frac{FV}{R}(q - 1).$$

Эта функция будет отличной от нуля до тех пор, пока мы не достигнем точного значения ставки  $i$ , а, следовательно, точного значения  $q$ .



Производная по переменной  $q$

$$f'(q) = nq^{n-1} - \frac{FV}{R}.$$

Рекуррентное соотношение в этом случае приобретает вид

$$q_k = q_{k-1} - \frac{f(q_{k-1})}{f'(q_{k-1})}. \quad (6)$$

Начальное значение  $q$  выбирают так, чтобы значение множителя  $s_{n;i}$  было близко к заданной величине  $\frac{FV}{R}$ .

Аналогичным образом находим функцию и ее производную для случая, когда заданной является современная стоимость ренты. Так, для годовой ренты постнумерандо

$$\begin{aligned} PV_{\text{pst}} &= R \frac{1 - (1+i)^{-n}}{1+i-1} = R \frac{1 - q^{-n}}{q-1}; & \frac{PV}{R}(q-1) &= 1 - q^{-n}; \\ f(q) &= \frac{PV}{R}(q-1) + q^{-n} - 1; & f'(q) &= \frac{PV}{R} - nq^{-(n+1)}. \end{aligned}$$

Для  $p$ -срочной ренты, например,

$$\begin{aligned} PV_{\text{pst}} &= R \frac{1 - (1+i)^{-n}}{p \left[ (1+i)^{\frac{1}{p}} - 1 \right]} = R \frac{1 - q^{-n}}{p \left( q^{\frac{1}{p}} - 1 \right)}; \\ \frac{PV}{R} p \left( q^{\frac{1}{p}} - 1 \right) &= 1 - q^{-n}; \\ f(q) &= \frac{PV}{R} p \left( q^{\frac{1}{p}} - 1 \right) + q^{-n} - 1; & f'(q) &= \frac{PV}{R} q^{\frac{1}{p}-1} - nq^{-(n+1)}. \end{aligned}$$

Начальное значение  $q$  выбирают так, чтобы значение множителя  $a_{n;i}$  или  $a_{n;i}^{(p)}$  было близко к заданной величине  $\frac{PV}{R}$ .

**Пример 15.** Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили 1 млрд руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде квартальной постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 100 млн руб., а срок ренты — 15 лет?

Определим исходный дисконтный множитель:

$$a_{15;i}^{(4)} = \frac{1\,000}{100} = 10.$$

Возьмем первоначальное значение ставки  $i = 10\%$ , откуда  $q_0 = 1,1$ . Тогда

$$a_{15;10\%}^{(4)} = \frac{1 - 1,1^{-15}}{4 \left( 1,1^{\frac{1}{4}} - 1 \right)} = 7,885645 \neq 10.$$

Проводим первую итерацию. Для этого найдем сначала  $f(q_0)$  и  $f'(q_0)$ :

$$f(1,1) = \frac{1\,000}{100} 4 \left( 1,1^{\frac{1}{4}} - 1 \right) + 1,1^{-15} - 1 = 0,20394;$$

$$f'(1,1) = \frac{1\,000}{100} 1,1^{\frac{1}{4}-1} - 15 \cdot 1,1^{-(15+1)} = 6,045687.$$

Далее вычисляется  $q_1$  по формуле (5):

$$q_1 = q_0 - \frac{f(q_0)}{f'(q_0)} = 1,1 - \frac{0,20394}{6,045687} = 1,066267.$$

Следовательно,  $i = 6,6267\%$ .

Проверим дисконтный множитель:

$$a_{15;6,6267\%}^{(4)} = \frac{1 - 1,066267^{-15}}{4 \left( 1,066267^{\frac{1}{4}} - 1 \right)} = 9,55528 \neq 10.$$

Проводим вторую итерацию:

$$f(1,066267) = 10 \cdot 4 \left( 1,066267^{\frac{1}{4}} - 1 \right) + 1,066267^{-15} - 1 = 0,028765;$$

$$f'(1,066267) = 10 \cdot 1,066267^{-\frac{3}{4}} - 15 \cdot 1,066267^{-16} = 4,156933;$$

$$q_2 = q_1 - \frac{f(q_1)}{f'(q_1)} = 1,066267 - \frac{0,028765}{4,156933} = 1,059347;$$

$$a_{15;5,9347\%}^{(4)} = \frac{1 - 1,059347^{-15}}{4 \left( 1,059347^{\frac{1}{4}} - 1 \right)} = 9,968288 \neq 10.$$

Проводим третью итерацию:

$$f(1,059347) = 40 \left( 1,059347^{\frac{1}{4}} - 1 \right) + 1,059347^{-15} - 1 = 0,00184;$$

$$f'(1,059347) = 10 \cdot 1,059347^{-\frac{3}{4}} - 15 \cdot 1,059347^{-16} = 3,61362;$$

$$q_3 = q_2 - \frac{f(q_2)}{f'(q_2)} = 1,059347 - \frac{0,00184}{3,61362} = 1,058838;$$

$$a_{15;5,8838\%}^{(4)} = \frac{1 - 1,058838^{-15}}{4 \left( 1,058838^{\frac{1}{4}} - 1 \right)} = 9,999774 \approx 10.$$

Следовательно, годовая доходность инвестиций в инновационный проект  $i = 5,8838\%$ .

## 2.7. Постоянные ренты пренумерандо и ренты с выплатами в середине периодов

Под рентой пренумерандо понимается рента с платежами в начале периодов (для годовой ренты — в начале каждого года). Различие между рентами постнумерандо и пренумерандо заключается в числе периодов начисления процентов. Каждый регулярный платеж ренты пренумерандо “работает” на один период больше, чем в ренте постнумерандо. Так, для годовой ренты будущая стоимость и множитель наращивания составят соответственно

$$FV_{\text{pre}} = FV_{\text{pst}}(1 + i); \quad \ddot{s}_{n;i} = s_{n;i}(1 + i).$$

Аналогично для годовой ренты с начислением процентов  $m$  раз в году

$$FV_{\text{pre}} = FV_{\text{pst}} \left(1 + \frac{j}{m}\right)^m.$$

Для  $p$ -срочных рент с  $m = 1$  и  $m > 1$  получаем, что

$$FV_{\text{pre}} = FV_{\text{pst}}(1 + i)^{\frac{1}{p}}; \quad FV_{\text{pre}} = FV_{\text{pst}} \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}}.$$

Точно такая же зависимость между современными стоимостями, а также между дисконтными множителями этих же рент:

$$\begin{aligned} PV_{\text{pre}} &= PV_{\text{pst}}(1 + i); & \ddot{a}_{n;i} &= a_{n;i}(1 + i); \\ PV_{\text{pre}} &= PV_{\text{pst}} \left(1 + \frac{j}{m}\right)^m; \\ PV_{\text{pre}} &= PV_{\text{pst}}(1 + i)^{\frac{1}{p}}; & PV_{\text{pre}} &= PV_{\text{pst}} \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{\frac{m}{p}}. \end{aligned}$$

**Пример 16.** Определить размеры периодических взносов при создании целевого фонда, например, для погашения задолженности или обеспечения инвестиций в инновации в сумме 100 млн руб. Срок ренты — 5 лет, процентная ставка — 20% годовых, платежи ежегодные пренумерандо.

$$R = \frac{100}{\ddot{s}_{5;20\%}} = \frac{100}{s_{5;20\%} \cdot 1,2} = \frac{100 \cdot 0,2}{(1,2^5 - 1)1,2} = 11,198 \text{ (млн руб.)}.$$

Примечательно, что решая данную задачу для схемы постнумерандо (пример 12, *a*), мы получили результат  $R = 13,438$  млн руб. Таким образом, схема пренумерандо в данном случае более выгодна для инвестора. Это объясняется тем, что каждый взнос в фонд производится на год раньше, а, следовательно, проценты на него начисляются на год больше.

Примером использования ренты с платежами в середине периодов может быть такой: поступления от инвестиций распределяются

более или менее равномерно в пределах каждого периода. В таких ситуациях для уменьшения погрешности рекомендуется поступления за период относить к его середине:

$$\begin{aligned}
 p = 1, \quad m = 1 : \quad & PV_{1/2} = PV_{\text{pst}}(1 + i)^{\frac{1}{2}}; \\
 p = 1, \quad m > 1 : \quad & PV_{1/2} = PV_{\text{pst}} \left( 1 + \frac{j}{m} \right)^{\frac{m}{2}}; \\
 p > 1, \quad m = 1 : \quad & PV_{1/2} = PV_{\text{pst}}(1 + i)^{\frac{1}{2p}}; \\
 p > 1, \quad m > 1 : \quad & PV_{1/2} = PV_{\text{pst}} \left( 1 + \frac{j}{m} \right)^{\frac{m}{2p}}.
 \end{aligned}$$

Аналогичные соотношения можно записать для наращенных сумм.

## 2.8. Отложенные постоянные ренты

Начало выплат у отложенной (отсроченной) ренты сдвинуто вперед относительно некоторого момента времени. Сдвиг во времени никак не отражается на величине наращенной суммы. С современной стоимостью ренты сложнее. Пусть рента выплачивается спустя  $t$  лет после некоторого начального момента времени. Современная стоимость ренты на начало выплат равна  $PV_t$ , а на начало периода отсрочки, составляющего  $t$  лет, равна  $\frac{PV_t}{(1+i)^t}$ . Для годовой постоянной ренты получаем, что на конец года 0

$$PV_0 = \frac{PV_t}{(1+i)^t} = Ra_{n;i} \frac{1}{(1+i)^t}.$$

Современная стоимость отложенной ренты используется при решении целого ряда задач.

**Пример 17.** Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 4 млрд руб., срок ренты — 5 лет, ставка процентов — 18,5% годовых. Рента начинается не сразу, а спустя полтора года после момента оценки.

Современная стоимость доходов составит

$$\begin{aligned} PV_0 &= 4 a_{5;18,5\%} \frac{1}{1,185^{1,5}} = 4 \frac{1 - 1,185^{-5}}{0,185} \frac{1}{1,185^{1,5}} = \\ &= 9,588 \text{ (млрд руб.)}. \end{aligned}$$

**Пример 18.** Годовая рента постнумерандо делится между двумя участниками (допустим, речь идет о наследстве или о другом виде передачи собственности). Срок ренты — 10 лет, процентная ставка — 20% годовых. Условия деления ренты: 1) каждый участник получает 50% капитализированной стоимости ренты; 2) рента выплачивается последовательно сначала первому участнику, затем второму. Найти срок получения ренты каждым ее участником.

Решение задачи сводится к расчету срока получения ренты первым участником ( $n_1$ ). Из условий деления ренты следует, что

$$PV_0^{(1)} = PV_0^{(2)}; \quad Ra_{n_1;i} = Ra_{n_2;i} \frac{1}{(1+i)^{n_1}}.$$

Учитывая, что  $n_2 = n - n_1$ , находим:

$$\begin{aligned} \frac{1 - (1+i)^{-n_1}}{i} &= \frac{1 - (1+i)^{-(n-n_1)}}{i} \cdot \frac{1}{(1+i)^{n_1}}; \\ 1 - (1+i)^{-n_1} &= \left(1 - (1+i)^{-(n-n_1)}\right) \frac{1}{(1+i)^{n_1}}; \\ 1 - \frac{1}{(1+i)^{n_1}} &= \frac{1}{(1+i)^{n_1}} - \frac{1}{(1+i)^n}; \quad 1 + \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{2}{(1+i)^{n_1}}; \\ 1 + (1+i)^{-n} &= 2(1+i)^{-n_1}; \quad \ln \frac{1 + (1+i)^{-n}}{2} = -n_1 \ln(1+i); \\ n_1 &= \frac{-\ln \frac{1 + (1+i)^{-n}}{2}}{\ln(1+i)}. \end{aligned}$$

Результат решения зависит только от общего срока ренты и процентной ставки, которая учитывается в расчете.

Подставляем данные:

$$n_1 = \frac{-\ln \frac{1 + 1,2^{-10}}{2}}{\ln 1,2} = 2,981 \approx 3 \text{ (года)}; \quad n_2 \approx 7 \text{ (лет)}.$$

## 2.9. Вечная рента (перпетуитет)

Под вечной рентой понимается ряд платежей, количество которых не ограничено, т. е. она выплачивается в течение бесконечного числа лет (более 50 лет).

Наращенную сумму вечной ренты посчитать нельзя, поскольку неизвестно, когда она закончится. Найдем современную стоимость годовой ренты. Для обычной ренты

$$PV_{\text{pst}} = R a_{n;i} = R \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}.$$

Устремим срок  $n$  к бесконечности и вычислим, чему равен в этом случае дисконтный множитель:

$$\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} = \frac{1}{i}.$$

Тогда получим, что приведенная стоимость вечной ренты

$$PV = \frac{R}{i}.$$

Таким образом, современная стоимость вечной ренты зависит только от величины регулярного платежа и процентной ставки. Соответственно величина регулярного платежа равна проценту от ее капитализированной стоимости:

$$R = PV \cdot i.$$

Для других видов рент:

$$p = 1, \quad m > 1: \quad PV = \frac{R}{\left(1 + \frac{j}{m}\right)^m - 1};$$

$$p > 1, \quad m = 1: \quad PV = \frac{R}{p \left[(1+i)^{\frac{1}{p}} - 1\right]};$$

$$p = m > 1: \quad PV = \frac{R}{j};$$

$$p \neq m : \quad PV = \frac{R}{p \left[ \left( 1 + \frac{j}{m} \right)^{\frac{m}{p}} - 1 \right]}.$$

**Пример 19.** Требуется выкупить вечную ренту, по которой выплачивается 5 млн руб. в конце каждого месяца. Процентная ставка — 25% годовых. По какой максимальной цене стоит выкупать такую ренту?

Это случай  $p > 1$ ,  $m = 1$ . Тогда максимальная цена ренты

$$PV = \frac{5 \cdot 12}{12 \left( 1,25^{\frac{1}{12}} - 1 \right)} = 266,393 \text{ (млн руб.)}.$$

### 2.10. Постоянная рента с периодом платежей, превышающим год

В анализе инвестиционных проектов иногда встречаются ренты, члены которых выплачиваются с интервалами, превышающими год.

Пусть  $T$  — временной интервал между двумя регулярными платежами,  $n$  — срок ренты, кратный  $T$ , проценты начисляются раз в году,  $A$  — величина регулярного платежа. Тогда приведенный денежный поток представляет собой последовательность

$$\frac{A}{(1+i)^T}, \frac{A}{(1+i)^{2T}}, \dots, \frac{A}{(1+i)^n}.$$

Это геометрическая прогрессия с  $b_1 = \frac{A}{(1+i)^T}$  и  $q = (1+i)^{-T}$ , и числом членов прогрессии  $\frac{n}{T}$ . Сумма такой прогрессии при условии, что  $A = 1$ , равна

$$\begin{aligned} a_{\frac{n}{T};i} &= \frac{1}{(1+i)^T} \cdot \frac{(1+i)^{-T \frac{n}{T}} - 1}{(1+i)^{-T} - 1} = \frac{(1+i)^{-n} - 1}{1 - (1+i)^T} = \\ &= \frac{[1 - (1+i)^{-n}]i}{[(1+i)^T - 1]i} = \frac{a_{n;i}}{s_{T;i}}. \end{aligned}$$



При таких расчетах важно учитывать, что соотношение коэффициентов приведения и наращивания можно использовать лишь в случае, когда  $T$  — целое число лет.

**Пример 20.** Сравняются два варианта строительства некоторого объекта. Первый требует разовых вложений в сумме 6 млрд руб. и капитального ремонта стоимостью 0,8 млрд руб. каждые 5 лет. Для второго затраты на создание равны 7 млрд руб., а на капитальный ремонт — 0,4 млрд руб. каждые 10 лет. Временной горизонт, учитываемый в расчете, — 50 лет. Выбрать наиболее выгодный для инвестора вариант строительства, если годовая процентная ставка (цена капитала) равна: а) 10%; б) 20%.

Сравним современные стоимости всех затрат для каждого варианта строительства в случае а):

$$PV^{(1)} = 6 + 0,8 \frac{a_{50;10\%}}{s_{5;10\%}} = 6 + 0,8 \frac{9,914814}{6,1051} = 7,299 \text{ (млрд руб.)};$$

$$PV^{(2)} = 7 + 0,4 \frac{a_{50;10\%}}{s_{10;10\%}} = 7 + 0,4 \frac{9,914814}{15,937425} = 7,249 \text{ (млрд руб.)}.$$

Для инвестора выгоднее второй вариант строительства.

Проведем подобные расчеты для случая б):

$$PV^{(1)} = 6 + 0,8 \frac{a_{50;20\%}}{s_{5;20\%}} = 6 + 0,8 \frac{4,999451}{7,4416} = 6,537 \text{ (млрд руб.)};$$

$$PV^{(2)} = 7 + 0,4 \frac{a_{50;20\%}}{s_{10;20\%}} = 7 + 0,4 \frac{4,999451}{25,958682} = 7,077 \text{ (млрд руб.)}.$$

Для инвестора выгоднее первый вариант строительства.

## 2.11. Задачи

### Задача 1

Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной годовой ренты постнумерандо в течение 6 лет. Размер годового платежа — 5 млрд руб. На поступившие взносы начисляются проценты по ставке 15% годовых. Найти величину фонда на конец срока.

## Задача 2

Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной годовой ренты постнумерандо в течение 6 лет. Размер годового платежа — 5 млрд руб. На поступившие взносы ежемесячно начисляются проценты по ставке 15% годовых. Найти величину фонда на конец срока.

## Задача 3

Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной ежемесячной ренты постнумерандо в течение 6 лет. Размер годового платежа — 5 млрд руб. На поступившие взносы начисляются проценты по ставке 15% годовых. Найти величину фонда на конец срока.

## Задача 4

Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной ежемесячной ренты постнумерандо в течение 6 лет. Размер годового платежа — 5 млрд руб. На поступившие взносы ежемесячно начисляются проценты по ставке 15% годовых. Найти величину фонда на конец срока.

## Задача 5

Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной квартальной ренты постнумерандо в течение 6 лет. Размер годового платежа — 5 млрд руб. На поступившие взносы ежемесячно начисляются проценты по ставке 15% годовых. Найти величину фонда на конец срока.

### **Задача 6**

Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной годовой ренты постнумерандо в течение 6 лет. Размер годового платежа — 5 млрд руб. На поступившие взносы начисляются проценты по непрерывной ставке 15% годовых. Найти величину фонда на конец срока.

### **Задача 7**

Для обеспечения некоторых будущих инвестиций в инновационные проекты создается фонд. Средства в фонд поступают в виде постоянной ежемесячной ренты постнумерандо в течение 6 лет. Размер годового платежа — 5 млрд руб. На поступившие взносы начисляются проценты по непрерывной ставке 15% годовых. Найти величину фонда на конец срока.

### **Задача 8**

Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 5 млрд руб., срок ренты — 6 лет, ставка процентов — 15% годовых.

### **Задача 9**

Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 5 млрд руб., срок ренты — 6 лет, ставка процентов — 15% годовых, проценты ежемесячные.

### **Задача 10**

Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 5 млрд руб., рента ежемесячная, срок ренты — 6 лет, ставка процентов — 15% годовых.

### **Задача 11**

Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 5 млрд руб., рента ежемесячная, срок ренты — 6 лет, ставка процентов — 15% годовых, проценты ежемесячные.

### **Задача 12**

Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 5 млрд руб., рента поквартальная, срок ренты — 6 лет, ставка процентов — 15% годовых, проценты ежемесячные.

### **Задача 13**

Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 5 млрд руб., срок ренты — 6 лет, ставка непрерывных процентов — 15% годовых.

### **Задача 14**

Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 5 млрд руб., рента ежемесячная, срок ренты — 6 лет, ставка непрерывных процентов — 15% годовых.

### **Задача 15**

Определить размеры периодических взносов при решении двух следующих задач:

- а) создается целевой фонд, например, для погашения задолженности или обеспечения инвестиций в инновации в сумме 150 млн руб.;
- б) погашается в рассрочку текущая задолженность в сумме 150 млн руб.

Срок в обоих случаях — 6 лет, процентная ставка — 15% годовых, платежи ежегодные постнумерандо.

### Задача 16

Определить размеры периодических взносов при решении двух следующих задач:

- а) создается целевой фонд, например, для погашения задолженности или обеспечения инвестиций в инновации в сумме 150 млн руб.;
- б) погашается в рассрочку текущая задолженность в сумме 150 млн руб.

Срок в обоих случаях — 6 лет, процентная ставка — 15% годовых, платежи ежегодные пренумерандо.

### Задача 17

Какой необходим срок для накопления 50 млн руб. при условии, что ежеквартально вносится по 1,25 млн руб., а на накопления ежемесячно начисляются проценты по ставке 15% годовых?

### Задача 18

Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили 200 млн руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 25 млн руб., а срок ренты — 12 лет? Решить задачу методом линейной интерполяции.

### Задача 19

Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили 200 млн руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 25 млн руб., а срок ренты — 12 лет? Решить задачу методом Ньютона–Рафсона.

### Задача 20

Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили

200 млн руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 25 млн руб., а срок ренты — 15 лет? Решить задачу методом линейной интерполяции.

### **Задача 21**

Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили 200 млн руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 25 млн руб., а срок ренты — 15 лет? Решить задачу методом Ньютона-Рафсона.

### **Задача 22**

Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили 150 млн руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 25 млн руб., а срок ренты — 12 лет? Решить задачу методом линейной интерполяции.

### **Задача 23**

Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили 150 млн руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 25 млн руб., а срок ренты — 12 лет? Решить задачу методом Ньютона-Рафсона.

### **Задача 24**

Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили 150 млн руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 25 млн

руб., а срок ренты — 15 лет? Решить задачу методом линейной интерполяции.

### **Задача 25**

Какова доходность инвестиций в инновационный проект, выраженная в виде годовой процентной ставки, если вложения составили 150 млн руб., ожидаемая отдача может быть представлена в виде постоянной ренты постнумерандо, годовая сумма дохода — 25 млн руб., а срок ренты — 15 лет? Решить задачу методом Ньютона-Рафсона.

### **Задача 26**

Найти современную стоимость доходов инновационного проекта, если размер ежегодного платежа постнумерандо — 5 млрд руб., срок ренты — 6 лет, ставка процентов — 15% годовых. Рента начинается не сразу, а спустя 2 года после момента оценки.

### **Задача 27**

Годовая рента постнумерандо делится между двумя участниками (допустим, речь идет о наследстве или о другом виде передачи собственности). Срок ренты — 12 лет, процентная ставка — 12,5% годовых. Условия деления ренты: 1) каждый участник получает 50% капитализированной стоимости ренты; 2) рента выплачивается последовательно сначала первому участнику, затем второму. Найти срок получения ренты каждым ее участником.

### **Задача 28**

Сравниваются два варианта строительства некоторого объекта. Первый требует разовых вложений в сумме 10 млрд руб. и капитального ремонта стоимостью 1,2 млрд руб. каждые 4 года. Для второго затраты на создание равны 11 млрд руб., а на капитальный ремонт — 0,6 млрд руб. каждые 6 лет. Временной горизонт, учитываемый в расчете, — 48 лет. Выбрать наиболее выгодный для инвестора вариант

строительства, если процентная ставка (цена капитала) — 15% годовых.

### Ответы

1.  $FV_{\text{pst}} = 43,769$  млн руб.
2.  $FV_{\text{pst}} = 44,973$  млн руб.
3.  $FV_{\text{pst}} = 46,702$  млн руб.
4.  $FV_{\text{pst}} = 48,197$  млн руб.
5.  $FV_{\text{pst}} = 47,6$  млн руб.
6.  $FV_{\text{pst}} = 45,096$  млн руб.
7.  $FV_{\text{pst}} = 48,35$  млн руб.
8.  $PV_{\text{pst}} = 18,922$  млн руб.
9.  $PV_{\text{pst}} = 18,387$  млн руб.
10.  $PV_{\text{pst}} = 20,191$  млн руб.
11.  $PV_{\text{pst}} = 19,705$  млн руб.
12.  $PV_{\text{pst}} = 19,461$  млн руб.
13.  $PV_{\text{pst}} = 18,335$  млн руб.
14.  $PV_{\text{pst}} = 19,658$  млн руб.
15. а)  $R = 17,136$  млн руб.; б)  $R = 39,636$  млн руб.
16. а)  $R = 14,9$  млн руб.; б)  $R = 34,466$  млн руб.
17.  $n = 6,197$  лет.
18.  $i \approx 6,8738\%$ .
19.  $i \approx 6,8892\%$ .
20.  $i \approx 9,2899\%$ .
21.  $i \approx 9,1682\%$ .
22.  $i \approx 12,7536\%$ .
23.  $i \approx 12,7055\%$ .
24.  $i \approx 14,5661\%$ .
25.  $i \approx 14,517\%$ .
26.  $PV_{\text{pst}} = 14,308$  млн руб.
27.  $n_1 = 4,036 \approx 4$  года;  $n_2 = 7,964 \approx 8$  лет.
28.  $PV^{(1)} = 11,6$  млрд руб.;  $PV^{(2)} = 11,456$  млрд руб.



## Глава 3

### Критерии выбора вложений капитала в инновационные проекты

#### 3.1. Срок окупаемости инновационного проекта

Срок окупаемости инновационного проекта (PP) — это ожидаемое число лет, в течение которых будут возмещены изначально сделанные инвестиции.

**Пример 21.** Пусть имеются два инновационных проекта  $S$  и  $L$ , денежные потоки по которым представлены в табл. 13.

Таблица 13

Денежные потоки  
проектов  $S$  и  $L$  (ден. ед.)

Год	Проект $S$	Проект $L$
0	-1 000	-1 000
1	500	100
2	400	300
3	300	400
4	100	600

Наиболее простой способ определения срока окупаемости — это расчет кумулятивного денежного потока и нахождение того момента, когда он будет равным нулю (табл. 14).

При условии, что поступления денежных средств осуществляются равномерно в течение каждого года, получаем из данных табл. 14, что срок окупаемости проекта  $S$  равен  $2\frac{1}{3}$  года, а для проекта  $L$  он составляет  $3\frac{1}{3}$  года.

Для более точной оценки срока окупаемости применяют расчет дисконтированных денежных потоков (DCF). Так, дисконтируя каждую денежную сумму по цене капитала проектов  $k$ , к примеру, равной 10%, за соответствующее количество лет, получаем данные табл. 15.

Таблица 14

**Расчет кумулятивных денежных потоков проектов  
S и L (ден. ед.)**

Год	Проект S		Проект L	
	Денеж- ный поток	Кумулятивный денежный поток	Денеж- ный поток	Кумулятивный денежный поток
0	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000
1	500	-500	100	-900
2	400	-100	300	-600
3	300	200	400	-200
4	100	300	600	400

Таблица 15

**Расчет кумулятивных дисконтированных денежных  
потоков проектов S и L (ден. ед.)**

Год	Проект S		Проект L	
	Исходный DCF	Кумулятивный DCF	Исходный DCF	Кумулятивный DCF
0	-1 000	-1 000	-1 000	-1 000
1	455	-545	91	-909
2	331	-214	248	-661
3	225	11	301	-360
4	68	79	410	50

В качестве цены капитала чаще всего берется средневзвешенная цена капитала (WACC), однако в некоторых случаях используется ставка  $k_s$ , т. е. доходность обыкновенных акций, которую уже имеют акционеры. Подробнее эти случаи будут обсуждаться в главах 4 и 5.

Из табл. 6 видно, что величина инвестиций в 1 000 ден. ед. по проекту S окупится при условии равномерного поступления денег за  $2 + \frac{214}{225} = 2,95$  (года), а по проекту L — за  $3 + \frac{360}{410} = 3,88$  (года).

Выгоднее тот проект, который быстрее окупится. В нашем случае это проект  $S$ .

*Выводы:*

1. Оба критерия, т. е. обычный и дисконтный сроки окупаемости, имеют серьезные недостатки, в частности, они не учитывают влияние элементов денежного потока, находящихся за пределами срока окупаемости.

2. Несмотря на отмеченный недостаток, критерий РР тем не менее показывает, как долго финансовые ресурсы будут задействованы в проекте. Таким образом, при прочих равных условиях, чем короче срок окупаемости, тем ликвиднее проект. Кроме того, поскольку дальние элементы денежного потока рассматриваются как более рискованные по сравнению с ближними, считается, что срок окупаемости дает приблизительную оценку рисковости проекта.

### 3.2. Учетная доходность инновационного проекта

Учетная доходность (ARR) в отличие от остальных критериев выбора вложений капитала основывается на показателе чистой прибыли, а не денежного потока:

$$ARR = \frac{\text{среднегодовая ожидаемая чистая прибыль (NI)}}{\text{средний объем инвестиций}}.$$

Если предположить, что вложения в проекты  $S$  и  $L$  будут полностью распределены по прямолинейному методу в течение срока их эксплуатации, то годовые расходы составят  $\frac{1\,000}{4} = 250$  (ден. ед.). Эта сумма должна вычитаться из денежных поступлений по годам, чтобы получить чистую прибыль. Так, по проекту  $S$ :

$$\begin{aligned} \text{среднегодовая} & \quad \text{среднегодовое} & \quad \text{среднегодовые} & \quad = \\ \text{чистая} & = & \text{поступление} & - & \text{среднегодовые} & = \\ \text{прибыль} & & \text{денежных средств} & & \text{расходы} & \\ & & & & & \\ & = & \frac{500 + 400 + 300 + 100}{4} & - & 250 & = & 75 \text{ (ден. ед.);} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{средняя} \\ \text{инвестиция} &= \frac{\text{исходная инвестиция} + \text{остаточная стоимость}}{2} = \\ &= \frac{1000 + 0}{2} = 500 \text{ (ден. ед.)}. \end{aligned}$$

Тогда

$$\text{ARR}_S = \frac{75 \text{ ден. ед.}}{500 \text{ ден. ед.}} = 0,15, \text{ т. е. } 15\%.$$

Аналогично рассчитывается  $\text{ARR}_L = 20\%$ .

По критерию ARR проект  $L$  более предпочтителен. Если фирму устраивают проекты, например, с  $\text{ARR} \geq 16\%$ , то проект  $L$  должен быть принят, а проект  $S$  отвергнут.

Критерии ARR и PP дали разные результаты, т. к. оба критерия не лишены изъянов, а именно, во-первых, критерий дисконтированного срока окупаемости игнорирует элементы денежного потока за пределами срока окупаемости, и, во-вторых, ARR игнорирует временную стоимость денег.

Многие фирмы используют ARR для оценки деятельности своих подразделений. Это более оправдано, чем использование ARR для оценки инновационных проектов, поскольку этот критерий похож на показатель рентабельности.

### 3.3. Чистый приведенный доход инновационного проекта

Чистый приведенный доход (NPV) может быть определен следующим образом:

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n \frac{\text{CIF}_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{\text{COF}_t}{(1+k)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{\text{CIF}_t - \text{COF}_t}{(1+k)^t},$$

где  $\text{CIF}_t$  — ожидаемый приток денежных средств в году  $t$  (ден. ед.);

$\text{COF}_t$  — ожидаемый отток денежных средств в году  $t$  (ден. ед.);

$k$  — цена капитала проекта (или фирмы) (%).

Если  $t$  обозначает не год, а некоторый отличный от нуля период, тогда цена капитала должна быть уточнена таким образом, чтобы отражать ставку за период. Например, рассчитаем квартальную ставку, если годовая цена капитала составляет 10%:

$$k_{\text{год.}} = (1 + k_{\text{кв.}})^4 - 1; \quad 0,1 = (1 + k_{\text{кв.}})^4 - 1;$$

$$1 + k_{\text{кв.}} = \sqrt[4]{1,1} = 1,0241; \quad k_{\text{кв.}} = 0,0241,$$

т. е.  $k_{\text{кв.}} = 2,41\%$ .

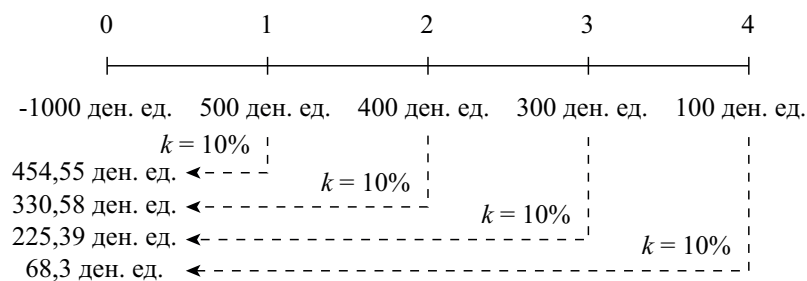
Если  $NPV > 0$ , то проект прибыльный.

Если  $NPV = 0$ , то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Если  $NPV < 0$ , то проект убыточный.

Если проекты взаимоисключающие, то должен быть выбран тот, у которого  $NPV$  больше.

Рассчитаем  $NPV$  проекта  $S$  (рис. 15).



$$NPV_S = 78,82 \text{ ден. ед.}$$

Рис. 15. Расчет  $NPV$  проекта  $S$

Аналогично можно рассчитать  $NPV_L = 49,18$  ден. ед.

По этому критерию оба проекта могут быть приняты, если они независимы, а если они альтернативные, то должен быть выбран проект  $S$ .

### 3.4. Внутренняя доходность инновационного проекта

Внутренняя доходность (IRR) — это такая дисконтная ставка, которая уравнивает приведенные стоимости ожидаемых поступлений и инвестиций по проекту, т. е. когда  $NPV = 0$ :

$$PV_{\text{доходов}} = PV_{\text{инвестиций}} \quad \text{или} \quad \sum_{t=0}^n \frac{CIF_t - COF_t}{(1 + IRR)^t} = 0.$$

Если  $IRR > k$ , то проект прибыльный.

Если  $IRR = k$ , то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Если  $IRR < k$ , то проект убыточный.

Для проекта  $S$  ставка IRR определяется так, как это проиллюстрировано на рис. 16.

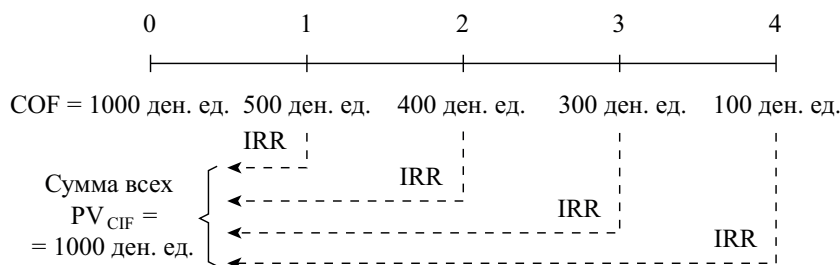


Рис. 16. Расчет IRR проекта  $S$

Ставка IRR рассчитывается на компьютере. В данном случае получается, что  $IRR_S = 14,5\%$ . Аналогично определяется  $IRR_L = 11,8\%$ . Если для обоих проектов цена капитала равна  $10\%$ , а сами проекты независимы, то по критерию IRR они должны быть приняты, поскольку обеспечивают доходность больше цены капитала. Если эти проекты альтернативные, то проект  $S$  принимаем, а проект  $L$  отвергаем. Если, к примеру,  $k > 14,5\%$ , то отвергаем оба проекта.

### 3.5. Индекс доходности инновационного проекта

Индекс доходности (PI), т. е. доход на единицу затрат, рассчитывается по формуле

$$PI = \frac{PV_{\text{доходов}}}{PV_{\text{затрат}}} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{CIF_t}{(1+k)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{COF_t}{(1+k)^t}}.$$

PI проекта *S* при цене капитала 10%:

$$PI_S = \frac{1\,078,82 \text{ ден. ед.}}{1\,000 \text{ ден. ед.}} = 1,079.$$

PI проекта *L* при цене капитала 10%:

$$PI_L = \frac{1\,049,18 \text{ ден. ед.}}{1\,000 \text{ ден. ед.}} = 1,049.$$

Чем больше PI, тем более привлекателен проект.

Критерии NPV, IRR и PI очень часто взаимосвязаны между собой следующим образом:

Если  $NPV > 0$ , то  $IRR > k$  и  $PI > 1$ . В этом случае проект прибыльный.

Если  $NPV = 0$ , то  $IRR = k$  и  $PI = 1$ . Тогда проект ни прибыльный, ни убыточный.

Если  $NPV < 0$ , то  $IRR < k$  и  $PI < 1$ . В этом случае проект убыточный.

Однако NPV, IRR и PI могут дать противоположные результаты для альтернативных проектов.

Обычно на практике больше всего доверяют результатам NPV, поскольку он показывает, насколько реально, т. е. в деньгах, увеличивается благосостояние акционеров в результате осуществления инновационного проекта.

### 3.6. Сравнение критериев NPV и IRR

Меняя значение цены капитала  $k$ , построим графики NPV проектов  $S$  и  $L$  (табл. 16 и рис. 17).

Таблица 16

NPV проектов  $S$  и  $L$  при различных значениях цены капитала

Цена капитала (%)	NPV <sub>S</sub> (ден. ед.)	NPV <sub>L</sub> (ден. ед.)
0	300	400
5	180,42	206,5
10	78,82	49,18
15	-8,33	-80,14

Точку пересечения графиков NPV<sub>L</sub> и NPV<sub>S</sub> можно найти следующим образом. Если по данным табл. 4 составить приростный денежный поток CF<sub>L</sub> - CF<sub>S</sub>, то он по годам составит 0, -400, -100, 100, 500 ден. ед. Рассчитывая его IRR, получаем, что  $k \approx 7,2\%$ .

Проект  $L$  имеет более высокое значение NPV при  $k < 7,2\%$ , а проект  $S$  - при  $k > 7,2\%$ . Кроме того, NPV<sub>L</sub> более чувствителен к изменению дисконтной ставки, чем NPV<sub>S</sub>, т. к. с ростом  $k$  NPV<sub>L</sub> убывает быстрее, чем NPV<sub>S</sub>. Это происходит по следующей причине.

Как видно из данных табл. 13, приток денежных средств в проекте  $S$  идет быстрее, чем в проекте  $L$ . То есть  $S$  - краткосрочный проект, а  $L$  - долгосрочный.

Посмотрим теперь на формулу чистого приведенного дохода:

$$NPV = \frac{CF_0}{(1+k)^0} + \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \frac{CF_3}{(1+k)^3} + \frac{CF_4}{(1+k)^4}.$$

Знаменатели слагаемых в ней увеличиваются с ростом  $t$  по экспоненте, следовательно, эффект роста  $k$  более ощутим, если значение  $t$  больше. Это хорошо иллюстрирует следующий пример.

**Пример 22.** Рассмотрим приведенную стоимость 100 ден. ед. Рассчитаем ее для сроков в 1 год и 10 лет для двух разных значений ставки дисконта - 5% и 10%.



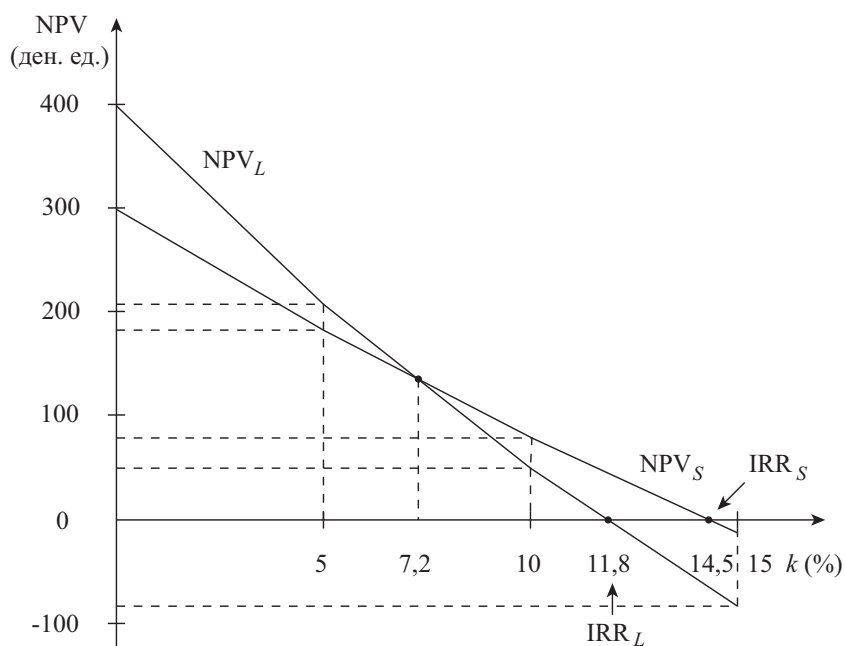


Рис. 17. Графики NPV проектов *S* и *L* в зависимости от различных значений цены капитала

$$1 \text{ год: } \frac{100}{1 + 0,05} = 95,24 \text{ (ден. ед.); } \frac{100}{1 + 0,1} = 90,91 \text{ (ден. ед.).}$$

Темп снижения PV в этом случае составляет 4,5%.

$$10 \text{ лет: } \frac{100}{(1 + 0,05)^{10}} = 61,39 \text{ (ден. ед.); } \frac{100}{(1 + 0,1)^{10}} = 38,55 \text{ (ден. ед.).}$$

В этом случае темп снижения PV составляет уже 37,2%.

Таким образом, если проект имеет большую часть поступлений в начальные годы, то его NPV с ростом  $k$  будет убывать значительно медленнее по сравнению с проектом, в котором в первые годы поступает меньше денежных средств.

Следовательно, проект  $L$ , который имеет большую часть поступлений в последние годы, очень невыгоден, если дисконтная ставка повышается, тогда как проект  $S$ , в котором приток средств идет быстрее в первые годы, в меньшей степени реагирует на увеличение ставки.

Из рис. 17 следует еще один важный вывод.

Если проекты  $S$  и  $L$  независимые, тогда критерии NPV и IRR дают одинаковый результат:

Проект  $S$ :  $NPV_S > 0$  и  $k < IRR_S = 14,5\% \Rightarrow$  проект принимается.

Проект  $L$ :  $NPV_L > 0$  и  $k < IRR_L = 11,8\% \Rightarrow$  проект принимается.

Если проекты  $S$  и  $L$  альтернативные, ситуация сложнее:

При  $k > 7,2\%$ :  $NPV_S > NPV_L$  и  $IRR_S > IRR_L \Rightarrow$  принимается  $S$ .

При  $k < 7,2\%$ :  $NPV_S < NPV_L$  и  $IRR_S > IRR_L \Rightarrow$  противоречие.

Перечислим причины, которые могут приводить к противоречию:

1. Масштаб проекта, т. е. величины инвестиций и доходов по одному проекту могут быть больше, чем по другому.

2. Интенсивность притока денежных средств, т. е. большая часть притока средств по одному проекту осуществляется в первые годы, а по другому — в последние годы. (Это как раз наш случай.)

3. Разные сроки продолжительности проектов.

Самое простое решение этой проблемы может быть такое. Критерий NPV все же лучше, чем IRR, т. к. он выбирает тот проект, который больше увеличивает благосостояние акционеров.

### 3.7. Множественность значений IRR

Другая ситуация, в которой критерий IRR не может быть использован, — это анализ неординарных проектов. В ординарном инвестиционном проекте один или несколько оттоков средств сменяются серией поступлений средств. Если же в проекте предполагается также значительный отток денежных средств в ходе его реализации или по окончании, этот проект называется неординарным.

Наиболее распространенная проблема при анализе неординарного проекта — это множественность IRR. Причина заключается в том, что уравнение

$$\sum_{t=0}^n \frac{CIF_t - COF_t}{(1 + IRR)^t} = 0$$

может иметь более чем одно решение. Это уравнение — многочлен  $n$ -й степени, поэтому оно имеет  $n$  различных корней. Для ординарного проекта все корни уравнения, за исключением одного, мнимые, поэтому и находится единственное значение IRR. В случае неординарного проекта число действительных корней больше одного, что и приводит к множественности значений IRR.

**Пример 23.** Есть некоторый проект  $M$ : компания вкладывает 1,6 млн ден. ед. в добычу ископаемых. В течение первого года рудник дает доход 10 млн ден. ед., в течение второго года необходимо будет провести работы по восстановлению окружающей среды на сумму 10 млн ден. ед.

Для нахождения IRR подставим данные в последнее уравнение:

$$NPV = -1,6 \text{ млн ден. ед.} + \frac{10 \text{ млн ден. ед.}}{1 + IRR} - \frac{10 \text{ млн ден. ед.}}{(1 + IRR)^2} = 0.$$

В итоге получим два решения:  $IRR_1 = 25\%$  и  $IRR_2 = 400\%$ . Эта ситуация показана на рис. 18.

Если цена капитала  $k < 25\%$ , то  $NPV < 0$ , следовательно, проект не принимаем. Если  $25\% < k < 400\%$ , то  $NPV > 0$  и тогда проект теоретически должен быть принят. Значит ли это, что в этом случае фирма должна увеличить цену своего капитала до 100%, чтобы максимизировать NPV? Наоборот, фирма должна стремиться минимизировать цену своего капитала, что приводит к максимизации цены ее акций. Повышение цены капитала может сделать проект более привлекательным, но эти действия будут губительны для многочисленных ординарных проектов фирмы. Таким образом, проект может иметь  $NPV > 0$  только в том случае, если цена капитала фирмы сравнительно высока, несмотря на все усилия по ее снижению.

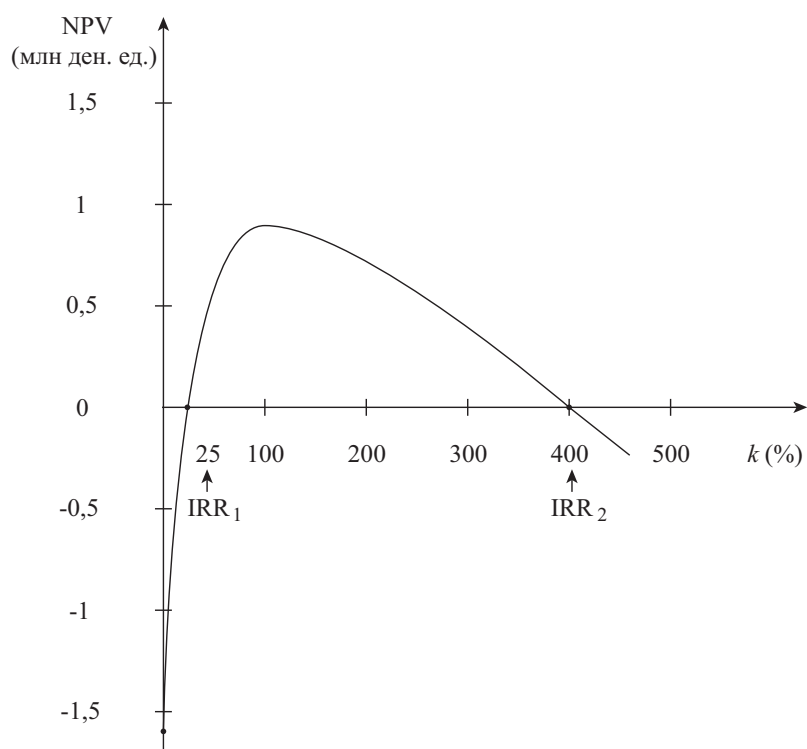


Рис. 18. График NPV проекта M

### 3.8. Модифицированная внутренняя доходность инновационного проекта

Возникает вопрос: можно ли построить относительный показатель эффективности инновационного проекта взамен обычной IRR?

Можно модифицировать IRR и сделать ее показателем эффективности, пригодным для использования при построении бюджета капитальных вложений. Этот показатель называется модифицированной IRR и обозначается как MIRR.

Для того чтобы его построить, введем сначала понятие терминальной стоимости инновационного проекта (TV). Это наращенная стоимость денежных поступлений при условии, что они могут быть реинвестированы по цене капитала. Вычисляется она по формуле

$$TV = \sum_{t=0}^n CIF_t(1+k)^{n-t}.$$

Как и в случае с критерием IRR, дисконтная ставка MIRR уравновешивает приведенные стоимости инвестиций и ожидаемых поступлений, только теперь учитываем возможность реинвестирования поступлений. Это условие выразится уравнением

$$PV_{\text{инвестиций}} = PV_{TV},$$

откуда получаем, что

$$PV_{\text{инвестиций}} = \frac{TV}{(1+MIRR)^n}; \quad \sum_{t=0}^n \frac{COF_t}{(1+k)^t} = \frac{\sum_{t=0}^n CIF_t(1+k)^{n-t}}{(1+MIRR)^n}.$$

В проектах  $S$  и  $L$  все инвестиции производятся в момент  $t = 0$ , тогда в этом случае

$$\text{инвестиции} = \frac{TV}{(1+MIRR)^n}.$$

Логику расчета по этой формуле для проекта  $S$  можно представить в виде схемы (рис. 19).

Аналитически  $MIRR_S$  находится следующим образом:

$$1\,000 \text{ ден. ед.} = \frac{1\,579,5 \text{ ден. ед.}}{(1+MIRR_S)^4}; \quad MIRR_S = \sqrt[4]{\frac{1\,579,5}{1\,000}} - 1 = 0,12106,$$

т. е.  $MIRR_S \approx 12,1\%$ .

Аналогично рассчитывается  $MIRR_L \approx 11,3\%$ . Получается, что по этому критерию оба проекта  $S$  и  $L$  являются выгодными, т. к. их MIRR больше цены капитала  $k = 10\%$ , и при этом проект  $S$  лучше, чем  $L$ , поскольку его MIRR больше.

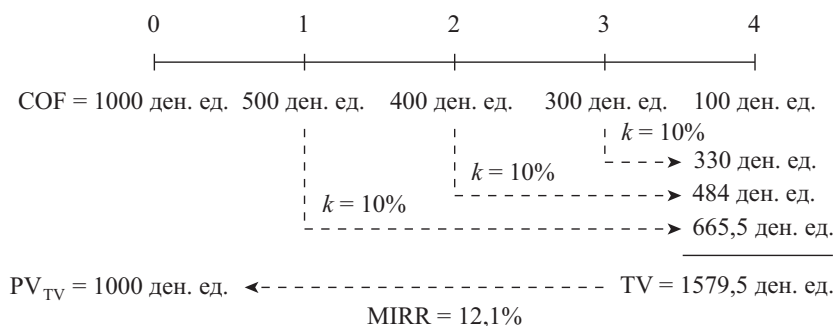


Рис. 19. Расчет MIRR проекта S

Критерий MIRR обладает значительными преимуществами по сравнению с IRR:

1. MIRR предполагает, что все денежные поступления по проекту реинвестируются по цене капитала.

2. MIRR решает проблему множественности IRR:

Например, по проекту M:

$$PV_{\text{инвестиций}} = -1,6 - \frac{10}{1,1^2} = -9,86446 \text{ (млн ден. ед.)};$$

$$TV = 10 \cdot 1,1 = 11 \text{ (млн ден. ед.)};$$

$$9,86446 = \frac{11}{(1 + \text{MIRR}_M)^2}; \quad \text{MIRR}_M = \sqrt{\frac{11}{9,86446}} - 1 = 0,055989,$$

т. е.  $\text{MIRR}_M \approx 5,6\%$ . При этом

$$NPV_M = -1,6 + \frac{10}{1,1} - \frac{10}{1,1^2} = -0,77355 \text{ (млн ден. ед.)}.$$

То есть  $\text{MIRR}_M < k = 10\%$  и  $NPV_M < 0$ , следовательно, проект не принимаем.

Справедливым будет тогда вопрос: можно ли использовать MIRR, так же как NPV, для выбора из альтернативных проектов? Здесь возможны варианты:

1. Если два проекта равны по масштабу и продолжительности (наш случай), то NPV и MIRR дают одинаковый ответ, т. е. если  $NPV_S > NPV_L$ , то и  $MIRR_S > MIRR_L$ , — противоречия в результатах нет.

2. Если проекты одинаковы по масштабу и различны по продолжительности, то MIRR и NPV приведут к одинаковому результату при условии, что MIRR рассчитана из продолжительности долгосрочного проекта (в этом случае для краткосрочного проекта недостающие денежные поступления берутся нулевыми).

3. Если альтернативные проекты существенно различаются по масштабу, можно прийти к противоречивым оценкам, т. е., сравнивая большой ( $N$ ) и маленький ( $P$ ) проекты, можно получить, что  $NPV_N > NPV_P$ , но  $MIRR_P > MIRR_N$ .

*Вывод:* MIRR предпочтительнее IRR в качестве характеристики реальной доходности проекта, но NPV все же лучше для анализа альтернативных проектов, различающихся по масштабу, поскольку он показывает определенно, насколько оптимальный проект увеличивает стоимость фирмы.

### 3.9. Сравнение критериев NPV и PI

Применение этих критериев при анализе альтернативных проектов может привести к противоречивым оценкам.

**Пример 24.** Есть два проекта:  $N$  (большой), требующий 5 млн ден. ед. вложений и обещающий 6 млн ден. ед. через год, и  $P$  (маленький) с величиной инвестиций 100 000 ден. ед. и притоком в сумме 130 000 ден. ед. также через год. Цена капитала для обоих проектов  $k = 10\%$ . Тогда

$$\begin{aligned} NPV_N &= -5\,000\,000 + \frac{6\,000\,000}{1,1} = -5\,000\,000 + 5\,454\,545 = \\ &= 454\,545 \text{ (ден. ед.);} \end{aligned}$$

$$NPV_P = -100\,000 + \frac{130\,000}{1,1} = -100\,000 + 118\,182 = 18\,182 \text{ (ден. ед.).}$$

$$PI_N = \frac{5\,454\,545 \text{ ден. ед.}}{5\,000\,000 \text{ ден. ед.}} = 1,09; \quad PI_P = \frac{118\,182 \text{ ден. ед.}}{100\,000 \text{ ден. ед.}} = 1,18.$$

$NPV_N > NPV_P$ , но при этом  $PI_P > PI_N$ , т. е. получили противоречие, которое можно разрешить так. Состояние акционеров повышается на величину NPV проекта, а, значит, предпочтение следует отдать проекту  $N$ .

Если же проекты  $N$  и  $P$  независимые, то принимаем оба проекта, поскольку для них  $NPV > 0$  и  $PI > 1$ .

### 3.10. Влияние изменения цены капитала на принятие инвестиционного решения

Допустим, фирма ожидает изменения цены капитала с течением времени либо в силу крупномасштабного изменения ситуации на рынке капиталов, либо вследствие изменения финансовой ситуации внутри фирмы. Тогда при расчете NPV учитываем этот фактор.

**Пример 25.** Пусть есть проект  $W$ , который требует инвестиций в размере 10 000 ден. ед., а ожидаемые в течение трех лет годовые поступления составят 4 100 ден. ед.

Если цена капитала предполагается постоянной и равной 10% в год, то

$$NPV_W = -10\,000 + \frac{4\,100}{1,1} + \frac{4\,100}{1,1^2} + \frac{4\,100}{1,1^3} = 196 \text{ (ден. ед.)}.$$

Если же, например, фирма ожидает роста цены капитала в течение трех лет ( $k_1 = 10\%$ ,  $k_2 = 12\%$ ,  $k_3 = 14\%$ ), тогда

$$\begin{aligned} NPV_W &= -10\,000 + \frac{4\,100}{1,1} + \frac{4\,100}{1,12 \cdot 1,1} + \frac{4\,100}{1,14 \cdot 1,12 \cdot 1,1} = \\ &= -26 \text{ (ден. ед.)}. \end{aligned}$$

Таким образом, проект  $W$  принимается, если  $k = \text{const}$ , и отвергается, если  $k$  растет в указанных пропорциях.

*Выводы:*

1. Если ожидаются изменения цены капитала в течение времени и их можно спрогнозировать, тогда NPV надо рассчитывать с учетом этих изменений.



2. Принятый при прежних условиях проект может быть отвергнут, если цена капитала возрастает.

3. Вне зависимости от прогноза динамики цены капитала  $IRR_W = 11,1\%$ , поэтому если  $k \neq \text{const}$ , то для сравнения IRR с ней следует воспользоваться средней величиной ожидаемых будущих  $k$ .

Эти три замечания служат дополнительными аргументами в пользу критерия NPV по сравнению с IRR.

4. Если специалисты компании полагают, что смогут сделать точный прогноз  $k$ , тогда ее изменения должны учитываться. В противном случае лучше пользоваться текущим значением  $k$  как наилучшей оценкой ее будущих значений, а это приводит к использованию постоянного значения  $k$ .

### 3.11. Сравнение критериев PP, NPV, IRR, PI и MIRR

Перечислим преимущества каждого критерия в отдельности:

1. Обыкновенный и дисконтированный сроки окупаемости дают информацию о риске и ликвидности проекта.

2. NPV показывает генерируемый проектом прирост благосостояния акционеров фирмы и потому является наилучшей характеристикой отдачи на вложенный капитал.

3. IRR содержит информацию о резерве безопасности проекта, которой нет в критерии NPV.

**Пример 26.** Имеется два инновационных проекта: проект  $X$  (незначительный) с инвестицией в 10 000 ден. ед. в момент  $t = 0$  и поступлением 16 500 ден. ед. в момент  $t = 1$  и проект  $Y$  (значительный) с инвестицией 100 000 ден. ед. в  $t = 0$  и поступлением 115 000 ден. ед. в  $t = 1$ .

При  $k = 10\%$  в год

$$NPV_X = -10\,000 + \frac{16\,500}{1,1} = 5\,000 \text{ (ден. ед.)};$$

$$NPV_Y = -100\,000 + \frac{115\,000}{1,1} = 4\,545 \text{ (ден. ед.)}.$$

Разница в NPV незначительна, т. е. выбор практически безразличен. Однако проект X оставляет больше свободы для маневра. Если, например, для X денежные поступления снизятся на 30%, тогда

$$NPV_X = -10\,000 + \frac{16\,500(1 - 0,3)}{1,1} = 500 \text{ (ден. ед.)} > 0.$$

Если для Y денежные поступления снизятся только на 5%, тогда

$$NPV_Y = -100\,000 + \frac{115\,000(1 - 0,05)}{1,1} = -682 \text{ (ден. ед.)} < 0.$$

Если поступлений вовсе не будет, в первом случае убыток составит 10 000 ден. ед., а во втором — 100 000 ден. ед.

То есть NPV практически не содержит информации о резерве безопасности проекта, если, конечно, не выполнять для него указанные расчеты.

IRR, напротив, обладает такой информацией. Рассчитаем IRR проектов X и Y:

$$10\,000 \text{ ден. ед.} = \frac{16\,500 \text{ ден. ед.}}{1 + IRR_X}; \quad IRR_X = \frac{16\,500}{10\,000} - 1 = 0,65 \text{ (65\%);}$$

$$100\,000 \text{ ден. ед.} = \frac{115\,000 \text{ ден. ед.}}{1 + IRR_Y}; \quad IRR_Y = \frac{115\,000}{100\,000} - 1 = 0,15 \text{ (15\%).}$$

Учитывая, что цена капитала обоих проектов составляет 10%, можно сделать вывод, что если в ходе реализации проекта X поступления существенно снизятся, он все равно останется прибыльным, чего нельзя сказать о проекте Y.

4. PI также дает информацию о резерве безопасности, т. к. он измеряет доход, приходящийся на единицу инвестиций.

Так, для проектов X и Y получаем:

$$PI_X = \frac{16\,500 \text{ ден. ед.} : 1,1}{10\,000 \text{ ден. ед.}} = 1,5; \quad PI_Y = \frac{115\,000 \text{ ден. ед.} : 1,1}{100\,000 \text{ ден. ед.}} = 1,05.$$

Сравнивая PI с единицей, нетрудно увидеть, что резерв безопасности у проекта X значительно выше, чем у Y.

5. MIRR не только обладает всеми достоинствами IRR, но также построена с учетом возможности реинвестирования полученных от

проекта средств и, кроме того, позволяет анализировать неординарные проекты.

*Вывод:* На практике следует рассчитывать и анализировать все пять критериев, поскольку каждый из них дает какую-то дополнительную информацию.

### **3.12. Анализ инновационных проектов с непрерывными денежными потоками**

Оценивая финансовую эффективность инновационных проектов, инвестор рассчитывает прежде всего такие количественные показатели, как NPV, PI, PP, IRR и MIRR. Все они зачастую на практике оцениваются, исходя из дискретных денежных потоков, относящихся к тем или иным временным интервалам, а именно, год, квартал или месяц.

Однако известно, что инвестиции могут состоять не только из капитальных вложений, осуществляемых в начале срока проекта, но также из текущих затрат на протяжении всего проекта. При этом нередко бывает так, что текущие затраты необходимо или просто более выгодно осуществлять равномерно, например, каждый день. Примером тому является обычное капитальное строительство.

С другой стороны, выручка от осуществления инновационного проекта может поступать на расчетный счет предприятия также более или менее равномерно, что, естественно, не является редкостью, учитывая практику бухгалтерского учета.

Исходя из таких предпосылок, становится важным оценивать непрерывные денежные потоки инвестиционных проектов.

В общем виде непрерывные денежные потоки можно подразделить на три группы (рис. 20). Рассмотрим подробнее каждый из обозначенных случаев.

**Постоянные во времени непрерывные денежные потоки.** Принимая во внимание тот факт, что оценка инвестиций на практике чаще всего производится на начало срока осуществления проекта, будем искать приведенную стоимость денежного потока (PV).

Если за  $i$  обозначить дискретную годовую ставку дисконта, за  $t$  — соответствующий год, а за  $n$  — общее количество лет проекта, тогда



Рис. 20. Виды непрерывных денежных потоков

дисконтный множитель для непрерывных денежных потоков ( $\tilde{a}_{n;i}$ ) можно найти по формуле

$$\int_0^n \frac{dt}{(1+i)^t} = \int_0^n (1+i)^{-t} dt = \left. \frac{(1+i)^{-t}}{-\ln(1+i)} \right|_0^n = \left. \frac{(1+i)^{-t}}{\ln(1+i)} \right|_n^0 = \frac{1 - (1+i)^{-n}}{\ln(1+i)} = \tilde{a}_{n;i}.$$

Переходя в последнем равенстве от дискретных годовых процентов  $i$  к непрерывным годовым процентам по ставке  $\delta$ , называемой силой роста, и учитывая в расчетах их эквивалентность, т. е.  $e^\delta = 1+i$ , получаем, что  $\delta = \ln(1+i)$ , а дисконтный множитель  $\tilde{a}_{n;i}$  превратится в множитель

$$\tilde{a}_{n;\delta} = \frac{1 - e^{-\delta n}}{\delta}.$$

Тогда современную (приведенную) стоимость постоянного непрерывного денежного потока можно найти по формуле

$$PV = R \tilde{a}_{n;\delta}.$$

**Пример 27.** Определить доходную часть NPV инновационного проекта, по которому ожидаются ежегодные поступления по 100 млн руб. в течение 10 лет. Поступления в пределах каждого года постоянны и непрерывны. Дискретная ставка дисконта — 10% годовых.

Доходная часть NPV проекта составит величину

$$PV = 100 \tilde{a}_{10;10\%} = 100 \frac{1 - 1,1^{-10}}{\ln 1,1} = 644,692 \text{ (млн руб.)}.$$

Если решить задачу приближенным методом, т. е. отнести ежегодные платежи к серединам годовых интервалов, то доходная часть NPV проекта будет равна

$$PV_{1/2} = 100 \tilde{a}_{10;10\%} \cdot 1,1^{\frac{1}{2}} = 100 \frac{1 - 1,1^{-10}}{0,1} 1,1^{\frac{1}{2}} = 644,478 \text{ (млн руб.)}.$$

Нетрудно заметить, что погрешность данного способа расчета незначительная.

Оценим, какова будет погрешность вычислений, если все денежные потоки сложить и отнести к середине общего срока проекта, т. е. к концу 5-го года:

$$PV = \frac{1\,000}{1,1^5} = 620,921 \text{ (млн руб.)}.$$

Ошибка, как видим, существенна, поэтому данный способ расчета на практике применять нельзя.

**Линейно изменяющиеся во времени непрерывные денежные потоки.** Обозначим за  $R_t$  денежный поток в момент времени  $t$ . Тогда линейно изменяющийся непрерывный денежный поток можно проиллюстрировать на рис. 21.

Из рис. 21 следуют соотношения:

$$R_n = R_0 + \Delta R; \quad R_t = R_0 + \frac{R_n - R_0}{n} t.$$

Известно, что приведенная стоимость непрерывного денежного потока в случае непрерывных процентов рассчитывается по формуле

$$PV = \int_0^n R_t e^{-\delta t} dt. \quad (7)$$

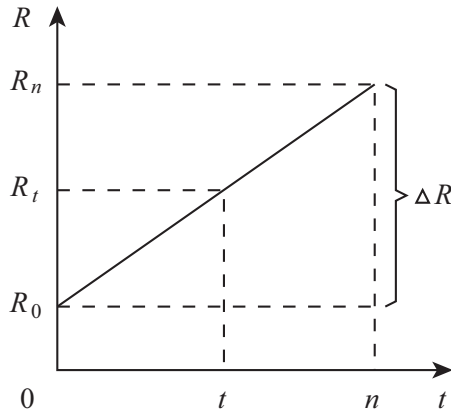


Рис. 21. Линейно изменяющийся непрерывный денежный поток

Подставляя в нее выражение для  $R_t$ , получаем, что

$$PV = R_0 \int_0^n e^{-\delta t} dt + \frac{R_n - R_0}{n} \int_0^n te^{-\delta t} dt.$$

Посчитаем отдельно оба интеграла в последнем соотношении.

$$\int_0^n e^{-\delta t} dt = \frac{e^{-\delta t}}{-\delta} \Big|_0^n = \frac{e^{-\delta n} - 1}{-\delta} = \frac{1 - e^{-\delta n}}{\delta}.$$

$$\begin{aligned} \int_0^n te^{-\delta t} dt &= \left[ \begin{array}{l} u = t, \quad du = dt \\ dv = e^{-\delta t} dt, \quad v = \frac{e^{-\delta t}}{-\delta} \end{array} \right] = \frac{te^{-\delta t}}{-\delta} \Big|_0^n + \frac{1}{\delta} \int_0^n e^{-\delta t} dt = \\ &= \frac{ne^{-\delta n}}{-\delta} - \frac{e^{-\delta t}}{\delta^2} \Big|_0^n = \frac{ne^{-\delta n}}{-\delta} - \frac{e^{-\delta n} - 1}{\delta^2} = \frac{1}{\delta} \left( \frac{1 - e^{-\delta n}}{\delta} - ne^{-\delta n} \right). \end{aligned}$$

С учетом этих результатов получаем, что

$$PV = R_0 \frac{1 - e^{-\delta n}}{\delta} + \frac{R_n - R_0}{n\delta} \left( \frac{1 - e^{-\delta n}}{\delta} - ne^{-\delta n} \right) =$$

$$= R_0 \tilde{a}_{n;\delta} + \frac{R_n - R_0}{n\delta} (\tilde{a}_{n;\delta} - ne^{-\delta n}).$$

Для дискретной ставки дисконта эта формула запишется в виде

$$PV = R_0 \tilde{a}_{n;i} + \frac{R_n - R_0}{n \ln(1+i)} (\tilde{a}_{n;i} - n(1+i)^{-n}). \quad (8)$$

**Пример 28.** Найти современную стоимость ожидаемого потока доходов инновационного проекта. Поток доходов состоит из трех периодов. В первом периоде длительностью 3 года отдача от проекта ежегодно увеличивается на 100 млн руб., причем в 1-м году (уровень на начало года) доход равен 200 млн руб. Во втором периоде длительностью 10 лет доход стабилен — ежегодно по 600 млн руб. В третьем периоде длительностью 3 года доход ежегодно уменьшается на 200 млн руб. Во всех периодах доход поступает непрерывно. Дискретная ставка дисконта — 10% годовых.

Покажем потоки доходов инновационного проекта на временной оси (рис. 22). Как видно из рисунка, в данном примере наблюдаются: 1) линейно изменяющийся непрерывный поток, 2) постоянный непрерывный поток и 3) еще один линейно изменяющийся непрерывный поток. В первом и третьем случаях применяется формула (7), а во втором случае — формула  $PV = R \tilde{a}_{n;i}$ .

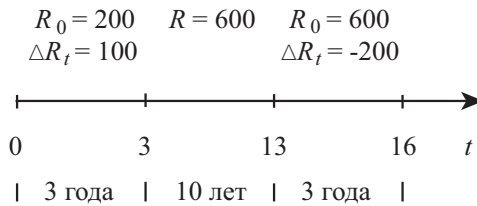


Рис. 22. Потоки доходов инновационного проекта (млн руб.)

Важно также не забывать дисконтировать полученные приведенные стоимости 2-й и 3-й рент в начало срока проекта за соответствующее число лет, после чего полученные результаты складываются.

Тогда получим искомую современную стоимость всех потоков доходов проекта.

Итак, найдем сначала современную стоимость 1-й ренты в начале срока проекта, т. е. в нуле:

$$PV_0^{(1)} = 200 \cdot \tilde{a}_{3;10\%} + \frac{100}{\ln 1,1} (\tilde{a}_{3;10\%} - 3 \cdot 1,1^{-3});$$

$$\tilde{a}_{3;10\%} = \frac{1 - 1,1^{-3}}{\ln 1,1} = 2,60922;$$

$$\begin{aligned} PV_0^{(1)} &= 200 \cdot 2,60922 + \frac{100}{\ln 1,1} (2,60922 - 3 \cdot 1,1^{-3}) = \\ &= 894,601 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

Теперь найдем современную стоимость 2-й ренты в нуле:

$$\begin{aligned} PV_0^{(2)} &= 600 \cdot \tilde{a}_{10;10\%} \cdot \frac{1}{1,1^3} = 600 \cdot \frac{1 - 1,1^{-10}}{\ln 1,1} \cdot \frac{1}{1,1^3} = \\ &= 2\,906,198 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

Современная стоимость 3-й ренты в нуле составит величину

$$\begin{aligned} PV_0^{(3)} &= \left[ 600 \cdot \tilde{a}_{3;10\%} - \frac{200}{\ln 1,1} (\tilde{a}_{3;10\%} - 3 \cdot 1,1^{-3}) \right] \frac{1}{1,1^3} = \\ &= \left[ 600 \cdot 2,60922 - \frac{200}{\ln 1,1} (2,60922 - 3 \cdot 1,1^{-3}) \right] \frac{1}{1,1^3} = \\ &= 237,53 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

В результате современная стоимость всех 3-х потоков доходов инновационного проекта будет равна

$$\begin{aligned} PV_0 &= PV_0^{(1)} + PV_0^{(2)} + PV_0^{(3)} = 894,601 + 2\,906,198 + 237,53 = \\ &= 4\,038,329 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

**Экспоненциально изменяющиеся во времени непрерывные денежные потоки.** В этом случае денежный поток в момент времени  $t$ , как следует из рис. 23, будет вычисляться по формуле

$$R_t = R_0 e^{\beta t},$$



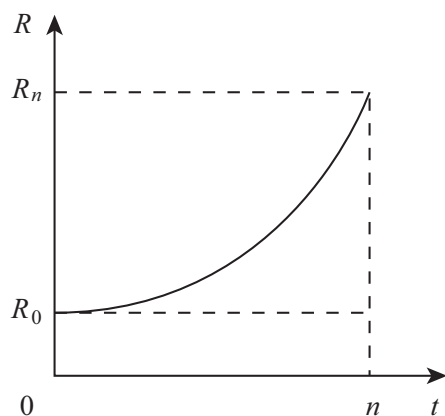


Рис. 23. Экспоненциально изменяющийся непрерывный денежный поток

где  $\beta$  – непрерывный темп прироста денежного потока.

Подставляя  $R_t$  в общую формулу (6) для PV, получим, что приведенная стоимость такого денежного потока составит величину

$$\begin{aligned} PV &= \int_0^n R_0 e^{\beta t} e^{-\delta t} dt = R_0 \int_0^n e^{(\beta-\delta)t} dt = R_0 \frac{e^{(\beta-\delta)t}}{\beta-\delta} \Big|_0^n = \\ &= R_0 \frac{e^{(\beta-\delta)n} - 1}{\beta-\delta} = R_0 \tilde{a}_{n;\beta-\delta}. \end{aligned}$$

**Пример 29.** Ожидается, что поток доходов по инновационному проекту будет непрерывен, причем поступления будут увеличиваться с ежегодным дискретным темпом прироста 10% годовых. Непрерывная ставка дисконта — 20% годовых. Найти коэффициент приведения (дисконтный множитель) для подобного рода ренты, если срок проекта составляет 5 лет.

Необходимо сначала от дискретного темпа прироста доходов перейти к непрерывному:

$$\beta = \ln 1,1.$$

Тогда коэффициент приведения ренты будет равен

$$\tilde{a}_{5;\ln 1,1-0,2} = \frac{e^{(\ln 1,1-0,2)^5} - 1}{\ln 1,1-0,2} = 3,892704.$$

### 3.13. Расчет дисконтного срока окупаемости инновационного проекта

Полученные в предыдущем параграфе соотношения для PV во всех трех рассмотренных случаях являются полезными не только для расчета показателей NPV, PI, IRR и MIRR, но и для оценки дисконтных сроков окупаемости инновационных проектов, которые в дальнейшем для удобства математических выкладок будем обозначать как  $n_{ок}$ .

Срок окупаемости инновационного проекта можно найти из соотношения

$$PV_{инвестиций} = PV_{доходов}. \quad (9)$$

В целях упрощения рассматриваемой математической модели примем следующее допущение. Пусть во времени распределены только доходы, а изначальные капитальные вложения ( $K$ ) осуществляются лишь в начале срока проекта. На практике это будет справедливым, если текущие затраты по проекту включать в величины соответствующих денежных потоков  $R$  или  $R_t$  со знаком “минус”.

Тогда для *непрерывного постоянного денежного потока* из соотношения (8) получаем, что

$$\begin{aligned} K &= R \frac{1 - e^{-\delta n_{ок}}}{\delta}; & e^{-\delta n_{ок}} &= 1 - \frac{K}{R} \delta; \\ -\delta n_{ок} &= \ln \left( 1 - \frac{K}{R} \delta \right); & n_{ок} &= \frac{-\ln \left( 1 - \frac{K}{R} \delta \right)}{\delta}. \end{aligned}$$

Для *линейно изменяющегося непрерывного денежного потока* выразить  $n_{ок}$  из конечной формулы для PV представляется достаточно сложным. Эту проблему на практике можно решить, используя, например, интерполяционный метод.

Для экспоненциально изменяющегося непрерывного денежного потока из конечной формулы для PV получаем, что

$$K = R_0 \frac{e^{(\beta-\delta)n_{\text{ок}}} - 1}{\beta - \delta}; \quad e^{(\beta-\delta)n_{\text{ок}}} = 1 + \frac{K}{R_0} (\beta - \delta);$$

$$n_{\text{ок}} = \frac{\ln \left( 1 + \frac{K}{R_0} (\beta - \delta) \right)}{\beta - \delta}.$$

Полученные два соотношения для сроков окупаемости проектов позволяют также достаточно быстро и эффективно сделать выводы о том, окупятся ли вообще проекты.

Так, например, для *постоянного непрерывного денежного потока* из условия неотрицательности выражения под логарифмом должно выполняться ограничение

$$1 - \frac{K}{R} \delta > 0; \quad \frac{K}{R} \delta < 1; \quad R > K\delta.$$

Аналогично для *экспоненциально изменяющегося непрерывного денежного потока* должно выполняться ограничение

$$1 + \frac{K}{R_0} (\beta - \delta) > 0; \quad 1 - \frac{K}{R_0} (\delta - \beta) > 0;$$

$$\frac{K}{R_0} (\delta - \beta) < 1; \quad R_0 > K(\delta - \beta).$$

Если соответствующее ограничение для проекта выполняется, то он окупится.

**Пример 30.** Единовременные инвестиции в инновационный проект в начале его срока составляют 4 млрд руб. Доход ожидается на уровне 0,7 млрд руб. в год в течение 10 лет. Дискретная ставка дисконта — 10% годовых. Определить дисконтный срок окупаемости проекта при условии, что поступления дохода происходят: 1) раз в конце года; 2) равномерно в пределах года; 3) в конце каждого месяца. Какой из трех вариантов будет наиболее выгодным для инвестора?

1. Когда поступления дохода происходят раз в конце года, имеем ежегодный аннуитет и тогда соотношение (8) подробно можно расписать как

$$K = R \frac{1 - (1 + i)^{-n_{\text{ок}}}}{i},$$

откуда после несложных преобразований получаем формулу

$$n_{\text{ок}} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{K}{R} i\right)}{\ln(1 + i)}. \quad (10)$$

Подставляя в нее данные задачи, получаем, что

$$n_{\text{ок}} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{4}{0,7} 0,1\right)}{\ln 1,1} = 8,89 \text{ (года)}.$$

2. Если поступления дохода происходят равномерно в пределах года, имеем непрерывный постоянный денежный поток и тогда используем формулу

$$n_{\text{ок}} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{K}{R} \delta\right)}{\delta}.$$

Подставляя в нее данные задачи, получаем, что

$$n_{\text{ок}} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{4}{0,7} \ln 1,1\right)}{\ln 1,1} = 8,25 \text{ (года)}.$$

3. Когда поступления дохода происходят в конце каждого месяца, получаем  $p$ -срочную ренту, т. е. аннуитет с платежами  $p$  раз в году. Приведенная стоимость  $p$ -срочной ренты постнумерандо находится по формуле

$$PV_{pst} = R a_{n;i}^{(p)} = R \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{p \left[ (1 + i)^{\frac{1}{p}} - 1 \right]}.$$

В этом случае соотношение (8) запишется в виде

$$K = R \frac{1 - (1 + i)^{-n_{\text{ок}}}}{p \left[ (1 + i)^{\frac{1}{p}} - 1 \right]},$$

откуда после несложных преобразований получаем формулу

$$n_{\text{ок}} = \frac{-\ln \left\{ 1 - \frac{K}{R} p \left[ (1 + i)^{\frac{1}{p}} - 1 \right] \right\}}{\ln(1 + i)}.$$

Подставляя в нее данные задачи, получаем, что

$$n_{\text{ок}} = \frac{-\ln \left\{ 1 - \frac{4}{0,7} 12 \left[ 1,1^{\frac{1}{12}} - 1 \right] \right\}}{\ln 1,1} = 8,3 \text{ (года)}.$$

Наиболее выгодным для инвестора получается 2-й вариант ренты, т. е. когда поступления дохода происходят равномерно в пределах года.

Заметим, что без учета временной стоимости денег срок окупаемости проекта следовало считать как

$$n_{\text{ок}} = \frac{K}{R} = \frac{4}{0,7} = 5,71 \text{ (года)},$$

что крайне далеко от истины.

**Пример 31.** Поток доходов по инновационному проекту непрерывен. При этом доходы ежегодно увеличиваются на 10%, а уровень начального дохода равен 25 млн руб. Капитальные вложения в начале срока проекта составляют 100 млн руб. Непрерывная ставка дисконта — 15% годовых. Найти дисконтный срок окупаемости проекта. Решить также задачу для случая постоянного непрерывного дохода, если в год доход составляет 25 млн руб.

Необходимо сначала от дискретного темпа прироста доходов перейти к непрерывному:

$$\beta = \ln 1,1.$$

Тогда получаем экспоненциально изменяющийся непрерывный денежный поток.

Срок окупаемости проекта в этом случае вычисляем по формуле

$$n_{\text{ок}} = \frac{\ln \left( 1 + \frac{K}{R_0} (\beta - \delta) \right)}{\beta - \delta}.$$

Подставляя в нее данные задачи, получаем, что

$$n_{\text{ок}} = \frac{\ln \left( 1 + \frac{100}{25} (\ln 1,1 - 0,15) \right)}{\ln 1,1 - 0,15} = 4,51 \text{ (года)}.$$

В случае постоянного непрерывного дохода используем формулу

$$n_{\text{ок}} = \frac{-\ln \left( 1 - \frac{K}{R} \delta \right)}{\delta}.$$

Подставляя в нее данные задачи, получаем, что

$$n_{\text{ок}} = \frac{-\ln \left( 1 - \frac{100}{25} 0,15 \right)}{0,15} = 6,109 \text{ (года)}.$$

**Пример 32.** Единовременные капитальные вложения в инновационный проект составляют 4 млрд руб. Ежегодная отдача от проекта — 0,2 млрд руб. Дискретная ставка дисконта — 10% годовых. Найти дисконтный срок окупаемости проекта.

В данном случае решение задачи сводится к анализу формулы (9), приведенной в примере 30. В числителе дроби выражение под знаком натурального логарифма должно быть положительным. Тогда

$$1 - \frac{K}{R} i > 0; \quad \frac{K}{R} i < 1; \quad R > Ki.$$

Подставляя данные нашей задачи, получаем

$$R = 0,2 < 0,4 = Ki,$$

что не соответствует последнему неравенству.

Проект никогда не окупится.

### 3.14. Задачи

#### Задача 1

Сравниваются по финансовой эффективности на начало срока два инновационных проекта. Денежные потоки по ним характеризуются следующими данными, которые относятся к окончаниям соответствующих лет (табл. 17).

Таблица 17

Денежные потоки инновационных проектов (млн руб.)

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6	Год 7
Проект А	-100	-150	50	150	200	200	
Проект В	-200	-50	50	100	100	200	200

Цена капитала обоих проектов — 10% годовых. Найти NPV, PI, PP, IRR, MIRR и ARR каждого проекта. Выбрать наиболее выгодный проект.

Р е ш е н и е

1. Рассчитаем NPV каждого проекта по формуле

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CIF_t - COF_t}{(1+k)^t},$$

где  $t$  — номер периода времени;

$n$  — общий срок проекта (количество периодов);

$CIF_t$  — денежный приток в периоде  $t$  (руб.);

$COF_t$  — денежный отток в периоде  $t$  (руб.);

$k$  — цена капитала проекта (фирмы) за период (%).

$$\begin{aligned} NPV_A &= -\frac{100}{1,1} - \frac{150}{1,1^2} + \frac{50}{1,1^3} + \frac{150}{1,1^4} + \frac{200}{1,1^5} + \frac{200}{1,1^6} = \\ &= -214,876 + 377,097 = 162,221 \text{ (млн руб.)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPV_B &= -\frac{200}{1,1} - \frac{50}{1,1^2} + \frac{50}{1,1^3} + \frac{100}{1,1^4} + \frac{100}{1,1^5} + \frac{200}{1,1^6} + \frac{200}{1,1^7} = \\ &= -223,14 + 383,486 = 160,346 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

$NPV_A > NPV_B$ , поэтому по этому критерию  $A \succ B$ .

2. Оценим PI каждого проекта по формуле

$$PI = \frac{PV_{\text{доходов}}}{PV_{\text{инвестиций}}} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{CIF_t}{(1+k)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{COF_t}{(1+k)^t}}.$$
$$PI_A = \frac{377,097}{214,876} = 1,755; \quad PI_B = \frac{383,486}{223,14} = 1,719.$$

$PI_A > PI_B$ , поэтому по этому критерию также  $A \succ B$ .

3. Дисконтный срок окупаемости (PP) каждого из проектов можно рассчитать двумя разными способами. Можно, например, вычислять NPV за соответствующее количество лет реализации проекта, начиная с одного года, пока не найдем момент времени, в котором NPV меняет знак с минуса на плюс. Это сложный способ. Другой, более простой способ заключается в том, что вычисляются NPV за соответствующее количество лет, начиная с последнего года до тех пор, пока NPV не сменил знак с положительного на отрицательный.

Для проекта A получим:

$$NPV_{5 \text{ лет}} = 162,221 - \frac{200}{1,1^6} = 49,326 \text{ (млн руб.)};$$

$$NPV_{4 \text{ лет}} = 49,326 - \frac{200}{1,1^5} = -74,858 \text{ (млн руб.)}.$$

Следовательно, момент окупаемости проекта будет где-то между 4-м и 5-м годом. Оценим его точное значение. Для этого дробную часть года рассчитываем следующим образом. Числитель дроби — это то, что осталось окупить после 4-х лет. Знаменатель — это временная стоимость денег, которые получим в 5-м году, т. е.  $\frac{200}{1,1^5}$ . Тогда срок окупаемости проекта A будет равен величине

$$PP_A = 4 + \frac{74,858}{124,184} = 4,603 \text{ (года)}.$$

Чтобы вычислить теперь дробную часть года в днях, умножаем 0,603 года на 365 дней. Получаем чуть более 220 дней. Поскольку в 220 дней не укладываемся, берем 221 день. В итоге



$$PP_A = 4 \text{ года и } 221 \text{ день.}$$

Проведем подобные расчеты для проекта  $B$ :

$$NPV_{6 \text{ лет}} = 160,346 - \frac{200}{1,1^7} = 57,714 \text{ (млн руб.)};$$

$$NPV_{5 \text{ лет}} = 57,714 - \frac{200}{1,1^6} = -55,18 \text{ (млн руб.)};$$

$$PP_B = 5 + \frac{55,18}{112,895} = 5,489 \text{ (года)};$$

$$PP_B = 5 \text{ лет и } 179 \text{ дней.}$$

Выгоднее тот проект, который быстрее окупится.  $PP_A < PP_B$ , поэтому по этому критерию также  $A \succ B$ .

4. Внутренняя доходность проекта (IRR) — это такая дисконтная ставка, которая уравнивает приведенные стоимости ожидаемых поступлений и инвестиций по проекту, т. е. когда  $NPV = 0$ :

$$\sum_{t=0}^n \frac{CIF_t - COF_t}{(1 + IRR)^t} = 0.$$

Внутреннюю доходность проекта из этой формулы выразить невозможно, т. к. в формуле присутствует полином  $n$ -й степени. Для решения этой проблемы можно использовать итерационные или интерполяционные методы. Одним из самых простых, на наш взгляд, является метод линейной интерполяции. Его идея заключается в том, что ставка IRR находится из условия  $NPV = 0$  последовательным приближением к ее истинному значению.

Для того чтобы получить формулу для нахождения IRR, строится график NPV в зависимости от ставки дисконта  $k$  (рис. 24). В точке  $D$  на графике  $NPV = 0$ , следовательно, в ней будет истинное значение ставки IRR. Чтобы найти значение ставки дисконта в этой точке, задается интервал интерполяции, а именно, выбирается произвольная ставка  $k_1$ , которой соответствует положительное значение  $NPV_1$ , и произвольная ставка  $k_2$ , которой соответствует отрицательное значение  $NPV_2$ . Затем полученные точки  $A$  и  $C$  на графике NPV соединяются прямой. Она пересекает горизонтальную ось в точке  $B$ .

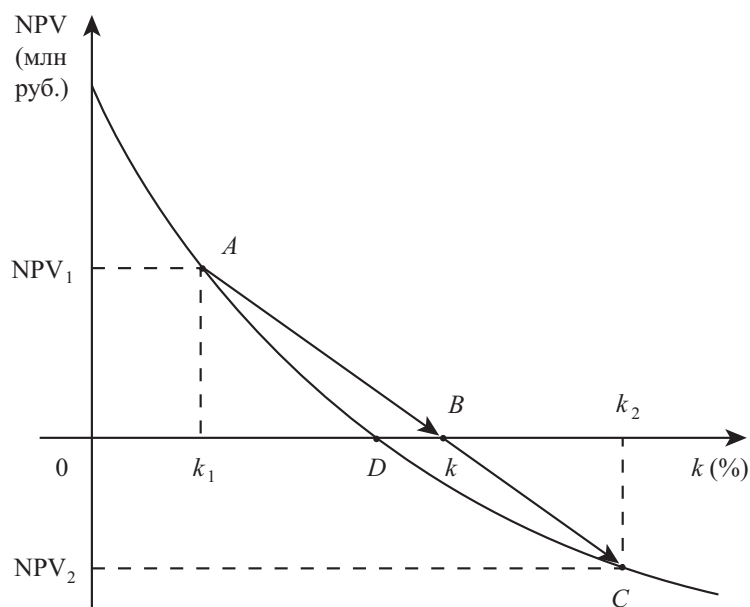


Рис. 24. NPV проекта в зависимости от ставки дисконта  $k$

Таким образом, в этой точке получается приближенное значение искомой ставки дисконта  $k$ .

На рис. 24 видно, что чем уже задан интервал интерполяции, тем ближе точка  $B$  будет располагаться к точке  $D$ , а значит, тем точнее будет найдено приближенное значение IRR.

Вектор  $\vec{AB}$  коллинеарен вектору  $\vec{AC}$ , тогда пропорциональны их координаты. Это условие запишется в виде уравнения

$$\frac{k - k_1}{k_2 - k_1} = \frac{0 - NPV_1}{NPV_2 - NPV_1},$$

откуда после несложных преобразований получаем, что

$$k = k_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2}(k_2 - k_1).$$

Окончательно можем записать, что

$$\text{IRR} = k_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2}(k_2 - k_1). \quad (11)$$

Для проверки полученное значение IRR подставляется в качестве ставки дисконта в формулу для NPV. Если  $\text{NPV} \neq 0$ , то ставка IRR уточняется. Для этого сужается интервал интерполяции. Полученный  $\text{NPV} \neq 0$  используется в качестве нового  $\text{NPV}_1$  или  $\text{NPV}_2$  в зависимости от его знака.

Итак, рассчитаем ставку IRR проекта А. Для этого зададим сначала интервал интерполяции:

$$\begin{aligned} \text{NPV}_{A(30\%)} &= -\frac{100}{1,3} - \frac{150}{1,3^2} + \frac{50}{1,3^3} + \frac{150}{1,3^4} + \frac{200}{1,3^5} + \frac{200}{1,3^6} = \\ &= 4,89806 \text{ (млн руб.)}; \\ \text{NPV}_{A(35\%)} &= -\frac{100}{1,35} - \frac{150}{1,35^2} + \frac{50}{1,35^3} + \frac{150}{1,35^4} + \frac{200}{1,35^5} + \frac{200}{1,35^6} = \\ &= -13,254524 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

Тогда по формуле (10) получаем, что

$$\text{IRR}_A = 0,3 + \frac{4,89806}{4,89806 + 13,254524}(0,35 - 0,3) = 0,313491.$$

Таким образом,  $\text{IRR}_A = 31,3491\%$ .

Если подставить найденную ставку  $\text{IRR}_A$  в формулу для NPV, получим  $\text{NPV}_A = -0,515627$  млн руб. Погрешность для нашего случая вполне допустимая, т. е. можно считать, что  $\text{NPV}_A \approx 0$ .

Выполним подобные расчеты для проекта В:

$$\begin{aligned} \text{NPV}_{B(25\%)} &= -\frac{200}{1,25} - \frac{50}{1,25^2} + \frac{50}{1,25^3} + \frac{100}{1,25^4} + \frac{100}{1,25^5} + \frac{200}{1,25^6} + \\ &+ \frac{200}{1,25^7} = 1,69984 \text{ (млн руб.)}; \\ \text{NPV}_{B(30\%)} &= -\frac{200}{1,3} - \frac{50}{1,3^2} + \frac{50}{1,3^3} + \frac{100}{1,3^4} + \frac{100}{1,3^5} + \frac{200}{1,3^6} + \frac{200}{1,3^7} = \\ &= -25,419453 \text{ (млн руб.)}; \end{aligned}$$

$$IRR_B = 0,25 + \frac{1,69984}{1,69984 + 25,419453}(0,3 - 0,25) = 0,253134.$$

Таким образом,  $IRR_B = 25,3134\%$ .

Если подставить найденную ставку  $IRR_B$  в формулу для NPV, получим  $NPV_B = -0,258281$  млн руб. С небольшой долей погрешности можно считать, что  $NPV_B \approx 0$ .

$IRR_A > IRR_B$  при одинаковой цене капитала  $k = 10\%$ , поэтому по этому критерию также  $A \succ B$ .

5. Для того, чтобы найти модифицированную внутреннюю доходность (MIRR) каждого проекта, необходимо данные табл. 8 подставить в формулу

$$\sum_{t=0}^n \frac{COF_t}{(1+k)^t} = \frac{\sum_{t=0}^n CIF_t(1+k)^{n-t}}{(1+MIRR)^n}. \quad (12)$$

Но при этом для того, чтобы полученные ставки MIRR были сравнимыми, надо уравнивать сроки проектов. В этом случае в качестве общего расчетного срока берется срок наиболее продолжительного проекта. В нашем примере это 7 лет. По этой причине положительные денежные потоки, т. е. доходы, проекта  $A$  при расчете MIRR реинвестируются до конца 7-го года.

Тогда оценим сначала ставку MIRR проекта  $A$ :

$$214,876 = \frac{50 \cdot 1,1^4 + 150 \cdot 1,1^3 + 200 \cdot 1,1^2 + 200 \cdot 1,1}{(1 + MIRR_A)^7};$$

$$214,876 = \frac{734,855}{(1 + MIRR_A)^7}; \quad MIRR_A = \sqrt[7]{\frac{734,855}{214,876}} - 1 = 0,192031.$$

Таким образом,  $MIRR_A = 19,2031\%$ .

Аналогично для проекта  $B$  получаем:

$$223,14 = \frac{50 \cdot 1,1^4 + 100 \cdot 1,1^3 + 100 \cdot 1,1^2 + 200 \cdot 1,1 + 200}{(1 + MIRR_B)^7};$$

$$223,14 = \frac{747,305}{(1 + MIRR_B)^7}; \quad MIRR_B = \sqrt[7]{\frac{747,305}{223,14}} - 1 = 0,188471.$$

Таким образом,  $MIRR_B = 18,8471\%$ .

$MIRR_A > MIRR_B$  при одинаковой цене капитала  $k = 10\%$ , поэтому по этому критерию также  $A \succ B$ .

6. Учетную доходность (ARR) каждого проекта можно найти по формуле

$$ARR = \frac{\overline{NI}}{\frac{1}{2}(IC + RV)},$$

где  $\overline{NI}$  — средняя годовая чистая прибыль проекта (руб.);

IC — сумма разновременных инвестиций в проект (руб.);

RV — остаточная или ликвидационная стоимость проекта (руб.).

$$ARR_A = \frac{(50 + 150 + 200 + 200) : 5 - (100 + 150) : 5}{(100 + 150 + 0) : 2} = 0,56;$$

$$ARR_B = \frac{(50 + 100 + 100 + 200 + 200) : 6 - (200 + 50) : 6}{(200 + 50 + 0) : 2} = 0,53,$$

т. е.  $ARR_A = 56\%$ , а  $ARR_B = 53\%$ .

$ARR_A > ARR_B$ , поэтому по этому критерию также  $A \succ B$ .

*Вывод:* По всем стандартным критериям выбора вложений капитала, т. е. NPV, PI, PP, IRR, MIRR и ARR, инновационный проект A более выгодный с финансовой точки зрения.

## Задача 2

По инновационному проекту планируются следующие размеры и сроки инвестиций: в начале 1-го года единовременные затраты на сумму 500 млн руб., во 2-м году — равномерные расходы на общую сумму 1 000 млн руб., в конце 3-го года единовременные затраты на сумму 300 млн руб. Отдачу от проекта планируют получать в течение 15 лет: в первые 3 года после завершения строительства — по 200 млн руб. ежегодно, далее в течение 10 лет — ежегодно по 600 млн руб., а в оставшиеся 2 года — ежегодно по 300 млн руб. Доходы поступают равномерно в пределах годовых интервалов. Цена капитала проекта — 10% годовых. Найти NPV проекта и сделать

вывод о его эффективности. Решить также задачу для случая, когда капитальные вложения в 1-м году составляют не 500 млн руб., а 1 700 млн руб.

**Решение.** Для наглядности представим денежные потоки по проекту на временной оси (рис. 25).

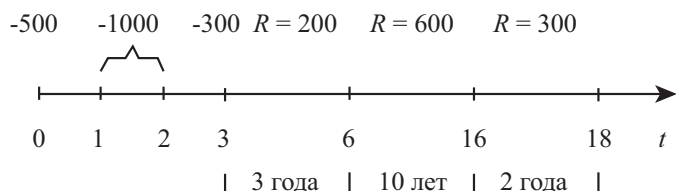


Рис. 25. Денежные потоки инновационного проекта (млн руб.)

В том случае, когда доходы или расходы происходят равномерно в пределах годовых интервалов, эти денежные потоки с незначительной долей погрешности можно отнести к серединам этих интервалов. Перейти от ренты постнумерандо (деньги в конце года) к обозначенной ренте можно с помощью множителя  $(1+k)^{\frac{1}{2}}$ . Тогда современная (приведенная) стоимость такой ренты будет вычисляться как

$$PV_{1/2} = PV_{\text{pst}}(1+k)^{\frac{1}{2}},$$

где  $PV_{\text{pst}}$  — современная стоимость ренты постнумерандо.

Кроме того, в нашем примере наблюдаются три аннуитета длительностью соответственно 3 года, 10 лет и 2 года. Напомним, что под аннуитетом в финансовых расчетах понимается рента, удовлетворяющая двум условиям: 1) денежные потоки происходят через одинаковые промежутки времени; 2) денежные потоки одинаковые по величине. В нашем примере приведенную стоимость каждого отдельного аннуитета необходимо продисконтировать к началу срока проекта соответственно за 3 года, 6 лет и 16 лет.

Саму приведенную стоимость ежегодного аннуитета постнумерандо можно найти по формуле

$$PV_{\text{pst}} = R a_{n;k} = R \frac{1 - (1+k)^{-n}}{k},$$

где  $R$  — ежегодный аннуитетный платеж (в руб.);

$a_{n;k}$  — дисконтный множитель ежегодного аннуитета постнумерандо со сроком  $n$  лет и ставкой  $k\%$  годовых.

Тогда NPV исследуемого проекта составит величину

$$\begin{aligned} NPV &= -500 - \frac{1\,000}{1,1^2} 1,1^{0,5} - \frac{300}{1,1^3} + \\ &+ \left[ 200 a_{3;10\%} \frac{1}{1,1^3} + 600 a_{10;10\%} \frac{1}{1,1^6} + 300 a_{2;10\%} \frac{1}{1,1^{16}} \right] 1,1^{0,5} = \\ &= -500 - \frac{1\,000}{1,1^{1,5}} - \frac{300}{1,1^3} + \\ &+ \left[ 200 \frac{1 - 1,1^{-3}}{0,1} \frac{1}{1,1^3} + 600 \frac{1 - 1,1^{-10}}{0,1} \frac{1}{1,1^6} + 300 \frac{1 - 1,1^{-2}}{0,1} \frac{1}{1,1^{16}} \right] \times \\ &\times 1,1^{0,5} = 1\,101,2 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

NPV получился больше нуля, поэтому инновационный проект в данном случае выгодный.

Решая задачу для случая, когда капитальные вложения в 1-м году составляют не 500 млн руб., а 1 700 млн руб., получаем, что

$$NPV_{\text{новый}} = NPV_{\text{старый}} - 1\,200 = 1\,101,2 - 1\,200 = -98,8 \text{ (млн руб.)}.$$

Здесь уже NPV меньше нуля, поэтому инновационный проект теперь невыгодный.

### Задача 3

Имеется инновационный проект. Единовременные капитальные вложения в него в начале срока составляют 12 млрд руб. Доход от проекта планируется получать в течение 6-ти лет по 4 млрд руб. в конце каждого года. Проект полностью финансируется за счет банковского кредита, который планируется погашать в рассрочку ежегодными платежами. Таким образом, цена капитала равна ставке по кредиту и составляет 10% годовых. (Налогам в данной задаче для

простоты расчетов пренебрегаем.) Найти NPV проекта, а также составить график погашения банковского кредита и получения дохода инвестором.

**Р е ш е н и е.** Найдем NPV проекта, используя, как и в предыдущем примере, приведенную стоимость дохода в виде ежегодного аннуитета:

$$NPV = -12 + 4 a_{6;10\%} = -12 + 4 \frac{1 - 1,1^{-6}}{0,1} = 5,421 \text{ (млрд руб.)}.$$

Теперь в табл. 18 составим график погашения банковского кредита и получения дохода инвестором. Используя данные таблицы, можно проще вычислить NPV проекта:

$$NPV = \frac{0,9948}{1,1^4} + \frac{4}{1,1^5} + \frac{4}{1,1^6} = 5,421 \text{ (млрд руб.)}.$$

Данный способ оправдан, поскольку в формуле для NPV числитель ( $CIF_t - COF_t$ ) представляет собой не что иное как чистый доход за период  $t$ , в нашем примере за год. Поэтому, дисконтируя его по той же ставке  $k = 10\%$ , получаем такое же значение NPV проекта.

#### Задача 4

Инновационный проект, требующий инвестиций в размере 160 млн руб., предполагает получение годового дохода в размере 30 млн руб. на протяжении 15 лет. Оценить целесообразность инвестиции в такой проект, если цена капитала — 15% годовых.

**Р е ш е н и е.** Целесообразность инвестирования в проект лучше проводить, используя набор стандартных критериев выбора вложений капитала, поскольку, во-первых, критерии могут давать противоречивые результаты в отношении альтернативных проектов и, во-вторых, каждый из критериев несет в себе дополнительную финансовую информацию о проекте.

Анализируя один проект, рассчитаем показатели NPV, PI, PP, IRR и MIRR, т. к. для отдельного проекта их есть с чем сравнивать. Критерий ARR оценивать не имеет смысла, поскольку в отсутствие альтернатив он ни с чем не сравнивается.



Таблица 18

**График погашения кредита и получения дохода инвестором**  
(млрд руб.)

Год	Денежный поток	Остаток задолженности	Проценты по кредиту	Погашение основного долга	Доход инвестора
0	-12	12	—	—	—
1	4	9,2	1,2	2,8	—
2	4	6,12	0,92	3,08	—
3	4	2,732	0,612	3,388	—
4	4	—	0,2732	2,732	0,9948
5	4	—	—	—	4
6	4	—	—	—	4

1. Рассчитаем NPV проекта, учитывая тот факт, что доход по нему представляет из себя ежегодный аннуитет:

$$\begin{aligned} NPV &= -160 + 30 a_{15;15\%} = -160 + 30 \frac{1 - 1,15^{-15}}{0,15} = \\ &= -160 + 175,421 = 15,421 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

2. Вычислим индекс доходности:

$$PI = \frac{175,421}{160} = 1,096.$$

3. Оценим дисконтный срок окупаемости методом, изложенным в задаче 1:

$$\begin{aligned} NPV_{11 \text{ лет}} &= 2,618 - \frac{30}{1,15^{12}} = -2,989 \text{ (млн руб.)}; \\ PP &= 11 + \frac{2,989}{5,607} = 11,533 \text{ (года)}, \text{ т. е. } 11 \text{ лет и } 195 \text{ дней}. \end{aligned}$$

4. Для того чтобы найти ставку IRR, решим уравнение:

$$160 = 30 a_{15;IRR}; \quad a_{15;IRR} = \frac{160}{30} = 5,333333.$$

По финансовым таблицам можно установить, что внутренняя доходность  $IRR \in (16\%; 18\%)$ . Тогда найдем ее методом линейной интерполяции согласно рис. 26 по формуле:

$$IRR = k_1 + \frac{a - a_1}{a_2 - a_1} (k_2 - k_1).$$

В результате получим:

$$\begin{aligned} a_{15;16\%} &= \frac{1 - 1,16^{-15}}{0,16} = 5,575456; & a_{15;18\%} &= \frac{1 - 1,18^{-15}}{0,18} = 5,091578; \\ IRR &= 0,16 + \frac{5,333333 - 5,575456}{5,091578 - 5,575456} (0,18 - 0,16) = 0,170008, \text{ т. е. } 17\%. \end{aligned}$$

Проверим результат:

$$a_{15;17\%} = \frac{1 - 1,17^{-15}}{0,17} = 5,324187 \approx 5,333333.$$

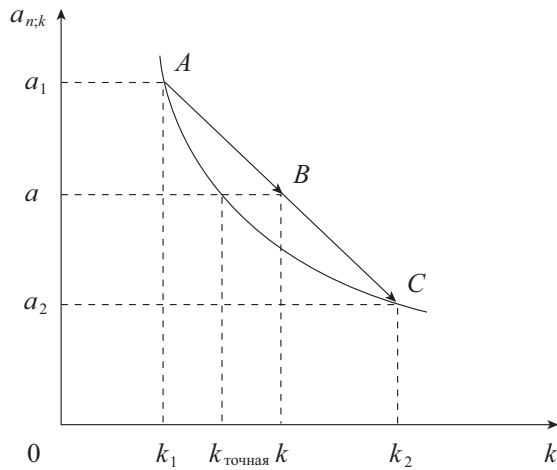


Рис. 26. График изменения дисконтного множителя  $a_{n;k}$  в зависимости от ставки  $k$

5. Ставку MIRR можно найти из уравнения (11). В нашем примере в правой части уравнения в числителе дроби вычисляется будущая стоимость ежегодного аннуитета постнумерандо:

$$FV_{\text{pst}} = R s_{n;k} = R \frac{(1+k)^n - 1}{k},$$

где  $R$  — ежегодный аннуитетный платеж (руб.);

$s_{n;k}$  — множитель наращенного ежегодного аннуитета со сроком  $n$  лет и ставкой  $k\%$  годовых.

Тогда подстановка в уравнение (11) даст

$$160 = \frac{30 s_{15;15\%}}{(1 + \text{MIRR})^{15}}; \quad \text{MIRR} = \sqrt[15]{\frac{30 s_{15;15\%}}{160}} - 1;$$

$$s_{15;15\%} = \frac{1,15^{15} - 1}{0,15} = 47,580411;$$

$$\text{MIRR} = \sqrt[15]{\frac{30 \cdot 47,580411}{160}} - 1 = 0,157076, \text{ т. е. } 15,7076\%.$$

Инновационный проект эффективен, поскольку выполняется:

$$\begin{aligned} NPV > 0; \quad PI > 1; \quad PP < 15 \text{ лет;} \\ IRR > 15\%; \quad MIRR > 15\%. \end{aligned}$$

### Задача 5

Инновационный проект, рассчитанный на 15 лет, требует инвестиций в размере 150 млн руб. В первые 5 лет никаких поступлений не ожидается, а в последующие 10 лет ежегодный доход составит 50 млн руб. Следует ли принять этот проект, если цена капитала — 15% годовых?

**Решение.** Покажем денежные потоки проекта на временной оси (рис. 27).

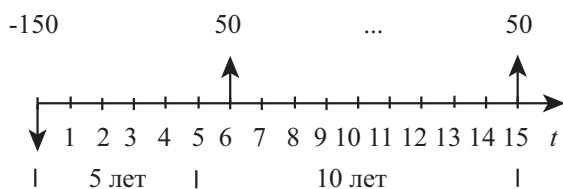


Рис. 27. Денежные потоки инновационного проекта (млн руб.)

1. Рассчитаем NPV проекта, учитывая, что приведенную стоимость аннуитетного дохода, полученную на конец 5-го года, необходимо дисконтировать в 0 за 5 лет:

$$\begin{aligned} NPV &= -150 + 50 \frac{1 - 1,15^{-10}}{0,15} \frac{1}{1,15^5} = \\ &= -150 + 145,359 = -4,641 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

2. Оценим индекс доходности:

$$PI = \frac{145,359}{150} = 0,969.$$

3. Отрицательный NPV говорит о том, что проект не окупится, поэтому рассчитывать срок окупаемости не имеет смысла.

4. По этой же причине нет смысла вычислять ставку IRR, поскольку она получится отрицательной.

5. Найдем ставку MIRR из уравнения (11):

$$150 = \frac{50 s_{10;15\%}}{(1 + \text{MIRR})^{15}}; \quad \text{MIRR} = \sqrt[15]{\frac{50 s_{10;15\%}}{150}} - 1;$$

$$s_{10;15\%} = \frac{1,15^{10} - 1}{0,15} = 20,303718;$$

$$\text{MIRR} = \sqrt[15]{\frac{50 \cdot 20,303718}{150}} - 1 = 0,135962, \text{ т. е. } 13,5962\%.$$

Инновационный проект неэффективен, поскольку выполняется:

$$\text{NPV} < 0; \quad \text{PI} < 1; \quad \text{PP} \not< 15 \text{ лет};$$

$$\text{IRR} < 15\%; \quad \text{MIRR} < 15\%.$$

## Задача 6

Рассматриваются два альтернативных проекта, представленные в табл. 19.

Таблица 19

**Денежные потоки инновационных проектов (тыс. руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
Проект А	-50 000	15 625	15 625	15 625	15 625	15 625
Проект В	-80 000	—	—	—	—	140 000

Сделать выбор одного из проектов при  $k = 5\%$  и при  $k = 10\%$ . Найти точку Фишера.

**Решение.** Покажем денежные потоки проектов на временной оси (рис. 28). Сверху на рисунке отражены потоки проекта А, а снизу — проекта В.

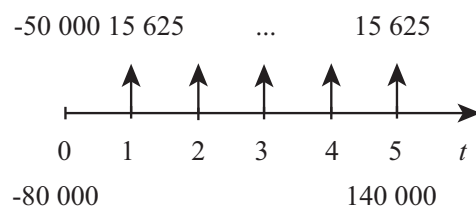


Рис. 28. Денежные потоки инновационных проектов (тыс. руб.)

Выбор оптимального проекта будем проводить по всему набору шести стандартных критериев, т. е. NPV, PI, PP, IRR, MIRR, ARR.

1. Произведем расчеты для случая  $k = 5\%$ .

$$\begin{aligned} NPV_A &= -50\,000 + 15\,625 a_{5;5\%} = -50\,000 + 15\,625 \frac{1 - 1,05^{-5}}{0,05} = \\ &= -50\,000 + 67\,648,073 = 17\,648,073 \text{ (тыс. руб.);} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPV_B &= -80\,000 + \frac{140\,000}{1,05^5} = -80\,000 + 109\,693,663 = \\ &= 29\,693,663 \text{ (тыс. руб.).} \end{aligned}$$

$$PI_A = \frac{67\,648,073}{50\,000} = 1,353; \quad PI_B = \frac{109\,693,663}{80\,000} = 1,371.$$

$$NPV_{A(4 \text{ лет})} = 17\,648,073 - \frac{15\,625}{1,05^5} = 5\,405,477 \text{ (тыс. руб.);}$$

$$NPV_{A(3 \text{ лет})} = 5\,405,477 - \frac{15\,625}{1,05^4} = -7\,449,25 \text{ (тыс. руб.);}$$

$$PP_A = 3 + \frac{7\,449,25}{12\,854,726} = 3,579 \text{ (года), т. е. 3 года и 212 дней.}$$

$$NPV_{B(4 \text{ лет})} = -80\,000 \text{ (тыс. руб.);}$$

$$PP_B = 4 + \frac{80\,000}{140\,000} = 4 + \frac{80\,000}{109\,693,663} = 4,729 \text{ (года),}$$

$$\frac{80\,000}{1,05^5}$$

т. е. 4 года и 267 дней.

$$50\,000 = 15\,625 a_{5;\text{IRR}_A}; \quad a_{5;\text{IRR}_A} = \frac{50\,000}{15\,625} = 3,2;$$

$$\text{IRR}_A \in (16\%; 18\%);$$

$$a_{5;16\%} = \frac{1 - 1,16^{-5}}{0,16} = 3,274294; \quad a_{5;18\%} = \frac{1 - 1,18^{-5}}{0,18} = 3,127171;$$

$$\text{IRR}_A = 0,16 + \frac{3,2 - 3,274294}{3,127171 - 3,274294}(0,18 - 0,16) = 0,171, \text{ т. е. } 17,1\%;$$

$$a_{5;17,1\%} = \frac{1 - 1,171^{-5}}{0,171} = 3,192006 \approx 3,2.$$

$$80\,000 = \frac{140\,000}{(1 + \text{IRR}_B)^5};$$

$$\text{IRR}_B = \sqrt[5]{\frac{140\,000}{80\,000}} - 1 = 0,118427, \text{ т. е. } 11,8427\%.$$

$$50\,000 = \frac{15\,625 s_{5;5\%}}{(1 + \text{MIRR}_A)^5}; \quad \text{MIRR}_A = \sqrt[5]{\frac{15\,625 s_{5;5\%}}{50\,000}} - 1;$$

$$s_{5;5\%} = \frac{1,05^5 - 1}{0,05} = 5,525631;$$

$$\text{MIRR}_A = \sqrt[5]{\frac{15\,625 \cdot 5,525631}{50\,000}} - 1 = 0,11544, \text{ т. е. } 11,544\%.$$

$$80\,000 = \frac{140\,000}{(1 + \text{MIRR}_B)^5}; \quad \text{MIRR}_B = 11,8427\%.$$

$$\text{ARR}_A = \frac{15\,625 - 50\,000 : 5}{50\,000 : 2} = 0,225, \text{ т. е. } 22,5\%;$$

$$\text{ARR}_B = \frac{(140\,000 - 80\,000) : 5}{80\,000 : 2} = 0,3, \text{ т. е. } 30\%.$$

В результате получено, что

$$\text{NPV}_B > \text{NPV}_A; \quad \text{PI}_B > \text{PI}_A; \quad \text{PP}_A < \text{PP}_B;$$

$$\text{IRR}_A > \text{IRR}_B; \quad \text{MIRR}_B > \text{MIRR}_A; \quad \text{ARR}_B > \text{ARR}_A.$$

В данном случае как раз наблюдаются противоречия результатов анализа, о которых упоминалось в задаче 4. Однако на практике больше всего следует доверять критериям NPV и MIRR, т. к. NPV

показывает, насколько реально увеличится благосостояние инвесторов в результате реализации проекта, а MIRR учитывает возможности мгновенного реинвестирования доходов, полученных от проекта, и позволяет разрешить проблему возможной множественности значений IRR. Поэтому по этим критериям принимаем решение, что  $B \succ A$ .

2. Произведем расчеты для случая  $k = 10\%$ .

$$\begin{aligned} NPV_A &= -50\,000 + 15\,625 \frac{1 - 1,1^{-5}}{0,1} = -50\,000 + 59\,231,043 = \\ &= 9\,231,043 \text{ (тыс. руб.)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPV_B &= -80\,000 + \frac{140\,000}{1,1^5} = -80\,000 + 86\,928,985 = \\ &= 6\,928,985 \text{ (тыс. руб.)}. \end{aligned}$$

$$PI_A = \frac{59\,231,043}{50\,000} = 1,185; \quad PI_B = \frac{86\,928,985}{80\,000} = 1,087.$$

$$NPV_{A(4 \text{ лет})} = 9\,231,043 - \frac{15\,625}{1,1^5} = -470,853 \text{ (тыс. руб.)};$$

$$PP_A = 4 + \frac{470,853}{9\,701,896} = 4,049 \text{ (года)}, \text{ т. е. 4 года и 18 дней.}$$

$$NPV_{B(4 \text{ лет})} = -80\,000 \text{ (тыс. руб.)};$$

$$PP_B = 4 + \frac{80\,000}{140\,000} = 4 + \frac{80\,000}{86\,928,985} = 4,920291 \text{ (года)},$$

т. е. 4 года и 336 дней.

$$IRR_A = 17,1\%; \quad IRR_B = 11,8427\%.$$

$$MIRR_A = \sqrt[5]{\frac{15\,625 s_{5;10\%}}{50\,000}} - 1; \quad s_{5;10\%} = \frac{1,1^5 - 1}{0,1} = 6,1051;$$

$$MIRR_A = \sqrt[5]{\frac{15\,625 \cdot 6,1051}{50\,000}} - 1 = 0,137912, \text{ т. е. } 13,7912\%.$$

$$MIRR_B = 11,8427\%.$$

$$ARR_A = 22,5\%; \quad ARR_B = 30\%.$$



В результате получено, что

$$\begin{aligned} NPV_A > NPV_B; \quad PI_A > PI_B; \quad PP_A < PP_B; \\ IRR_A > IRR_B; \quad MIRR_A > MIRR_B; \quad ARR_B > ARR_A. \end{aligned}$$

То есть почти по всем критериям, за исключением ARR,  $A > B$ .

3. Найдем точку Фишера, т. е. ставку дисконта (цену капитала), при которой NPV проектов одинаковы. Для этого составим сначала приростный денежный поток ( $\Delta CF_t = CF_{Bt} - CF_{At}$ ) в табл. 20. Проиллюстрируем его также на рис. 29. Методом линейной интерполяции найдем его ставку IRR.

Таблица 20

**Приростный денежный поток  
 $\Delta CF_t$  (тыс. руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2
$\Delta CF_t$	-30 000	-15 625	-15 625
	Год 3	Год 4	Год 5
$\Delta CF_t$	-15 625	-15 625	124 375

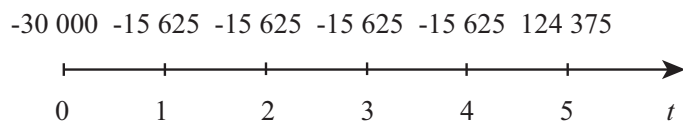


Рис. 29. Приростный денежный поток  $\Delta CF_t$  (тыс. руб.)

Первая итерация:

$$\begin{aligned} NPV_{\Delta CF_t(10\%)} &= -30\,000 - 15\,625 \frac{1 - 1,1^{-4}}{0,1} + \frac{124\,375}{1,1^5} = \\ &= -2\,302,058 \text{ (тыс. руб.)}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NPV_{\Delta CF_t(8\%)} &= -30\,000 - 15\,625 \frac{1 - 1,08^{-4}}{0,08} + \frac{124\,375}{1,08^5} = \\
&= 2\,895,553 \text{ (тыс. руб.)}; \\
IRR_{\Delta CF_t} &= k_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2}(k_2 - k_1) = \\
&= 0,08 + \frac{2\,895,553}{2\,895,553 + 2\,302,058}(0,1 - 0,08) = 0,091142, \text{ т. е. } 9,1142\%.
\end{aligned}$$

Проверка:

$$\begin{aligned}
NPV_{\Delta CF_t(9,1142\%)} &= -30\,000 - 15\,625 \frac{1 - 1,091142^{-4}}{0,091142} + \frac{124\,375}{1,091142^5} = \\
&= -80,909 \text{ (тыс. руб.)}.
\end{aligned}$$

Проверка не дала результата  $NPV \approx 0$ , поэтому уточним ставку на второй итерации:

$$\begin{aligned}
NPV_{\Delta CF_t(9\%)} &= -30\,000 - 15\,625 \frac{1 - 1,09^{-4}}{0,09} + \frac{124\,375}{1,09^5} = \\
&= 214,593 \text{ (тыс. руб.)};
\end{aligned}$$

$$IRR_{\Delta CF_t} = 0,09 + \frac{214,593}{214,593 + 80,909}(0,091142 - 0,09) = 0,090829,$$

т. е. 9,0829%.

Проверка:

$$\begin{aligned}
NPV_{\Delta CF_t(9,0829\%)} &= -30\,000 - 15\,625 \frac{1 - 1,090829^{-4}}{0,090829} + \frac{124\,375}{1,090829^5} = \\
&= -0,129624 \text{ (тыс. руб.)}.
\end{aligned}$$

Получили  $NPV \approx 0$ , следовательно, точка Фишера — это дисконтная ставка  $k = 9,0829\%$ .

## Задача 7

Рассматриваются два альтернативных инновационных проекта (табл. 21).

Таблица 21

**Денежные потоки инновационных  
проектов (млн руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3
Проект А	-100	90	45	9
Проект В	-100	10	50	100

Требуется: а) найти точку Фишера; б) сделать выбор проекта при  $k = 8\%$  и при  $k = 15\%$ .

**Решение.** Составим сначала приростный денежный поток  $\Delta CF_t = CF_{Bt} - CF_{At}$ . Начиная с 1-го года, он составит по годам величины  $(-80; 5; 91)$ . Тогда найдем его ставку IRR:

$$80 = \frac{5}{1 + \text{IRR}} + \frac{91}{(1 + \text{IRR})^2}; \quad 80 \cdot \text{IRR}^2 + 155 \cdot \text{IRR} - 16 = 0;$$

$$\text{IRR}_{1,2} = \frac{-155 \pm 170,719}{160}; \quad \text{IRR}_{\Delta CF_t} = 9,8244\%.$$

Проверка:

$$\begin{aligned} \text{NPV}_{\Delta CF_t(9,8244\%)} &= -80 + \frac{5}{1,098244} + \frac{91}{1,098244^2} = \\ &= -0,000024 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

Теперь для того, чтобы выбрать оптимальный проект при ставках  $k = 8\%$  и  $k = 15\%$ , достаточно схематично построить графики NPV проектов (рис. 30). При этом NPV каждого проекта при ставке  $k = 0\%$  получается простым суммированием его денежных потоков из табл. 21. А поскольку оба проекта ординарные, графики их NPV пересекаются только в одной точке, которую мы нашли.

На рис. 30 нетрудно заметить, что

при  $k = 8\%$ :  $\text{NPV}_B > \text{NPV}_A$  и поэтому  $B \succ A$ ;

при  $k = 15\%$ :  $\text{NPV}_A > \text{NPV}_B$  и поэтому  $A \succ B$ .

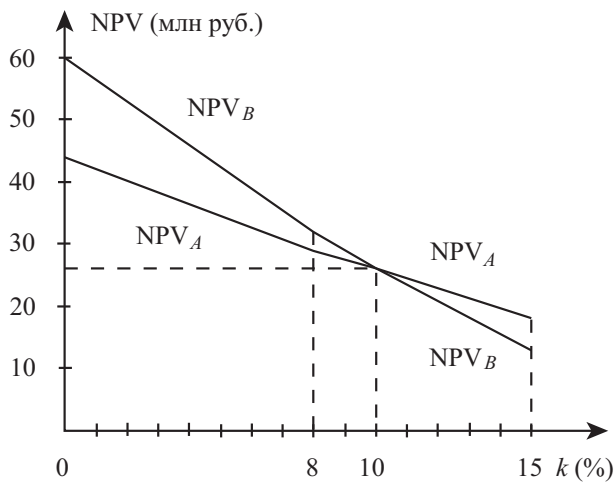


Рис. 30. Графики NPV проектов

### Задача 8

Вычислить NPV, IRR и MIRR инновационного проекта с денежным потоком по годам  $(-1; 8; -14; 7)$ . Цена капитала равна 10% годовых. Сделать вывод об эффективности проекта.

Решение

1. Рассчитаем NPV проекта:

$$NPV = -1 + \frac{8}{1,1} - \frac{14}{1,1^2} + \frac{7}{1,1^3} = -0,038317.$$

2. Найдем IRR проекта:

$$1 = \frac{8}{1 + IRR} - \frac{14}{(1 + IRR)^2} + \frac{7}{(1 + IRR)^3};$$

$$(1 + IRR)^3 = 8(1 + IRR)^2 - 14(1 + IRR) + 7;$$

$$IRR^3 - 5 \cdot IRR^2 + IRR = 0; \quad IRR(IRR^2 - 5 \cdot IRR + 1) = 0;$$

$$\begin{aligned} \text{IRR}_1 &= 0; & \text{IRR}_{2,3} &= \frac{5 \pm 4,582576}{2}; \\ \text{IRR}_2 &= 20,87\%; & \text{IRR}_3 &= 479,13\%. \end{aligned}$$

Получили несколько значений IRR, т. к. проект неординарный.

3. Вычислим MIRR проекта:

$$\begin{aligned} 1 + \frac{14}{1,1^2} &= \frac{8 \cdot 1,1^2 + 7}{(1 + \text{MIRR})^3}; & 12,570248 &= \frac{16,68}{(1 + \text{MIRR})^3}; \\ \text{MIRR} &= \sqrt[3]{\frac{16,68}{12,570248}} - 1 = 0,098881, & \text{т. е. } &9,8881\%. \end{aligned}$$

Проект неэффективен, т. к. NPV < 0 и MIRR < 10%.

## Задача 9

Проанализировать два альтернативных инновационных проекта (табл. 22), если цена инвестированного капитала равна 10%.

Таблица 22

### Денежные потоки инновационных проектов (млн руб.)

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект А	-100	120			
Проект В	-100	—	—	—	174

Р е ш е н и е

1. Рассчитаем NPV проектов:

$$\text{NPV}_A = -100 + \frac{120}{1,1} = -100 + 109,091 = 9,091 \text{ (млн руб.)};$$

$$\text{NPV}_B = -100 + \frac{174}{1,1^4} = -100 + 118,844 = 18,844 \text{ (млн руб.)}.$$

2. Вычислим индексы PI проектов:

$$\text{PI}_A = \frac{109,091}{100} = 1,091; \quad \text{PI}_B = \frac{118,844}{100} = 1,188.$$

3. Найдем сроки окупаемости проектов:

$$PP_A = \frac{100}{109,091} = 0,917 \text{ (года), т. е. 335 дней};$$

$$PP_B = 3 + \frac{100}{118,844} = 3,841 \text{ (года), т. е. 3 года и 308 дней}.$$

4. Рассчитаем ставки IRR проектов:

$$100 = \frac{120}{1 + IRR_A}; \quad IRR_A = \frac{120}{100} - 1 = 0,2, \text{ т. е. } 20\%;$$

$$100 = \frac{174}{(1 + IRR_B)^4}; \quad IRR_B = \sqrt[4]{\frac{174}{100}} - 1 = 0,148517, \text{ т. е. } 14,8517\%.$$

5. Вычислим ставки MIRR проектов:

$$100 = \frac{120 \cdot 1,1^3}{(1 + MIRR_A)^4};$$

$$MIRR_A = \sqrt[4]{\frac{120 \cdot 1,1^3}{100}} - 1 = 0,12419, \text{ т. е. } 12,419\%;$$

$$MIRR_B = 14,8517\%.$$

6. Найдем ставки ARR проектов:

$$ARR_A = \frac{120 - 100}{100 : 2} = 0,4, \text{ т. е. } 40\%;$$

$$ARR_B = \frac{(174 - 100) : 4}{100 : 2} = 0,37, \text{ т. е. } 37\%.$$

В результате получили, что

$$\begin{aligned} NPV_B > NPV_A; \quad PI_B > PI_A; \quad PP_A < PP_B; \\ IRR_A > IRR_B; \quad MIRR_B > MIRR_A; \quad ARR_A > ARR_B. \end{aligned}$$

Следовательно, большинство критериев, включая NPV и MIRR, свидетельствуют о том, что  $B \succ A$ .

Однако анализируемые проекты серьезно различаются по срокам, поэтому необходимо провести их дальнейшее исследование, которое позволит принять более обоснованное решение о выборе оптимального проекта. Для решения этой проблемы наиболее целесообразно использовать метод цепного повтора проектов, который применяется в случае, когда проекты можно периодически повторять.

Идея первого способа расчета методом цепного повтора представлена на рис. 31. Здесь мы периодически повторяем денежные потоки короткого проекта  $A$ , каждый раз запуская его снова, пока не закончится срок длительного проекта  $B$ . Эти денежные потоки показаны выше временной оси. Итоговый денежный поток, который получается в этом случае, показан ниже временной оси.

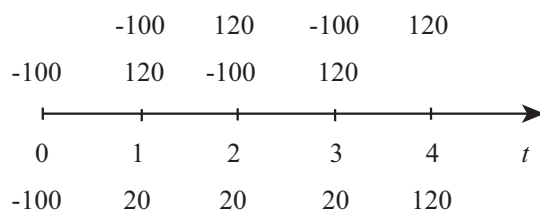


Рис. 31. Первый способ расчета методом цепного повтора

Тогда NPV повторяющегося проекта  $A$  за 4 года составит

$$NPV_{\Sigma A} = -100 + 20 \frac{1 - 1,1^{-3}}{0,1} + \frac{120}{1,1^4} = 31,699 \text{ (млн руб.)}.$$

Это больше  $NPV_B = 18,844$  млн руб., поэтому  $A \succ B$ .

Второй способ расчета методом цепного повтора заключается в том, что дисконтируются NPV короткого проекта  $A$ , который периодически запускается по описанной выше схеме (рис. 32). Затем полученные результаты суммируются.

Чтобы вычислить современную стоимость такого денежного потока, используем формулу современной стоимости ежегодного аннуитета пренумерандо (деньги в начале года):

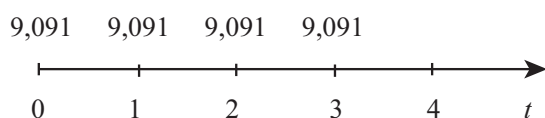


Рис. 32. Второй способ расчета методом цепного повтора

$$PV_{\text{pre}} = R \ddot{a}_{n;k} = R \frac{1 - (1+k)^{-n}}{k} (1+k),$$

где  $R$  — ежегодный аннуитетный платеж (руб.);

$\ddot{a}_{n;k}$  — дисконтный множитель ежегодного аннуитета пренумерандо со сроком  $n$  лет и ставкой  $k\%$  годовых.

Тогда NPV повторяющегося проекта  $A$  за 4 года составит

$$NPV_{\Sigma A} = 9,091 \ddot{a}_{3;10\%} = 9,091 \frac{1 - 1,1^{-4}}{0,1} 1,1 = 31,699 \text{ (млн руб.)}.$$

Получили тот же результат, что и первым способом расчета.

*Вывод:* Если считать проекты повторяющимися, то для инвестора предпочтительнее проект  $A$ .

## Задача 10

Предприятие рассматривает целесообразность приобретения новой технологической линии. На рынке имеются две модели с параметрами, представленными в табл. 23.

Таблица 23

### Параметры технологических линий

	Линия А	Линия В
Цена (тыс. руб.)	9 500	13 000
Генерируемый годовой доход (тыс. руб.)	2 100	2 250
Срок эксплуатации (лет)	8	12
Ликвидационная стоимость (тыс. руб.)	500	800
Требуемая норма прибыли (%)	11	11



Обосновать целесообразность приобретения той или иной технологической линии.

**Р е ш е н и е.** Приобретение линии  $A$  назовем проектом  $A$ , а приобретение линии  $B$  — проектом  $B$ . Тогда оценим NPV проектов:

$$\begin{aligned} NPV_A &= -9\,500 + 2\,100 \frac{1 - 1,11^{-8}}{0,11} + \frac{500}{1,11^8} = 1\,523,821 \text{ (тыс. руб.)}; \\ NPV_B &= -13\,000 + 2\,250 \frac{1 - 1,11^{-12}}{0,11} + \frac{800}{1,11^{12}} = 1\,836,474 \text{ (тыс. руб.)}. \end{aligned}$$

$NPV_B > NPV_A$ , поэтому  $B \succ A$ . Однако проекты серьезно различаются по срокам. По этой причине для анализа проектов необходимо применить метод цепного повтора. Проект  $A$  можно повторять каждые 8 лет, а проект  $B$  — каждые 12 лет. Тогда сравним их за наименьший кратный период, т. е. 24 года.

На рис. 33 покажем потоки NPV проектов: выше временной оси для проекта  $A$ , а ниже — для проекта  $B$ .

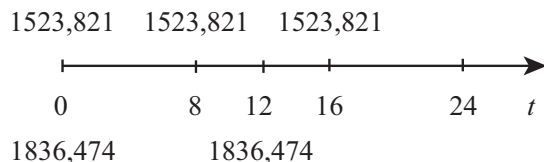


Рис. 33. Потоки NPV проектов  $A$  и  $B$

NPV повторяющегося проекта  $A$  за 24 года составит

$$NPV_{\Sigma A} = 1\,523,821 + \frac{1\,523,821}{1,11^8} + \frac{1\,523,821}{1,11^{16}} = 2\,471,971 \text{ (тыс. руб.)}.$$

NPV повторяющегося проекта  $B$  за 24 года составит

$$NPV_{\Sigma B} = 1\,836,474 + \frac{1\,836,474}{1,11^{12}} = 2\,361,413 \text{ (тыс. руб.)}.$$

$NPV_{\Sigma A} > NPV_{\Sigma B}$ , поэтому  $A \succ B$ . Однако и этот результат следует серьезно оспорить. Дело в том, что 24 года — слишком большой срок для того, чтобы периодически повторять приобретение одной и той же технологической линии, хотя бы и два только раза в случае с линией  $B$ . За 12 лет многие параметры технологической линии изменятся. Это прежде всего 1) цена, 2) ликвидационная стоимость и 3) требуемая норма прибыли. Кроме того, и это, пожалуй, самое главное, технологическая линия за 12 лет существенно устареет морально. Поэтому приобретать старые технологии уже не будет иметь смысла.

Решить подобную проблему можно, предположив делимость проектов. А именно, предположим делимость проекта  $A$  пополам. Это позволит сопоставить разновременные проекты за срок наибольшего из них, т. е. проекта  $B$ .

Тогда рассчитаем  $NPV$  делимого проекта  $A$  за 12 лет:

$$\begin{aligned} NPV_{\Sigma A} &= 1523,821 - \frac{9500}{1,11^8} + 2100 \frac{1 - 1,11^{-4}}{0,11} \frac{1}{1,11^8} = \\ &= 228,609 \text{ (тыс. руб.)}. \end{aligned}$$

Это меньше  $NPV_B = 1836,474$  тыс. руб., поэтому окончательный вывод будет таким:  $B \succ A$ . Это означает, что предприятию следует приобрести 2-ю модель технологической линии.

## Задача 11

Приведены данные о двух инновационных проектах, представленных в табл. 24.

Таблица 24

### Денежные потоки инновационных проектов (млн руб.)

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект А	-10	5	3	2	4
Проект В	-10	2	3	5	4

1. Какой из критериев выбора вложений капитала не делает различия между этими проектами?

2. Не делая специальных расчетов, ответьте на вопросы: а) одинаковы ли IRR этих проектов или нет; б) если IRR различны, то какой проект имеет большее значение IRR и почему? Ответы обоснуйте.

#### Р е ш е н и е

1. Критерий ARR не делает различия между данными проектами, т. к. денежные потоки в случае расчета ARR не дисконтируются. А без учета временной стоимости сумма денежных потоков для обоих проектов одинакова.

2.  $IRR_A > IRR_B$ , т. к. по проекту А большая часть денег поступает в начале срока, а это всегда выгодней и доходней.

### Задача 12

Сравниваются два инновационных проекта, денежные потоки которых относятся к окончаниям соответствующих лет (табл. 25).

Таблица 25

#### Денежные потоки инновационных проектов (млн руб.)

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6
Проект А	-50	-100	50	100	75	120
Проект В	-100	-50	75	100	50	150

Цена капитала для обоих проектов — 15% в год. Найти NPV, PI, PP, IRR и MIRR обоих проектов. Выбрать наиболее выгодный проект.

### Задача 13

Сравниваются два инновационных проекта, денежные потоки которых относятся к окончаниям соответствующих лет (табл. 26).

Таблица 26

**Денежные потоки инновационных проектов**  
(млн руб.)

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6
Проект А	-75	-100	75	100	75	120
Проект В	-100	-75	100	75	75	150

Цена капитала для обоих проектов — 15% в год. Найти NPV, PI, PP, IRR и MIRR обоих проектов. Выбрать наиболее выгодный проект.

**Задача 14**

Сравниваются два инновационных проекта, денежные потоки которых относятся к окончаниям соответствующих лет (табл. 27).

Таблица 27

**Денежные потоки инновационных проектов**  
(млн руб.)

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6
Проект А	-60	-100	50	75	100	120
Проект В	-100	-60	75	100	60	120

Цена капитала для обоих проектов — 15% в год. Найти NPV, PI, PP, IRR и MIRR обоих проектов. Выбрать наиболее выгодный проект.

**Задача 15**

Сравниваются два инновационных проекта, денежные потоки которых относятся к окончаниям соответствующих лет (табл. 28).

Таблица 28

**Денежные потоки инновационных проектов  
(млн руб.)**

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6
Проект А	-70	-100	70	75	100	120
Проект В	-100	-80	70	100	75	130

Цена капитала для обоих проектов — 15% в год. Найти NPV, PI, PP, IRR и MIRR обоих проектов. Выбрать наиболее выгодный проект.

### Задача 16

Анализируются инновационные проекты, денежные потоки которых представлены в табл. 29.

Таблица 29

**Денежные потоки  
инновационных проектов  
(млн руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2
Проект А	-4 000	2 500	3 000
Проект В	-2 000	1 200	1 500

Проранжировать проекты по критериям NPV, PI, PP, ARR, если цена капитала для них одинаковая и составляет 10% годовых.

### Задача 17

Для каждого из приведенных в табл. 30 инновационных проектов рассчитать NPV, PI, PP, IRR, ARR, если цена капитала для всех проектов одинаковая и составляет 20% годовых. Выбрать наиболее выгодный проект.

Таблица 30

**Денежные потоки инновационных проектов  
(млн руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
Проект А	-370	—	—	—	—	1 000
Проект В	-240	60	60	60	60	
Проект С	-263,5	100	100	100	100	100

**Задача 18**

Рассчитать NPV, PI, PP, IRR, ARR инновационного проекта с денежным потоком по годам (-200; 20; 40; 60; 60; 80), если цена капитала — 5% годовых. Оценить финансовую эффективность проекта.

**Задача 19**

Сравнить по критериям NPV, PI, PP, IRR, ARR два инновационных проекта (табл. 31), если цена капитала для них одинаковая и составляет 13% годовых.

Таблица 31

**Денежные потоки инновационных проектов  
(тыс. руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект А	-20 000	7 000	7 000	7 000	7 000
Проект В	-25 000	2 500	5 000	10 000	20 000

**Задача 20**

Величина требуемых инвестиций по инновационному проекту равна 18 млрд руб. Предполагаемые доходы: в первый год — 1,5 млрд руб., в последующие 8 лет — по 3,6 млрд руб. ежегодно. Оценить целесообразность принятия инновационного проекта для реализации, если цена капитала составляет 10% годовых.

### Задача 21

Найти IRR инновационного проекта с денежным потоком по годам  $(-100; 230; -132)$ .

### Задача 22

Какой из приведенных в табл. 32 инновационных проектов предпочтительней, если цена капитала для обоих проектов равна 8%.

Таблица 32

**Денежные потоки инновационных проектов  
(млн руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект А	-250	60	140	120	
Проект В	-300	100	100	100	100

### Задача 23

Величина инвестиций в инновационный проект — 1 млрд руб. Прогнозная оценка генерируемого по годам дохода в млн руб.:  $(344; 395; 393; 320)$ . Рассчитать значения показателей NPV, PI, PP, IRR и ARR, если цена капитала — 10% годовых. Сделать вывод об эффективности проекта.

### Задача 24

Проанализировать два альтернативных инновационных проекта (табл. 33), если цена инвестируемого капитала для обоих проектов равна 10% годовых. Выбрать наиболее выгодный проект.

### Задача 25

Имеются данные о четырех инновационных проектах, представленных в табл. 34.

Таблица 33

**Денежные потоки инновационных  
проектов (млн руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3
Проект А	-100	50	70	
Проект В	-100	30	40	60

Таблица 34

**Денежные потоки инновационных проектов  
(млн руб.)**

Год	Проект А	Проект В	Проект С	Проект D
0	-10 000	-13 000	-10 000	-6 000
1	6 000	8 000	5 000	5 000
2	6 000	8 000	5 000	2 000
3	2 000	1 000	5 000	2 000

Полагается, что цена капитала для всех проектов составляет 12% годовых. Необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Какой проект имеет наибольший NPV?
2. Какой проект имеет наименьший NPV?
3. Чему равно значение IRR проекта А?
4. Чему равно значение IRR проекта А, если денежные потоки 3-го года считаются слишком непредсказуемыми и потому должны быть исключены из расчета?

### Задача 26

Выбрать наиболее предпочтительный инновационный проект, если цена капитала составляет 8% в год для двух проектов, представленных в табл. 35.



Таблица 35

**Денежные потоки инновационных  
проектов (млн руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3
Проект А	-90	60	70	
Проект В	-90	40	50	70

**Задача 27**

Выбрать наиболее предпочтительный инновационный проект, если цена капитала составляет 12% в год для двух проектов, представленных в табл. 36.

Таблица 36

**Денежные потоки инновационных  
проектов (млн руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3
Проект А	-110	60	80	
Проект В	-110	40	50	80

**Ответы**

- 12.**  $NPV_A = 60,126$  млн руб.;  $NPV_B = 71,433$  млн руб.;  $PI_A = 1,505$ ;  $PI_B = 1,573$ ;  $PP_A = 4$  года и 285 дней;  $PP_B = 4$  года и 269 дней;  $IRR_A = 32,5669\%$ ;  $IRR_B = 32,9508\%$ ;  $MIRR_A = 23,1064\%$ ;  $MIRR_B = 24,0124\%$ ;  $B \succ A$ .
- 13.**  $NPV_A = 54,825$  млн руб.;  $NPV_B = 67,104$  млн руб.;  $PI_A = 1,389$ ;  $PI_B = 1,467$ ;  $PP_A = 4$  года и 337 дней;  $PP_B = 4$  года и 343 дня;  $IRR_A = 29,0557\%$ ;  $IRR_B = 30,7148\%$ ;  $MIRR_A = 21,4777\%$ ;  $MIRR_B = 22,5857\%$ ;  $B \succ A$ .

14.  $NPV_A = 49,566$  млн руб.;  $NPV_B = 55,874$  млн руб.;  $PI_A = 1,388$ ;  $PI_B = 1,422$ ;  $PP_A = 5$  лет и 17 дней;  $PP_B = 4$  года и 317 дней;  $IRR_A = 28,272\%$ ;  $IRR_B = 29,2134\%$ ;  $MIRR_A = 21,4572\%$ ;  $MIRR_B = 21,9533\%$ ;  $B \succ A$ .
15.  $NPV_A = 54,021$  млн руб.;  $NPV_B = 49,244$  млн руб.;  $PI_A = 1,396$ ;  $PI_B = 1,334$ ;  $PP_A = 4$  года и 350 дней;  $PP_B = 5$  лет и 46 дней;  $IRR_A = 28,8832\%$ ;  $IRR_B = 26,4663\%$ ;  $MIRR_A = 21,5724\%$ ;  $MIRR_B = 20,6579\%$ ;  $A \succ B$ .
16.  $NPV_A = 752,066$  млн руб.;  $NPV_B = 330,579$  млн руб.;  $PI_A = 1,188$ ;  $PI_B = 1,165$ ;  $PP_A = 1$  год и 255 дней;  $PP_B = 1$  год и 268 дней;  $IRR_A = 23,3183\%$ ;  $IRR_B = 21,6515\%$ ;  $ARR_A = 37,5\%$ ;  $ARR_B = 35\%$ ;  $A \succ B$ .
17.  $NPV_A = 31,878$  млн руб.;  $NPV_B = -84,676$  млн руб.;  $NPV_C = 35,561$  млн руб.;  $PI_A = 1,086$ ;  $PI_B = 0,647$ ;  $PI_C = 1,135$ ;  $PP_A = 4$  года и 337 дней; проект  $B$  не окупится;  $PP_C = 4$  года и 43 дня;  $IRR_A = 22\%$ ;  $IRR_B = 0$ ;  $IRR_C = 26,0694\%$ ;  $ARR_A = 68,1081\%$ ;  $ARR_B = 0$ ;  $ARR_C = 35,9013\%$ ; эффективнее проект  $C$ .
18.  $NPV = 19,203$ ;  $PI = 1,096$ ;  $PP = 4$  года и 254 дня;  $IRR = 7,9791\%$ ;  $ARR = 12\%$ ; проект эффективен.
19.  $NPV_A = 821,299$  тыс. руб.;  $NPV_B = 324,999$  тыс. руб.;  $PI_A = 1,041$ ;  $PI_B = 1,013$ ;  $PP_A = 3$  года и 296 дней;  $PP_B = 3$  года и 356 дней;  $IRR_A = 14,9628\%$ ;  $IRR_B = 13,47\%$ ;  $ARR_A = 20\%$ ;  $ARR_B = 25\%$ ;  $A \succ B$ .
20.  $NPV = 0,823$  млрд руб.;  $PI = 1,046$ ;  $PP = 8$  лет и 169 дней;  $IRR = 11,056\%$ ;  $MIRR = 10,5482\%$ ; проект эффективен.
21.  $IRR_1 = 10\%$ ;  $IRR_2 = 20\%$ .
22.  $NPV_A = 20,843$  млн руб.;  $NPV_B = 31,213$  млн руб.;  $PI_A = 1,083$ ;  $PI_B = 1,104$ ;  $PP_A = 2$  года и 286 дней;  $PP_B = 3$  года и 211 дней;  $IRR_A = 12,2169\%$ ;  $IRR_B = 12,6973\%$ ;  $MIRR_A = 10,1839\%$ ;  $MIRR_B = 10,7058\%$ ;  $ARR_A = 18,6667\%$ ;  $ARR_B = 16,6667\%$ ;  $B \succ A$ .

- 23.**  $NPV = 153,005$  млн руб.;  $PI = 1,153$ ;  $PP = 3$  года и 110 дней;  
 $IRR = 16,9351\%$ ;  $ARR = 22,6\%$ ; проект эффективен.
- 24.**  $NPV_A = 3,306$  млн руб.;  $NPV_B = 5,409$  млн руб.;  $PI_A = 1,033$ ;  
 $PI_B = 1,054$ ;  $PP_A = 1$  год и 345 дней;  $PP_B = 2$  года и 322 дня;  
 $IRR_A = 12,32\%$ ;  $IRR_B = 12,8099\%$ ;  $MIRR_A = 11,199\%$ ;  $IRR_B =$   
 $= 11,9487\%$ ;  $ARR_A = 20\%$ ;  $ARR_B = 20\%$ ;  $B \succ A$ .
- 25.** 1)  $NPV_{\max} = NPV_C = 2\,009,156$  млн руб.; 2)  $NPV_{\min} =$   
 $= NPV_B = 1\,232,188$  млн руб.; 3)  $IRR_A = 22,384\%$ ; 4)  $IRR_A =$   
 $= 13,07\%$ .
- 26.**  $NPV_A = 25,569$  млн руб.;  $NPV_B = 45,472$  млн руб.;  $PI_A = 1,284$ ;  
 $PI_B = 1,505$ ;  $PP_A = 1$  год и 210 дней;  $PP_B = 2$  года и 67 дней;  
 $IRR_A = 27,6167\%$ ;  $IRR_B = 31,654\%$ ;  $MIRR_A = 17,388\%$ ;  
 $MIRR_B = 23,7731\%$ ;  $ARR_A = 44,4444\%$ ;  $ARR_B = 51,8519\%$ ;  
 $B \succ A$ .
- 27.**  $NPV_A = 7,347$  млн руб.;  $NPV_B = 22,516$  млн руб.;  $PI_A = 1,067$ ;  
 $PI_B = 1,205$ ;  $PP_A = 1$  год и 323 дня;  $PP_B = 2$  года и 221 день;  
 $IRR_A = 16,8078\%$ ;  $IRR_B = 22,3169\%$ ;  $MIRR_A = 14,44\%$ ;  
 $MIRR_B = 19,1728\%$ ;  $ARR_A = 54,5455\%$ ;  $ARR_B = 36,3636\%$ ;  
 $B \succ A$ .

## Глава 4

### Планирование денежных потоков инновационного проекта

#### 4.1. Переход от оценки бухгалтерской прибыли к бюджету денежных потоков

*Проблема расчета и бюджетирования денежных потоков* возникла одновременно с понятием денежного потока. Уже в конце XIX столетия в экономической теории возникла мысль о том, что бухгалтерские показатели эффективности, основанные на прибыли, не всегда могут быть адекватными оценками результатов деятельности коммерческих предприятий. Эти показатели традиционно рассматривались как вневременные, т. е. усредненные за достаточно большой период времени, а не привязанные к конкретному моменту.

Вместе с тем интеграция, технический прогресс и увеличение многообразия видов деятельности привели к многообразию схем получения доходов и продолжительности инновационных проектов. Возникла важная задача сопоставления разновременных платежей во времени, приведения их к одному моменту, что заставляло обратиться не к усредненным условным бухгалтерским величинам, а к конкретным выплатам и поступлениям, приуроченным к тому или иному моменту.

Условность бухгалтерской прибыли была другой причиной, по которой она перестала удовлетворять тех, кто оценивал инвестиционные альтернативы.

По указанным выше причинам (интеграция и рост масштабов бизнеса, технический прогресс, увеличение разнообразия производимых в экономике товаров и услуг) в составе затрат вырос удельный вес неплатежных элементов, и прежде всего амортизации, усложнилось налоговое регулирование, а вместе с этим для бухгалтеров и финансовых управляющих корпорациями возникли дополнительные возможности манипулирования расчетной величиной прибыли в соответствии с текущими и долгосрочными целями.

Расчетная прибыль все больше стала по своей величине отрываться от реальных результатов предприятия, которые она оценивала. Поэтому возникли предпосылки к тому, чтобы оценку инновационных и инвестиционных решений производить на основе фактических денежных поступлений и отчислений в конкретные периоды времени, т. е. денежных потоков, а в целях обеспечения сопоставимости одновременных платежей использовать дисконтирование по ставке минимально приемлемой (требуемой) доходности, которую должны обеспечить эти платежи.

#### 4.2. Чистый денежный поток инновационного проекта

Известный финансовый аналитик Джулиан Рош, на наш взгляд, справедливо утверждает, что в оценке эффективности инвестиционных проектов гораздо большую роль играет прогнозирование денежного потока, чем выбор адекватной средневзвешенной стоимости капитала корпорации (WACC). В своей книге “Стоимость компании: от желаемого к действительному” исследователь на конкретном примере показывает, что ошибка в прогнозе денежных потоков серьезнее влияет на изменение значения NPV, чем ошибка в оценке WACC.

Прогнозирование денежного потока проекта во многом зависит от маркетинговых прогнозов в отношении конъюнктуры рынка, но этим проблема не исчерпывается. Важен также рациональный выбор расчета самого денежного потока.

Многие финансовые аналитики интересуются так называемым *чистым денежным потоком* (чистым движением денежных средств). Движение денежных средств (денежный поток, cash flow) компании обычно отличается от его балансовой прибыли (accounting profit), поскольку некоторые виды прибыли и затрат, перечисленные в отчете о прибылях и убытках (отчете о финансовых результатах), не приводят к выплате денег.

Формула для оценки чистого денежного потока (FCF) в каждый интервал времени имеет следующий вид:

$$FCF = -IC + EBIT(1 - T) + D + L + \Delta NWC,$$

где  $IC$  — инвестированный капитал (руб.);

$EBIT$  — прибыль до выплаты процентов и налогов из прибыли (операционная прибыль) (руб.);

$T$  — ставка налога на прибыль (%);

$D$  — амортизационные отчисления (руб.);

$L$  — ликвидационная стоимость проекта (руб.);

$\Delta NWC$  — изменение чистого оборотного капитала (дополнительных оборотных средств за вычетом изменения кредиторской задолженности) (руб.).

В последнее время в качестве составляющей денежного потока зачастую используется показатель прибыли до выплаты процентов и налогов плюс амортизационные отчисления ( $EBITDA$ ). Так поступают многие крупные отечественные компании, составляющие финансовую отчетность в соответствии с МСФО. Однако нетрудно показать, что после налогообложения

$$EBITDA(1 - T) + D \cdot T = EBIT(1 - T) + D,$$

что сводит на нет необходимость использования данного показателя для формирования и оценки денежного потока. Тем не менее, он может иметь большое практическое значение в целях расчета некоторых мультипликаторов, широко используемых в оценке стоимости бизнеса.

**Пример 33.** На действующем целлюлозно-бумажном комбинате (ЦБК) рассматривается проект организации производства металлизированной бумаги для широкого использования в парфюмерии и пищевой промышленности при изготовлении различных видов упаковки. Выход на проектную мощность ожидается с 1-го года осуществления проекта. Годовой объем производства и реализации — 45 млн м<sup>2</sup> в год. Срок жизни проекта — 10 лет — равен сроку полной амортизации технологического оборудования.

Рассматриваемый проект экономически обособлен, специально для его осуществления создается ООО “Ладья”, крупнейшим учредителем которого является ЦБК.

Проект финансируется только за счет собственного капитала ООО “Ладья”. Его доходность —  $k_s = 20\%$  годовых в долл.

Менеджер проекта определил следующие ожидаемые параметры, относящиеся к анализируемому инвестиционному решению (табл. 37).

Требуется:

- оценить позитивные результаты (денежные потоки) проекта;
- рассчитать NPV проекта.

Определим сначала отдельные элементы FCF.

1. Капитальные издержки в нулевой период:

$$IC = 8\,580 \text{ тыс. долл.}$$

2. Годовой объем реализации (выручка без НДС и акцизов):

$$NS = 0,2 \cdot 45\,000 = 9\,000 \text{ (тыс. долл.)}.$$

3. Годовые текущие затраты без амортизации (производственная себестоимость без амортизации плюс коммерческие и управленческие расходы):

$$CG + SAE = 3\,200 + 0,06 \cdot 45\,000 = 5\,900 \text{ (тыс. долл.)}.$$

4. Годовая амортизация:

$$D = 858 \text{ тыс. долл.}$$

5. Годовые текущие затраты с учетом амортизации (полная себестоимость):

$$CS = 5\,900 + 858 = 6\,758 \text{ (тыс. долл.)}.$$

6. Налог на прибыль:

$$\text{Tax} = (9\,000 - 6\,758)0,2 = 448,4 \text{ (тыс. долл.)}.$$

7. Прирост рабочего капитала в нулевом периоде и высвобождение в 10-й год:

$$\Delta NWC = 6\,758 \cdot \frac{20}{365} = 370,3 \text{ (тыс. долл.)}.$$

## Ожидаемые количественные характеристики проекта

Показатели	Значения
1. Реализация: — цена 1 м <sup>2</sup> продукции ( $P$ ), долл. — ожидаемый среднегодовой объем реализации ( $Q$ ), млн м <sup>2</sup>	0,2 45
2. Инвестиции: — капитальные издержки (заграты в нулевом периоде на закупку и монтаж оборудования, запуск, НИОКР и т. п.) (IC), млн долл. — норма запаса оборотных средств (по отношению к полной себестоимости) ( $w$ ), в днях	8,58 20
3. Текущие затраты (включая расходы на маркетинг, налоги до налога на прибыль, но без амортизации): — переменные на 1 м <sup>2</sup> продукции ( $v$ ), долл. — постоянные, в расчете на год (FC), млн долл.	0,06 3,2
4. Ставки: — норма амортизации ( $R_D$ ), % — налог на прибыль ( $T$ ), % — средневзвешенная цена капитала (WACC) в долл., %	10 20 20



Для каждого периода времени определим разницу между притоками и оттоками средств:

$$\begin{aligned} CF_0 &= -IC - \Delta NWC = -8\,580 - 370,3 = -8\,950,3 \text{ (тыс. долл.)}; \\ CF_t &= NS - (CG + SAE) - D - Tax + D = 9\,000 - 5\,900 - 448,4 = \\ &= 2\,651,6 \text{ (тыс. долл.) } (t = \overline{1,9}); \\ CF_{10} &= CF_t + \Delta NWC = 2\,651,6 + 370,3 = 3\,021,9 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

Тогда NPV проекта составит

$$NPV = -8\,950,3 + 2\,651,6 \cdot a_{9;20\%} + \frac{3\,021,9}{1,2^{10}} = 2\,226,26 \text{ (тыс. долл.)}.$$

### 4.3. Учет влияния НДС

Поскольку в проектах объемы реализации, затраты, налоги могут различаться от периода к периоду, каждое арифметическое действие в приведенном расчете может быть представлено в виде самостоятельной таблицы, в которой эти действия производятся по отдельным периодам.

В рассмотренной ситуации (пример 33) были продемонстрированы лишь наиболее существенные элементы денежных потоков.

Однако возможно учесть и дополнительные эффекты, которые легко ввести в представленный алгоритм вычислений и которые могут оказать некоторое влияние на NPV.

Например, чтобы отразить влияние налога на добавленную стоимость (НДС) на эффект проекта, достаточно начислить его на соответствующие затраты и объемы продаж, свести в единую таблицу выплаты и поступления этого налога, а затем наложить эти платежи на базовый денежный поток проекта.

Технику таких расчетов поясняет следующая ситуация.

**П р и м е р 33** (продолжение). Пусть НДС облагаются все затраты по формированию рабочего капитала (образование запасов сырья, материалов), капитальные издержки в размере 8,3 млн долл. и 40% производственных затрат (без амортизации). Ставка НДС —  $R_{VAT} = 18\%$ .

Если бы проект осуществлялся в рамках действующего предприятия (ЦБК), возможно, было бы правомерно вообще не учитывать влияние этого налога, т. к. сумма НДС, уплаченная за приобретение оборудования, сырья и т. п., была бы возмещена потребителями продукции ЦБК (необязательно данного проекта). Однако поскольку проект выделен в отдельную организацию, видимо, на начальной его стадии произойдет переплата НДС, которая будет скомпенсирована лишь в последующие годы.

Если переплата НДС (VAT) идет к зачету в будущем, то

$$\text{VAT}_0^{\text{вх.}} = (8\,300 + 370,3) \cdot 0,18 = 1\,560,654 \text{ (тыс. долл.)};$$

$$\text{VAT}_t^{\text{вх.}} = 5\,900 \cdot 0,4 \cdot 0,18 = 424,8 \text{ (тыс. долл.) } (t = \overline{1, 10});$$

$$\text{VAT}_t^{\text{вых.}} = 9\,000 \cdot 0,18 = 1\,620 \text{ (тыс. долл.) } (t = \overline{1, 10}).$$

Приведем расчет дополнительных денежных потоков, связанных с НДС, в табл. 38. Тогда новые денежные потоки по данному проекту с учетом НДС будут выглядеть так, как это показано в табл. 39.

Таким образом,

$$\begin{aligned} \text{NPV} = & -10\,510,954 + \frac{3\,846,8}{1,2} + \frac{3\,017,054}{1,2^2} + 2\,651,6 \cdot a_{7;20\%} \cdot \frac{1}{1,2^2} + \\ & + \frac{3\,021,9}{1,2^{10}} = 1\,915,398 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

Как видим, НДС несколько снижает эффект от проекта и существенно корректирует наше представление о потребности в начальном капитале для его финансирования.

#### 4.4. Остаточный денежный поток инновационного проекта

Осуществляемый инновационный проект может быть *экономически обособленным* или *интегрированным в существующее предприятие*. Экономическая обособленность необязательно предполагает образование отдельного юридического лица для управления проектом. Обособленный проект может осуществляться, например, в рамках договора о совместной деятельности, заключенного между спонсорами.

Таблица 38

## Дополнительные денежные потоки, связанные с НДС (тыс. долл.)

Год	Задолженность VAT <sub>t</sub> (н. п.)	VAT <sub>t</sub> <sup>вх.</sup>	VAT <sub>t</sub> <sup>вых.</sup>	VAT <sub>t</sub> <sup>бюдж.</sup>	Задолженность VAT <sub>t</sub> (к. п.)	ΔCF <sub>t</sub>
0	0	-1 560,654	0	0	-1 560,654	-1 560,654
1	-1 560,654	-424,8	1 620	0	-365,454	1 195,2
2	-365,454	-424,8	1 620	-829,746	0	365,454
3÷10	0	-424,8	1 620	-1 195,2	0	0

Таблица 39

Новые денежные потоки по проекту с учетом НДС  
(тыс. долл.)

Год	0	1	2	3÷9	10
CF <sub>t</sub>	-8 950,3	2 651,6	2 651,6	2 651,6	3 021,9
ΔCF <sub>t</sub>	-1 560,654	1 195,2	365,454	—	—
Сумма	-10 510,954	3 846,8	3 017,054	2 651,6	3 021,9

Необходимыми условиями экономической обособленности проекта являются:

- возможность отдельного учета активов проекта;
- наличие отдельных коммерческих результатов, т. е. основных продуктов проекта — товаров и услуг, реализуемых на рынке по рыночным ценам;
- наличие системы финансирования, сепарированной от системы финансирования предприятия в целом.

С этой точки зрения проект модернизации оборудования одного из цехов завода, проект производства деталей для радиоприемников, собираемых в другом цехе того же предприятия, а также проект энергетической компании по подключению очередного потребителя не являются экономически обособленными, хотя вполне могут оказаться коммерчески эффективными. И наоборот, проекты строительства газопровода или парка культуры и отдыха чаще всего экономически обособлены, но не всегда могут быть состоятельными с коммерческой точки зрения.

Коммерческие проекты обособливают потому, что при этом их бывает легче контролировать, получить под них налоговые льготы или субсидии, дистанцироваться от проблем, которые испытывает кто-то из спонсоров проекта, ввести в проект новых участников и получить выгоду от этого (капитал, гарантии), а также урегулировать отношения между спонсорами, включая получение доходов и распределение рисков.

Вместе с тем экономически обособленный проект может оказаться более дорогим и рискованным, поскольку на развивающихся рынках существуют проблемы со страхованием рисков. Взаимное недоверие участников проекта и отсутствие у них соответствующего опыта могут привести к увеличению потерь времени на согласование позиций спонсоров, кредиторов и др., а неотлаженная система взаиморасчетов, особенно в случае использования бартерного и неучтенного наличного оборота, может стать причиной неожиданной остановки проекта. Поэтому, даже если проект можно экономически обособить, делать это не всегда целесообразно.

Однако если проект экономически обособлен, то он имеет собственную систему финансирования. Его денежные потоки не “рас-

творяются” внутри действующего предприятия, и мы можем проследить, как они распределяются между различными участниками проекта. В частности, мы можем видеть, какую часть потребностей проекта в финансировании покрыли кредиторы, а также каким образом предполагается выплачивать платежи по обслуживанию образовавшегося долга. Эти платежи образуют *денежные потоки для кредитора*.

Исключив из денежного потока от активов проекта денежный поток для кредиторов, получим в остатке *остаточный денежный поток для собственников*. Этот денежный поток представляет собой платежи и доходы долевых инвесторов, за счет которых образовался собственный капитал проекта. Для каждого интервала времени чистый остаточный денежный поток (RCF) будет равен

$$RCF = CF + Debt - In(1 - T) = CF + Debt - In + In \cdot T,$$

где  $Debt$  — чистое получение долга (“+” — его получение; “-” — его возврат) (руб.);

$In$  — процентные платежи по долгу (руб.);

$In \cdot T$  — налоговый щит, связанный с тем, что проценты по долгу в какой-то части или полностью выплачиваются до налога на прибыль, что снижает налогооблагаемую базу по этому налогу. Экономия на налоге частично компенсирует отток денег при выплате процентов. Нетрудно понять, что размер этой компенсации равен  $In \cdot T$ .

Остаточный денежный поток отражает работу собственного капитала (капитала долевых инвесторов). Он является результатом не только инвестиционного, но и финансового решения, и поэтому с его помощью можно сопоставлять различные варианты финансирования проекта.

**Пример 33** (продолжение). Предположим, ООО “Ладья” удалось получить в  $t = 0$  кредит в долл. США под спонсорские гарантии ЦБК на сумму 2 млн долл. и направить его на финансирование инвестиций. Предполагается погашение кредита разовым платежом через 3 года, выплата процентов (15% годовых) — один раз в конце года.

Итак, выплаты процентов раз в год составят

$$2000 \cdot 0,15 = 300 \text{ (тыс. долл.)},$$

а налоговый щит —

$$300 \cdot 0,2 = 60 \text{ (тыс. долл.)}$$

Тогда рассчитаем остаточный денежный поток проекта по годам в табл. 40.

Таблица 40

**Остаточный денежный поток проекта по годам (тыс. долл.)**

Год	0	1	2	3	4÷9	10
CF	-8 950,3	2 651,6	2 651,6	2 651,6	2 651,6	3 021,9
Debt	2 000	0	0	-2 000	—	—
-In	0	-300	-300	-300	—	—
In · T	0	60	60	60	—	—
RCF	-6 950,3	2 411,6	2 411,6	411,6	2 651,6	3 021,9

Если бы требования учредителей к доходности  $k_s = 20\%$  не изменились, то

$$\begin{aligned} NPV = & -6\,950,3 + \frac{2\,411,6}{1,2} + \frac{2\,411,6}{1,2^2} + \frac{411,6}{1,2^3} + 2\,651,6 \cdot a_{6;20\%} \cdot \frac{1}{1,2^3} + \\ & + \frac{3\,021,9}{1,2^{10}} = 2\,563,302 \text{ (тыс. долл.)} > 2\,226,26 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

Это связано с тем, что часть потребностей в инвестициях была профинансирована за счет более дешевого долгового капитала: кредиторы требуют 15% в отличие от учредителей, требующих 20% годовых.

Однако, связавшись с кредитором, учредители пошли на дополнительный финансовый риск, и это обстоятельство должно было бы отразиться на их требованиях к доходности: ставка дисконта при этом повысилась бы и должна была бы составить не 20% годовых, а больше. В современной методологии расчетов это учитывается и, как мы увидим позже, снижает эффект от проекта.

#### **4.5. Анализ инновационных проектов, не имеющих отдельного коммерческого результата**

Как было сказано выше, для экономически не обособленных проектов определить остаточный поток невозможно, т. к. заемные средства получает предприятие в целом и распоряжается ими, принимая финансовый риск на себя. Особенно трудной выглядит задача оценки проекта, не имеющего выделенного коммерческого результата, поскольку становится непонятным, чем же определяется коммерческая эффективность проекта.

Вместе с тем любое предприятие осуществляет множество таких проектов — это все организационные, технические, технологические мероприятия, последствия от которых ощущаются на протяжении длительного времени. Их целью является получение промежуточных результатов в технологической цепочке. При этом напрямую оценить влияние этих проектов на конечный коммерческий результат зачастую не представляется возможным.

Иными словами, помимо крупных проектов, имеющих четко выраженные, экономически обоснованные коммерческие результаты, существует класс инвестиционных решений, который, работая на общий результат, сам по себе продукта, имеющего рыночную стоимость, не создает. В данном случае речь идет не о коммерческих проектах, а о внутрипроизводственных решениях, являющихся частью более глобальных коммерческих проектов.

Ни одна служба, ни одно производственное подразделение предприятия сами по себе в большинстве случаев коммерческого эффекта не создают. Однако вопрос обоснования решений по приобретению долгосрочных активов существует и на операционном, внутрифирменном уровне.

В настоящее время методологии экономического обоснования технического обновления и перевооружения на большинстве российских предприятий уделяется незаслуженно мало внимания. Это обусловлено тем, что перспективные по своей природе вопросы воспроизводства основных средств не являются приоритетными для предприятий, сталкивающихся с угрозой потери краткосрочной финансовой устойчивости.

Кроме того, в условиях инфляции темпы переоценки балансовой стоимости основных средств (фиксированных активов) отстают от роста цен на оборудование, машины и т. п. и предприятия часто не могут сформировать фонды, достаточные для финансирования реноваций.

Однако в настоящее время в России есть предпосылки для изменения этой ситуации: снижение инфляции, доходности на финансовом рынке, повышение в целом инвестиционной активности, направленной на реструктуризацию коммерчески жизнеспособных предприятий. Это порождает определенный интерес к проблемам оценки выгоды технических и организационных мероприятий.

Возникают два принципиальных вопроса:

1. Всегда ли для подобных решений требуется финансово-экономическое обоснование?
2. Если оно требуется, то какова методология, как должен осуществляться расчет?

В бывшем СССР стремление некоторых исследователей обосновать любые мероприятия и дать методику расчета экономического эффекта от любых действий руководства предприятия имело негативный результат. Во-первых, многие рассчитанные таким образом цифры были демонстративно условны и надуманны (эффективность мероприятий научной организации труда, некоторых прогрессивных форм организации труда и т. п.), что порождало соответствующее отношение и к самим мероприятиям. Во-вторых, мероприятия стратегического характера, направленные на повышение уровня производства и управления (например, компьютеризация и обустройство рабочих мест, решение социальных проблем, повышение квалификации персонала, повышение безопасности производства), выглядели при таком подходе чисто убыточными, поскольку не давали прямого и непосредственного экономического эффекта.

Однако отказ от таких мероприятий часто приводит к снижению конкурентоспособности предприятий, утрате клиентуры, стратегических позиций на рынке. Важно понимать, что многие действия руководства предприятия продиктованы не соображениями экономической выгоды, а производственной необходимостью.



Можно сделать вывод, что определение экономической эффективности в управлении предприятиями должно иметь подчиненное значение. Необходимость в таких расчетах возникает тогда, когда цели предприятия уже сформулированы руководством, намечены количественные и качественные ориентиры, произведена их декомпозиция по подразделениям, службам, отделам.

Однако существует несколько альтернативных вариантов достижения этих целей и надо выбрать лучший из них, т. е. при прочих приемлемых условиях более экономичный вариант.

Таким образом, расчеты такого рода всегда должны основываться на сопоставлении двух или более альтернатив.

В связи с этим, если принять наименее капиталоемкий вариант достижения цели как базисный, денежные потоки любой другой альтернативы могут быть определены как разность между релевантными затратами по базисному и по анализируемому вариантам. Денежный поток, определенный таким образом ( $\Delta CF$ ), называется *дифференциальным*:

$$\Delta CF = CF_a - CF_0, \quad (13)$$

где  $CF_0$  — денежный поток релевантных затрат по базисному варианту в период времени  $t$  (руб.);

$CF_a$  — то же по рассматриваемой альтернативе (руб.).

Дифференциальный денежный приток в каждый период времени является следствием вложения дополнительных капиталов в долгосрочные активы в период внедрения мероприятия, т. е. в нулевой период. Поскольку эффект от мероприятия растянут во времени, дифференциальные денежные потоки должны быть приведены к моменту оценки с помощью дисконтирования. В качестве ставки дисконта в этом случае удобно брать средневзвешенную стоимость капитала для предприятия, осуществляющего проект.

Методические подходы к оценке дифференциального денежного потока для различных типов мероприятий внутрифирменного характера приведены в табл. 41.

Покажем технику расчета эффекта от технического мероприятия с использованием дифференциального денежного потока.

Таблица 41

**Внутрипроизводственные мероприятия, эффективность которых может быть рассчитана с использованием NPV**

<i>Мероприятие</i>	<i>Денежный приток</i>	<i>Денежный отток</i>
Изменение коллекционной политики (взаиморасчетов с дебиторами)	Сокращение неплатежей, деzinвестирование при сокращении срока погашения дебиторской задолженности	Загрaты на осуществление новой коллекционной политики
Изменение платежной политики (взаиморасчетов с кредиторами)	Появление источника временно свободных денежных средств	Нестабильность поставок, риск потери поставщиков
Изменение организации работ, управление запасами	Деzinвестирование связанных оборотных средств (снижение потребности в запасах и т. п.)	Загрaты на осуществление мероприятия
Внедрение новой производительной техники	Дополнительный денежный поток в результате повышения производительности	Инвестиции в покупку оборудования, разработку новой техники, изменение риска
Внедрение новой производительной техники	Сокращение затрат по сравнению с базовым вариантом	Инвестиции в покупку оборудования и др.

Окончание табл. 41

Мероприятие	Денежный приток	Денежный отток
Повышение квалификации персонала (замена специалистов на более квалифицированных)	Более высокая производительность в перспективе, прибыль от более качественного выполнения работ	Более высокая оплата труда
Продажа активов	Получение дохода от реализации	Потери текущих доходов от активов
Использование коммерческих посредников	Приток от ускорения оборачиваемости запасов готовой продукции, увеличения объемов реализации	Вознаграждение посредников
Переориентация на новые источники сырья, материалов	Более высокая производительность, дезинвестирование запасов, сокращение издержек по транспортировке, снижение цен и т. п.	Изменение технологического риска, затраты, связанные с освоением новых источников

Пример 34. Проектом осуществления доразведки запасов полезного ископаемого в пределах горного отвода предусмотрена проходка разведочных выработок — канав и траншей в объеме, равном в среднем  $221\,349\text{ м}^3$  в год в течение 10 лет. Возможны два варианта осуществления проходки: бульдозером и буровзрывным способом (“на выброс”).

Какой из вариантов более предпочтителен?

Проходка буровзрывным способом представляет собой менее капиталоемкий вариант — принимаем его как базовый (табл. 42).

*Расчет дополнительных капитальных издержек*

Годовая производительность бульдозера:

$$234\text{ м}^3/\text{смену} \times 0,52 \times 307\text{ смен} = 37\,356\text{ м}^3/\text{год}.$$

Потребность в бульдозерах:

$$\frac{221\,349\text{ м}^3}{37\,356\text{ м}^3/\text{машину}} = 5,925\text{ машины} \approx 6\text{ машин}.$$

Капитальные затраты:

$$6\text{ машин} \times 60\,236\text{ долл./машину} = 361\,416\text{ долл}.$$

*Расчет ежегодного дифференциального денежного притока*

Используем следующую модификацию формулы (13):

$$\Delta CF_t = \Delta CGD_t(1 - T) + D,$$

где  $\Delta CGD_t$  — разница в годовой себестоимости осуществления горных работ по базовому и анализируемому вариантам (в себестоимость включена амортизация) в период  $t$  (долл.);

$T$  — ставка налога на прибыль (%);

$D$  — годовая амортизация по анализируемому варианту (долл.).

Текущие затраты:

— базовый вариант —

$$\frac{221\,349\text{ м}^3}{34\text{ м}^3/\text{бригадо-смену}} \times 78\text{ долл.} = 507\,801\text{ долл.};$$

Таблица 42

## Ожидаемые количественные характеристики проекта

Показатели	Значения
Среднегодовой объем работ, м <sup>3</sup>	221 349
Фонд рабочего времени в год, смены	307
<i>Базовый вариант:</i>	
Производительность труда, м <sup>3</sup> / бригадо-смену	34
Стоимость 1 бригадо-смены, долл.	78
Норма запаса (материалы для буровзрывных работ), % годового объема работ	3
<i>Альтернативный вариант:</i>	
Стоимость бульдозера (ДЗ-27), долл.	60 236
Производительность бульдозера (ДЗ-27), м <sup>3</sup> / машино-смену	234
Коэффициент использования по времени (коэффициент экстенсивного использования)	0,52
Стоимость 1 машино-смены, долл.	180
Годовая норма амортизации, %	10
Норма запаса (топливо, запчасти, инструменты), % годового объема работ по смете	10
Средневзвешенная стоимость капитала предприятия, % годовых	20
Ставка налога на прибыль, %	20

— альтернативный вариант —

$$\frac{221\,349 \text{ м}^3}{234 \text{ м}^3/\text{машино-смену} \times 0,52} \times 180 \text{ долл.} = 327\,439 \text{ долл.}$$

Амортизация:

$$D = 361\,416 \text{ долл.} \times 0,1 = 36\,142 \text{ долл.}$$

Годовой денежный приток:

$$\begin{aligned} \Delta CF_t &= (507\,801 \text{ долл.} - 327\,439 \text{ долл.})(1 - 0,2) + 36\,142 \text{ долл.} = \\ &= 180\,431,6 \text{ долл.} \end{aligned}$$

*Расчет дополнительных инвестиций*

Прирост рабочего капитала:

$$\Delta NWC = 327\,439 \text{ долл.} \times 0,1 - 507\,801 \text{ долл.} \times 0,03 = 17\,510 \text{ долл.}$$

Дополнительные инвестиции:

$$\Delta CF_0 = -361\,416 \text{ долл.} - 17\,510 \text{ долл.} = -378\,926 \text{ долл.}$$

*Расчет критерия оценки эффективности инвестиционного решения*

Если средневзвешенная стоимость капитала WACC равна 20% годовых, то

$$\begin{aligned} \Delta NPV &= -378\,926 \text{ долл.} + 180\,431,6 \text{ долл.} \times a_{10;20\%} + \frac{17\,510 \text{ долл.}}{1,2^{10}} = \\ &= 380\,356,4 \text{ долл.}, \end{aligned}$$

что означает выгодность варианта проходки канав и траншей бульдозером, который позволяет сэкономить затраты на осуществление работ и получить за счет этого эффект, в приведенной оценке равный 380 356,4 долл.

Как следует из табл. 41, с помощью дифференциального денежного потока можно обосновать не только технические и технологические, но и организационные решения, например, изменение политики компании по отношению к дебиторам (коллекционной политики),

кредиторам (платежной политики), методов управления запасами и т. п. Рассмотрим еще одну ситуацию, относящуюся к обоснованию гибкой шкалы цен в зависимости от сроков оплаты счетов покупателями продукции. В этой ситуации задана величина торговой скидки (дисконта) и требуется установить, выгодно ли осуществлять продажи на таких условиях. Однако проблему можно поставить иначе: обосновать максимальный размер дисконта, при котором предприятие не потерпит убытков. Как видим, инструментом для решения подобных задач также могут быть дифференциальный денежный поток и чистая приведенная ценность  $\Delta NPV$  как критерий для принятия решения ( $\Delta$  показывает, что расчет производится по дифференциальному потоку).

**Пример 35.** Корпорация  $N$  занимается производством смартфонов. Средний срок погашения дебиторской задолженности в данной корпорации составляет 3,32 месяца. Менеджер корпорации полагает, что введение дисконта в размере 7% цены товара за немедленную оплату продукции может привести к следующим результатам:

- а) в оптимистичном сценарии 40% всего товара будет продаваться с дисконтом (вероятность — 0,6);
- б) в пессимистичном сценарии 15% всей продукции пойдет по сниженной цене (вероятность — 0,4).

Выгодно ли вводить дисконт, если:

- среднегодовой объем реализации в фирме равен 17 328 тыс. долл. США;
- текущие затраты составляют 63,6% объема реализации и не изменятся при введении дисконта;
- ставка налога на прибыль — 20%.

При решении задачи считать, что мероприятие продлится 10 лет, средневзвешенная стоимость капитала корпорации — 21% годовых в долл. США, денежные потоки корпорации приблизительно равны ее прибыли после уплаты налога на прибыль.

Средний срок погашения дебиторской задолженности в месяцах определяется по формуле

$$t = \frac{\text{Дебиторская задолженность}}{\text{Годовой объем реализации}} \times 12 \text{ мес.}$$

При сроке погашения дебиторской задолженности 3,32 мес. и годовом объеме реализации 17 328 тыс. долл. инвестиции предприятия в дебиторскую задолженность составляют

$$\frac{3,32 \text{ мес.}}{12 \text{ мес.}} \times 17\,328 \text{ тыс. долл.} = 4\,794,1 \text{ тыс. долл.}$$

Если с момента введения дисконта 40% всего объема реализации пойдет по уменьшенной цене, можно предположить, что и размер инвестиций ( $I$ ) в дебиторскую задолженность тоже сократится на 40%:

$$\Delta I = -0,4 \cdot 4\,794,1 = -1\,917,6 \text{ (тыс. долл.)},$$

хотя при более глубоком анализе это должно зависеть от того, кто из дебиторов воспользуется дисконтом.

При сокращении на 15% размер дивестируемых средств составит

$$\Delta I = -0,15 \cdot 4\,794,1 = -719,1 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Вместе с тем чистая прибыль корпорации  $N$  в настоящее время равна

$$CF_{\text{base}} = (17\,328 - 0,636 \cdot 17\,328)(1 - 0,2) = 5\,045,9 \text{ (тыс. долл.)}.$$

После введения мероприятия она изменится либо до

$$CF_{\text{opt}} = (17\,328 \cdot 0,6 + 17\,328 \cdot 0,4(1 - 0,07) - 0,636 \cdot 17\,328) \times \\ \times (1 - 0,2) = 4\,657,8 \text{ (тыс. долл.)},$$

либо до

$$CF_{\text{res}} = (17\,328 \cdot 0,85 + 17\,328 \cdot 0,15(1 - 0,07) - 0,636 \cdot 17\,328) \times \\ \times (1 - 0,2) = 4\,900,4 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Тогда изменение чистой прибыли в одном случае составит

$$\Delta CF_{\text{opt}} = 4\,657,8 - 5\,045,9 = -388,1 \text{ (тыс. долл. в год)},$$



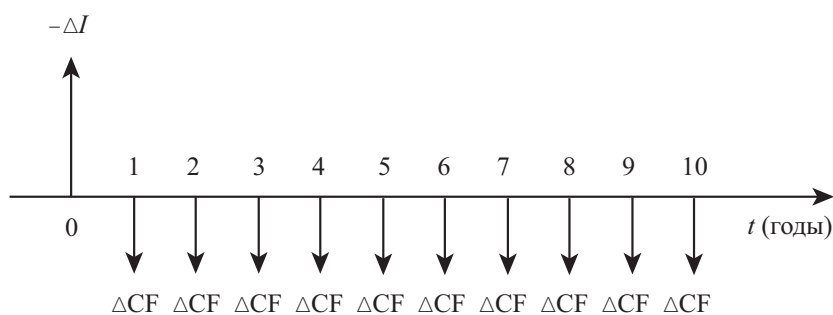


Рис. 34. Диаграмма дифференциальных денежных потоков

а в другом —

$$\Delta CF_{\text{pes}} = 4\,900,4 - 5\,045,9 = -145,5 \text{ (тыс. долл. в год).}$$

Диаграмма дифференциальных денежных потоков по данной задаче показана на рис. 34.

Чистый приведенный доход в случае поставки 40% продукции с дисконтом будет равен

$$\Delta NPV_{\text{opt}} = 1\,917,6 - 388,1 a_{10;21\%} = 344,2 \text{ (тыс. долл.),}$$

а в случае поставки 15% продукции с дисконтом —

$$\Delta NPV_{\text{pes}} = 719,1 - 145,5 a_{10;21\%} = 129,2 \text{ (тыс. долл.).}$$

Таким образом, даже в худшем случае введение дисконта выгодно. Ожидаемый чистый приведенный доход мероприятия составит

$$E[\Delta NPV] = \Delta NPV_{\text{opt}} \cdot 0,6 + \Delta NPV_{\text{pes}} \cdot 0,4 = 344,2 \cdot 0,6 + 129,2 \cdot 0,4 = 258,2 \text{ (тыс. долл.).}$$

Тогда было бы логично поставить обратную задачу: *какой максимальный размер дисконта может предложить своим покупателям предприятие с заданными усредненными характеристиками объема реализации, срока погашения дебиторской задолженности и затрат?*

Обозначив размер дисконта как  $d$ , можем записать функцию ожидаемого чистого приведенного дохода:

$$E[\Delta NPV] = \\ = \{1917,6 + [17328(0,6 + 0,4(1 - d) - 0,636)0,8 - 5045,9] a_{10;21\%}\} 0,6 + \\ + \{719,1 + [17328(0,85 + 0,15(1 - d) - 0,636)0,8 - 5045,9] a_{10;21\%}\} 0,4.$$

Тогда  $d$  можно найти из этого выражения, к примеру, методом линейной интерполяции. Нетрудно догадаться из формул (4) и (5) (параграф 2.6), что в данной задаче можно использовать подобную формулу, т. е.

$$d = d_1 + \frac{E[\Delta NPV]_1}{E[\Delta NPV]_1 - E[\Delta NPV]_2} (d_2 - d_1). \quad (14)$$

$E[\Delta NPV]_1$  нам уже известно. Точное его значение — это  $E[\Delta NPV]_{7\%} = 258,071$  тыс. долл. Тогда используя выражение для функции ожидаемого чистого приведенного дохода  $E[\Delta NPV]$ , зависящей от  $d$ , нетрудно найти  $E[\Delta NPV]_2$ , т. е., например,  $E[\Delta NPV]_{10\%} = -247,722$  тыс. долл. Подставляя данные в формулу (14), получим

$$d = 0,07 + \frac{258,071}{258,071 + 247,722} (0,1 - 0,07) = 0,085307,$$

т. е.  $d = 8,5307\%$ .

Проверка дает результат

$$E[\Delta NPV]_{8,5307\%} = -0,001699 \approx 0.$$

Чтобы избежать подобных достаточно громоздких вычислений на калькуляторе, а также чтобы найти точное значение ставки  $d$ , если это необходимо, можно вычислить ее, например, в пакете *Maple*. Для этого набираем в нем следующий текст программы:

```
> solve((1917.6+(17328*(.6+.4*(1-x)-.636)*.8-5045.9)
*(1-1.21^(-10))/(.21))* .6+(719.1+(17328*(.85+.15
*(1-x)-.636)*.8-5045.9)*(1-1.21^(-10))/(.21))* .4=0);
```

В результате получается  $d = 8,53068992\%$ .

Кроме того, для получения наглядного представления зависимости  $E[\Delta NPV]$  от  $d$  можно использовать, к примеру, пакет *Matlab*. Для этого набираем в нем следующий текст программы:

```
>> x=0:0.001:0.16
>> y=(1917.6+(17328*(0.6+0.4*(1-x)-0.636).*0.8-5045.9)
.*(1-1.21^(-10))/0.21).*0.6+(719.1+(17328*(0.85+0.15
*(1-x)-0.636).*0.8-5045.9).*(1-1.21^(-10))/0.21).*0.4
>> plot(x,y)
>> grid on
>> xlabel('\itd')
>> ylabel('E[\Delta NPV] (`000 USD)')
```

На рис. 35 показан результат программы.

#### 4.6. Влияние инфляции на инвестиционную активность

*Инфляция* — это процесс неуклонного роста цен в экономике в связи с опережением темпов роста денежной массы по сравнению с ростом товарной массы.

Высокая и непредсказуемая инфляция сдерживает инвестиционную активность в экономике по нескольким причинам:

1. Инфляция снижает покупательную способность населения, чьи доходы отстают по темпам роста от уровня цен. Таким образом, сокращается платежеспособный спрос на продукты и услуги большинства проектов.

2. Инфляция способна снизить ритмичность производства, поскольку может создать проблемы с поставками сырья, материалов, топлива, дестабилизировать обстановку на рынке труда.

3. Инфляция может служить причиной увеличения инвестиций в связи с повышением производственных запасов. Готовясь к будущему росту цен, предприятие вынуждено формировать запасы сегодня, снижая их оборачиваемость и инвестируя в них дополнительные средства. Кроме того, стоимость капитальных работ и соответственно капитальные издержки также могут повыситься.

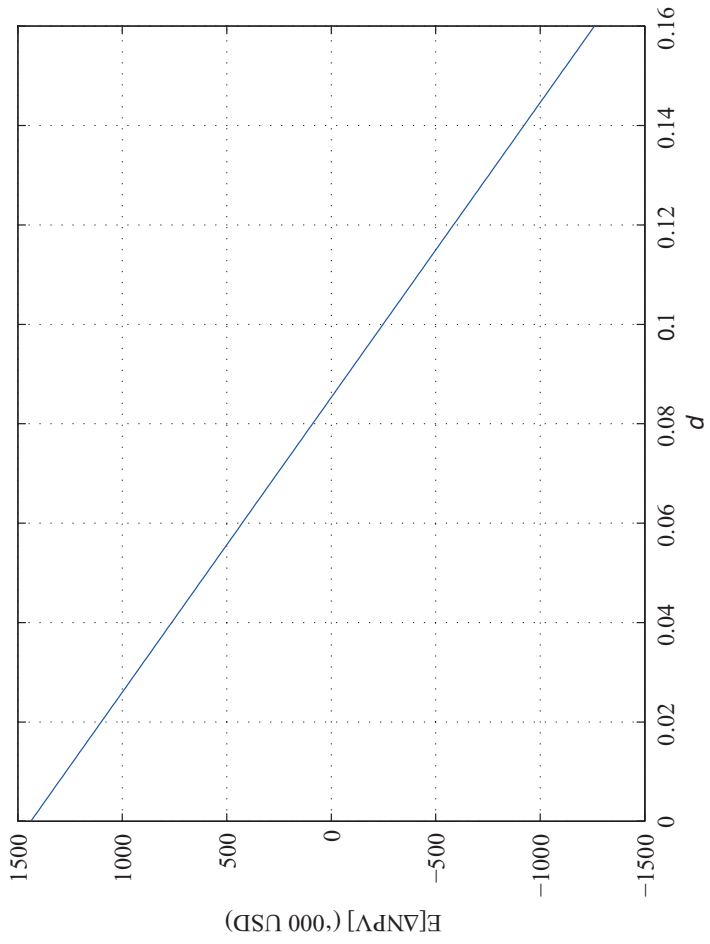


Рис. 35. Зависимость ожидаемого чистого приведенного дохода  $E[\Delta NPV]$  от дисконта  $d$

Все эти влияния можно учесть, если строить расчет эффективности инновационного проекта исходя из пессимистических оценок объемов сбыта продукции, инвестиций и текущих затрат.

Вместе с тем относительно невысокая инфляция может создать благоприятные условия для развития отраслей экономики, ориентированных на экспорт, улучшить внешнеторговый баланс и тем самым повысить стоимость активов страны, поддержать капитализацию фондового рынка.

#### 4.7. Расчет на реальной и номинальной основе

Учесть инфляцию при анализе инновационного проекта можно двумя способами:

- 1) осуществив расчет *на номинальной основе*, т. е. задавшись определенным среднегодовым уровнем инфляции;
- 2) произведя расчеты *на реальной основе*, т. е. оценив денежные потоки проекта в постоянных ценах.

**Пример 36.** Проект выпуска мини-вездехода на действующем автомобильном заводе рассчитан на 10 лет. Продукт проекта — уникальное экологически безопасное транспортное средство повышенной проходимости, предназначенное для круглогодичной эксплуатации в тундровой и песчаной зоне.

Исходные данные в постоянных ценах нулевого периода представлены в табл. 43.

Средневзвешенная стоимость капитала автомобильного завода —  $WACC = 30\%$  годовых, инфляция —  $h = 20\%$  годовых.

1. Расчет на реальной основе (в постоянных ценах)

$$CF_0 = -54\,450 \text{ тыс. руб.};$$

$$CF_t = 94\,500 - 58\,170 - 6\,306 = 30\,024 \text{ (тыс. руб.) } (i = \overline{1,9});$$

$$CF_{10} = 30\,024 + 3\,450 = 33\,474 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Формула Фишера для реальной ставки цены капитала:

$$i = \frac{1+r}{1+h} - 1, \quad (15)$$

где  $r$  — номинальная ставка (%).

Таблица 4.3

Исходные данные в постоянных ценах нулевого периода (тыс. руб.)

Показатели	Значения
1. Инвестиции в $t = 0$ (кап. вложения и начальный рабочий капитал) ( $I$ )	54 450
2. Ежегодная выручка (NS)	94 500
3. Ежегодные затраты (без амортизации) ( $CS - D$ )	58 170
4. Ежегодная амортизация ( $D$ )	4 800
5. Ежегодная прибыль (ЕВТ)	31 530
6. Ежегодный налог на прибыль (Tax) ( $T = 20\%$ )	6 306
7. Остаточная стоимость в $t = 10$ ( $L$ )	3 450

По формуле Фишера (14) получаем, что

$$i = \frac{1 + 0,3}{1 + 0,2} - 1 = 0,083333 \text{ (8,3333\%)}$$

Тогда NPV проекта составит

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= -54\,450,3 + 30\,024 \cdot a_{9,8,3333\%} + \frac{33\,474}{1,083333^{10}} = \\ &= 145\,569 \text{ (тыс. руб.)} \end{aligned}$$

2. Расчет на номинальной основе (в переменных ценах)

Денежные потоки инновационного проекта рассчитаны исходя из ожидаемого роста стоимостных показателей на 20% ежегодно (табл. 44).

Таблица 44

**Денежные потоки инновационного проекта по годам (млн руб.)**

Год	0	1	2	3	4	5
CF	-54,45	36,03	43,23	51,88	62,26	74,71

Год	6	7	8	9	10
CF	89,65	107,58	129,1	154,92	207,26

Тогда NPV проекта составит

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= -54,45 + \frac{36,03}{1,3} + \frac{43,23}{1,3^2} + \frac{51,88}{1,3^3} + \frac{62,26}{1,3^4} + \frac{74,71}{1,3^5} + \\ &+ \frac{89,65}{1,3^6} + \frac{107,58}{1,3^7} + \frac{129,1}{1,3^8} + \frac{154,92}{1,3^9} + \frac{207,26}{1,3^{10}} = 145,567 \text{ (млн руб.)} \end{aligned}$$

*Вывод:* Оба метода расчета дают одинаковый результат.

#### 4.8. Решение проблемы неравномерности инфляции

В литературе иногда встречается мнение о том, что неравномерный характер инфляции на развивающихся рынках, в частности, в России, приводит к необходимости применения переменных ставок дисконта при анализе инвестиционных и инновационных проектов.

Эта точка зрения популярна, хотя не совсем корректна. Против нее можно высказать несколько аргументов:

1. Инфляция плохо предсказуема (особенно в России).
2. Переменные ставки дисконта затрудняют применение иных, чем NPV, критериев.
3. Количество экзогенных переменных в модели увеличится, что усложнит подготовку исходных данных.
4. Ставка дисконта проекта, установленная на базе рациональных ожиданий по поводу будущего, отражает ожидаемые изменения инфляции в течение срока жизни проекта.
5. Увеличение точности прогноза инфляции на результатах оценки практически не сказывается.

**Пример 36** (продолжение). Пусть, начиная с 6-го года, инфляция составит 25% годовых.

Во-первых, изменятся денежные потоки проекта. В табл. 45 представлена их величина с учетом ускорения роста цен в 6-й год.

Таблица 45

##### Денежные потоки инновационного проекта по годам с учетом ускорения роста цен в 6-й год (млн руб.)

Год	0	1	2	3	4	5
CF	-54,45	36,03	43,23	51,88	62,26	74,71

Год	6	7	8	9	10
CF	93,39	116,73	145,92	182,4	254,19



Во-вторых, изменятся ставки дисконта. С ростом инфляции возрастут и номинальные процентные ставки. До 5-го года включительно ставка дисконта составит 30% годовых, а начиная с 6-го года с учетом инфляционного роста цен — повысится. Ее величину можно оценить, воспользовавшись формулой Фишера (14) в другом ее варианте:

$$r = i + h + ih.$$

Таким образом, начиная с 6-го года, номинальная ставка составит

$$r = 0,083333 + 0,25 + 0,083333 \cdot 0,25 = 0,354166 \text{ (35,4166\%)}.$$

Для получения NPV в этом случае применим дисконтирование по переменным ставкам:

$$\begin{aligned} NPV = & -54,45 + \frac{36,03}{1,3} + \frac{43,23}{1,3^2} + \frac{51,88}{1,3^3} + \frac{62,26}{1,3^4} + \frac{74,71}{1,3^5} + \\ & + \frac{93,39}{1,3^5 \cdot 1,354166} + \frac{116,73}{1,3^5 \cdot 1,354166^2} + \frac{145,92}{1,3^5 \cdot 1,354166^3} + \\ & + \frac{182,4}{1,3^5 \cdot 1,354166^4} + \frac{254,19}{1,3^5 \cdot 1,354166^5} = 145,568 \text{ (млн руб.)}. \end{aligned}$$

*Вывод:* Расчет с переходом на переменные ставки усложнился, а результат остался тем же самым.

#### 4.9. Методологические ошибки, допускаемые при учете инфляции

При осуществлении практических расчетов довольно часто допускаются два вида ошибок, связанных с учетом инфляции:

1. Использование номинальной ставки по кредиту вместо реальной при оценке на реальной основе.
2. Неоправданное стремление упростить расчет за счет применения приближенных формул.

**Ошибка первого вида.** Она состоит в том, что при выборе методики расчета на реальной основе иногда забывают, что зачастую

необходимо привести к реальной ставке не только требуемый уровень доходности на собственный капитал, но и ставку по кредитам и займам, предоставленным проекту. В результате цены при определении денежных потоков принимаются постоянными, а ставка по кредиту остается высокой, поскольку в ней учтена инфляционная премия. Иногда такого рода ошибки бывают заложены в принятых в России методических рекомендациях.

К чему это приводит, показывает приведенная ниже ситуация.

**Пример 36** (продолжение). Предположим, для осуществления инновационного проекта нам предоставлен кредит 10 млн руб. под 20% годовых на 2 года (проценты выплачиваются в конце каждого года, а основной долг — в конце 2-го года). Вместе с тем наши собственные требования к доходности проекта остались на уровне 30% годовых несмотря на возросший финансовый риск. Произведем анализ проекта на реальной основе, используя технику остаточного денежного потока (RCF).

Используем номинальную ставку по кредиту (табл. 46).

Таблица 46

**Остаточный денежный поток проекта по годам  
(тыс. руб.)**

Год	0	1	2	3÷9	10
CF	-54 450	30 024	30 024	30 024	33 474
Debt	10 000	0	-10 000	0	0
In	0	-2 000	-2 000	0	0
In · T	0	400	400	0	0
RCF	-44 450	28 424	18 424	30 024	33 474

Тогда NPV проекта составит

$$\begin{aligned}
 NPV &= -44\,450 + \frac{28\,424}{1,083333} + \frac{18\,424}{1,083333^2} + \\
 &+ 30\,024 \cdot a_{7;8,3333\%} \cdot \frac{1}{1,083333^2} + \frac{33\,474}{1,083333^{10}} = \\
 &= 144\,208 \text{ (тыс. руб.)} < 145\,569 \text{ тыс. руб.}
 \end{aligned}$$

Получили противоречие: ставка по кредиту  $20\% < WACC$ , кроме того, появился налоговый щит, а NPV не увеличился, а снизился.

Это произошло потому, что мы допустили методическую ошибку в расчетах: использовали номинальную процентную ставку по кредиту и не скорректировали ее и сумму основного долга на инфляцию (20% годовых).

Чтобы устранить эту ошибку, скорректируем финансовый поток с учетом того, что ни проценты по кредиту, ни основной долг по уровню инфляции не индексируются.

Финансовый поток (FF), отражающий получение кредита и платежи по его обслуживанию ( $Debt + In(1 - T)$ ), с учетом внесенных изменений будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned}
 t = 0 : & \quad 10\,000 \text{ тыс. руб.}; \\
 t = 1 : & \quad -\frac{1\,600}{1,2} = 1\,333,33 \text{ (тыс. руб.)}; \\
 t = 2 : & \quad -\frac{11\,600}{1,2^2} = 8\,055,56 \text{ (тыс. руб.)}.
 \end{aligned}$$

Теперь определим остаточный поток (табл. 47).

Таблица 47

**Новый остаточный денежный поток проекта по годам  
(тыс. руб.)**

Год	0	1	2	3÷9	10
CF	-54 450	30 024	30 024	30 024	33 474
FF	10 000	-1 333,33	-8 055,56	0	0
RCF	-44 450	28 690,67	21 968,44	30 024	33 474

Тогда NPV проекта составит

$$\begin{aligned}
 NPV &= -44\,450 + \frac{28\,690,67}{1,083333} + \frac{21\,968,44}{1,083333^2} + \\
 &+ 30\,024 \cdot a_{7;8,3333\%} \cdot \frac{1}{1,083333^2} + \frac{33\,474}{1,083333^{10}} = \\
 &= 147\,474 \text{ (тыс. руб.)} > 145\,569 \text{ тыс. руб.}
 \end{aligned}$$

*Вывод:* Получение дешевого кредита повысило эффект от инновационного проекта.

**Ошибка второго вида.** Она возникает тогда, когда люди, стремясь упростить расчет, используют приближенные формулы и модели, забывая об условиях их применения. Так, например, квартальную или месячную инфляцию переводят в годовую путем простого умножения ставки на число кварталов или месяцев в году, полагая, что не делают при этом большой погрешности.

Упрощенный вариант формулы Фишера  $r = i + h + ih$  при  $ih \approx 0$  выглядит как  $r = i + h$ . Но это выполняется лишь при инфляции не более 10%. Поэтому в мировой практике последняя формула применяется, а в условиях развивающихся рынков с высокими уровнями требуемой доходности и значительной инфляцией приводит к существенным ошибкам. Сколь велики могут быть эти ошибки, показывает приведенная ниже ситуация.

**Пример 37.** Предположим, инфляция за последний месяц составила 4% и нет никаких оснований рассчитывать, что она снизится в течение ближайшего года. Банк предлагает 54% годовых в рублях по безотзывным вкладам сроком на год. Какова доходность в реальном выражении?

Существуют два неправильных убеждения:

1. Расчет можно производить по упрощенной формуле  $i = r - h$ .
2. Расчет по простым процентам дает результат, близкий к использованию сложного процента.

Тогда

$$h = 4\% \cdot 12 \text{ мес.} = 48\% \text{ годовых}; \quad i = 54\% - 48\% = 6\% \text{ годовых.}$$

Если банк достаточно надежен, такая реальная ставка может многих заинтересовать.

На самом деле, поскольку инфляция каждого месяца определяется по отношению к уровню цен на начало месяца, перевод инфляции в годовую ставку необходимо осуществлять по принципу сложных процентов:

$$h = (1 + 0,04)^{12} - 1 = 1,601032 \text{ (60,1032\%)}.$$

Для определения реальной ставки следует применять формулу Фишера (14):

$$i = \frac{1+r}{1+h} - 1 = \frac{1+0,54}{1+0,601032} - 1 = -0,03812 \text{ (-3,812\% годовых)}.$$

Согласитесь: 6% годовых и -3,812% годовых — довольно ощутимая разница для инвестора.

## 4.10. Задачи

### Задача 1

Геологоразведочное предприятие ведет буровые работы в малоосвоенных районах Севера России станками УКБ-5 (средняя мощность четырех станков  $S = 228$  кВт·А). Для осуществления работ проектируется система электроснабжения, в том числе питающая линия с напряжением  $U = 10$  кВ. Работа станков организована по трехсменному графику (продолжительность смены — 7 ч), без выходных, коэффициент экстенсивного использования машин 0,7 (т. е. станки находятся в работе 70% всего сменного времени).

Провода строящейся линии выполнены из металла, удельная проводимость которого  $G = 32$  м/Ом·мм<sup>2</sup>, стоимость провода  $b = 4,2$  долл./км·мм<sup>2</sup>. Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии  $c = 0,0065$  долл. (17,55 коп. при курсе доллара 27 руб. за 1 долл.).

Предполагаемый срок эксплуатации линии равен  $n = 10$  лет, стоимость капитала предприятия  $k = 15\%$  годовых в долл. США. Требуется определить экономически целесообразный тип провода по размеру поперечного сечения.

**Р е ш е н и е.** Поперечное сечение проводов линий электропередачи должно определяться с учетом как технических, так и экономических требований. Первые из них определяют необходимость расчета проводов как по условиям нагрева, так и по потере напряжения, поскольку при передаче высоких нагрузок определяющим является нагрев, а при относительно небольших нагрузках — расстояние, с которым непосредственно связаны потери напряжения.

По величине тока  $I$  и относительным потерям напряжения  $\xi$ , полученным в результате расчета по нижеприведенным известным формулам, с использованием справочных таблиц выбирают требуемое сечение проводов:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U}; \quad \Delta U = \sqrt{3} Il(R_0 \cos \varphi + X_0 \sin \varphi); \quad \xi = \frac{\Delta U}{U} 100\%,$$

где  $S$  — передаваемая нагрузка (кВ·А);

$U$  — напряжение в линии (кВ);

$l$  — длина линии (км);

$R_0 \cos \varphi + X_0 \sin \varphi$  — расчетное сопротивление линии (кОм).

Выбранное по техническим критериям, сечение проводов может оказаться неоптимальным в экономическом отношении, т. к. с увеличением его площади снижаются потери энергии, а, следовательно, и эксплуатационные расходы.

Формула, с помощью которой в технической литературе иногда рекомендуется проверять принимаемое сечение на экономичность, выведена исходя из минимизации “приведенных затрат” — критерия, применявшегося в экономике СССР для обоснования решений по капитальным вложениям.

Сейчас этот критерий не используется, и поэтому для решения поставленной задачи должен быть применен иной критерий оптимизации. Таким критерием может стать наиболее популярный в современной практике анализа инвестиций показатель NPV, рассчитанный по дифференциальному денежному потоку, т. е. по денежному потоку, определенному как разница между релевантными затратами (текущими и капитальными) по различным вариантам, характеризующимся разным сечением проводов.

Пусть существуют два варианта строительства линии электропередачи.

По *первому варианту* сечение проводов равно  $s$ . Годовые текущие издержки, связанные с потерями электроэнергии при эксплуатации линии, равны

$$C = \frac{S^2 T}{U^2 G_s} c,$$

где  $S$  — полная мощность (кВ·А);

$T$  — продолжительность использования нагрузки в год (ч);

$G$  — удельная проводимость материала (м/Ом·мм<sup>2</sup>);

$c$  — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии (долл.).

Капиталовложения в создание линии электропередачи (ЛЭП) равны

$$IC = a + bs,$$

где  $a$  — часть капиталовложений, не зависящая от площади сечения проводов (стоимость опор, затраты, направленные на их перевозку, оплата труда работников при сооружении линии и т. п.) (руб.);

$b$  — часть стоимости сооружения ЛЭП, относимая на 1 мм<sup>2</sup> площади сечения  $s$  (стоимость самих проводов, которая увеличивается при увеличении сечения) (руб.).

Расчеты показывают, что с учетом плотности алюминия и цен, сложившихся на этот металл на мировом рынке, для алюминиевых проводов в большинстве случаев параметр  $b$  может быть принят на уровне 4,2 долл./км·мм<sup>2</sup>.

*Второй вариант* состоит в том, что мы увеличим площадь сечения на величину приращения  $\Delta s$ .

При сроке эксплуатации ЛЭП, равном  $n$ , диаграмма дифференциального денежного потока будет выглядеть так, как это показано на рис. 36.

Чистый приведенный доход такого денежного потока будет равен

$$\Delta NPV = -\Delta IC + \Delta C a_{n;k}.$$

Чтобы получить сечение провода, соответствующее максимальному значению NPV, распишем сначала

$$NPV = -IC - C a_{n;k} = -(a + bs) - \frac{S^2 T}{U^2 G s} c a_{n;k},$$

а затем приравняем производную по  $s$  в точке максимума к нулю (максимум функции NPV легко проверить с помощью второй производной — она будет меньше нуля):

$$\frac{d(NPV)}{ds} = -b + \frac{S^2 T}{U^2 G s^2} c a_{n;k} = 0.$$

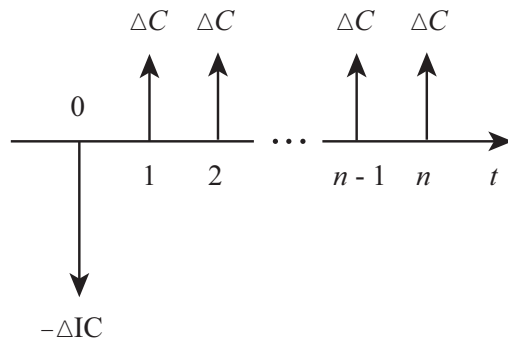


Рис. 36. Диаграмма дифференциального денежного потока

После несложных преобразований получим следующее выражение для нахождения экономически целесообразного сечения провода:

$$s^* = \frac{S}{U} \sqrt{\frac{Tca_{n;k}}{Gb}}$$

Среднее время работы буровых установок в году, или продолжительность использования нагрузки ( $T$ ), определяем как

$$T = 365 \text{ дней/год} \times 3 \text{ смены/день} \times 7 \text{ ч/смена} \times 0,7 = 5\,365,5 \text{ ч/год.}$$

Тогда

$$s^* = \frac{228}{10} \sqrt{\frac{5\,365,5 \cdot 0,0065 \cdot a_{10;15\%}}{32 \cdot 4,2}} = 26,02 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отсюда по экономическому расчету наилучшей будет стандартная площадь провода, наиболее близкая к  $26,02 \text{ мм}^2$ , т. е.  $26 \text{ мм}^2$ .

Однако помимо экономических показателей в таких расчетах следует учитывать и чисто технические соображения (условия нагрева, термическую устойчивость, потери напряжения).

Таким образом, полученный результат — лишь один из аргументов в пользу выбора именно такой площади сечения.



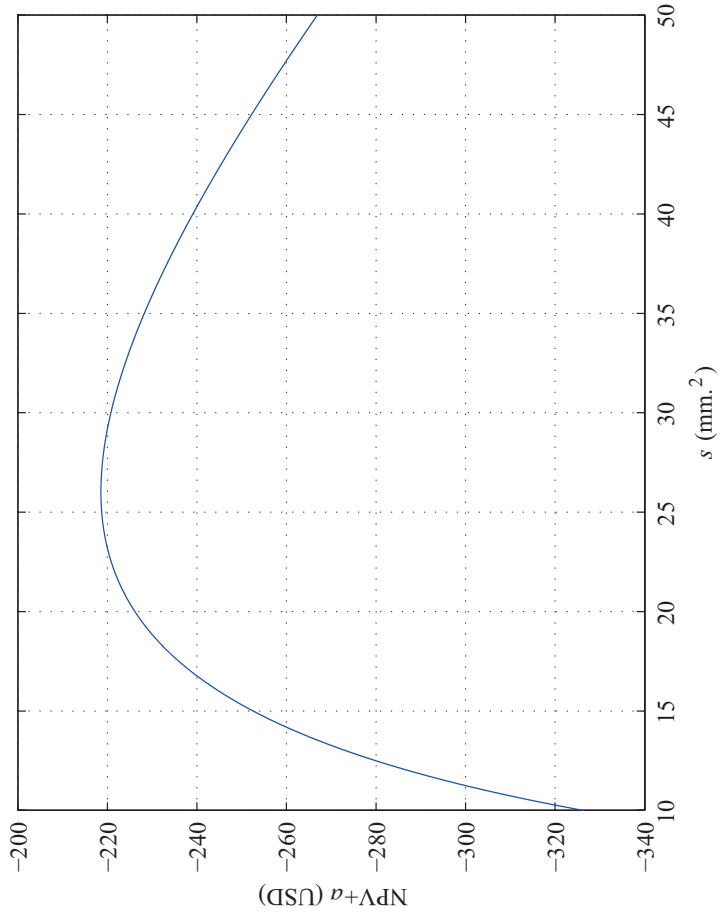


Рис. 37. Зависимость NPV +  $a$  от площади провода  $s$

Наконец, решение задачи можно проверить графически. Для этого в пакете *Matlab* набираем следующий текст программы:

```
>> x=10:0.001:50
>> y=-4.2*x-((228^2)*5365.5*0.0065*(1-1.15^(-10)))
./((10^2)*32*x.*0.15)
>> plot(x,y)
>> grid on
>> xlabel('\its (mm.^2)')
>> ylabel('NPV+\ita (USD)')
```

На рис. 37 показан результат программы.

## Глава 5

### Расчет средневзвешенной стоимости капитала

#### 5.1. Три подхода к определению ставки дисконта инновационного проекта

Эффект любого инновационного проекта зависит не только от того, насколько правильно и корректно оценены его будущие денежные потоки. Значительное влияние на результаты расчетов оказывает принятая ставка дисконта. Образно говоря, ставка дисконта — это то норматив, который должен преодолеть проект, чтобы его могли оценить как эффективный.

Совершенно ясно, что результат сдачи любого норматива (спортивного, производственного или финансового) во многом определяется тем, на каком уровне этот норматив установлен. Если, например, он устанавливается произвольно, то и результат его сдачи будет также произволен.

Другими словами, любой проект можно сделать выгодным, понизив ставку дисконта в оценочных расчетах, и любой проект можно представить как невыгодный, увеличив ее. Как же определяется эта ставка?

Практики используют три подхода.

#### Индивидуальные альтернативы

Наиболее многочисленная и наименее подготовленная *первая группа разработчиков инновационных проектов* вообще не видит проблемы в определении ставки дисконта. Ссылаясь на доходность мифического “альтернативного” вложения, эти специалисты фактически без каких-либо обоснований принимают ставку дисконта на уровне 10–15% годовых для всех анализируемых проектов независимо от их уровня риска, отраслевой принадлежности и даже валюты, в которой производится расчет.

В результате, например, при уровне инфляции 25% требуемая доходность составляет 10% годовых и плохой проект кажется вполне

приемлемым. При этом ссылки на якобы существующее альтернативное вложение на самом деле являются малоубедительными, поскольку выбранный альтернативный проект может оказаться или очень хорошим — и тогда мы рискуем отвергнуть выгодный вариант инвестирования, или слишком плохим — и тогда превышение его доходности не будет доказательством выгоды анализируемого проекта.

К тому же вопрос о том, существует ли в действительности та или иная альтернатива и насколько достоверна информация о ней, непростой, а ответ на него во многом субъективен. Усредненные рыночные оценки инвесторов более объективны, чем оценка отдельного разработчика проекта, который зачастую мотивирован на определенный результат.

## **Дифференцированная шкала нормативных ставок**

*Вторая группа разработчиков инновационных проектов* признает необходимость дифференциации ставок дисконта для различных групп проектов. Ставки дисконта устанавливаются нормативно для определенных категорий проектов в зависимости от степени их риска, отраслевой принадлежности и вида деятельности.

Вместе с тем элементы подобного подхода могут быть применены в практической деятельности корпораций.

Например, если крупная фирма осуществляет множество небольших проектов, она может один раз обосновать стоимость капитала для разных типов проектов и затем использовать полученные результаты в своих типовых расчетах, пока ее финансовое состояние или ситуация на финансовом рынке коренным образом не изменится.

В этом случае ставки дисконта могут быть утверждены руководством организации и использоваться в течение определенного времени как своеобразные внутрифирменные нормативы.

## **Стоимость капитала**

Наконец, *третья группа разработчиков инновационных проектов* рассматривает в качестве ставки дисконта стоимость капитала, полученного корпорацией. По определению *стоимость капитала* —

это та ставка доходности, которую рассчитывают получить инвесторы или кредиторы, предоставляя корпорации средства на долевой или долговой основе.

И понятно, что если поставщики капитала хотят получить на свои вложения 20% годовых, то менеджер корпорации, зная такие ожидания инвесторов, не пойдет на осуществление проектов, дающих 10% годовых, даже если эти требования к доходности утверждены на отраслевом уровне.

Капитал — это специфический товар, и компания, которая платит за капитал 20%, а размещает под 10% годовых, фактически продает этот товар “ниже себестоимости”.

Разные предприятия, различные проекты и виды капитала имеют неодинаковый риск. Этим объясняется разница в стоимости капитала по предприятиям и проектам. Поэтому рискованное предприятие, вынужденное заимствовать деньги под высокую процентную ставку, часто должно искать для себя высокодоходные проекты, отказываясь от надежных проектов с умеренной доходностью, за которые с удовольствием могла бы взяться более надежная компания.

Именно по этой же причине предприятие, находящееся в угрожающем положении, либо идет на авантюрные, сверхрискованные проекты, либо сворачивает инвестиционную активность и концентрируется на поддержании текущей жизнеспособности — ведь у такого предприятия в силу высокой стоимости капитала просто нет легальных инвестиционных возможностей, проектов, доходность которых превысила бы стоимость его капитала.

Стоимость капитала проекта рассчитывается по-разному в зависимости от того, на основе какого типа денежного потока оценивается инновационный проект.

**Денежный поток от активов проекта и средневзвешенная стоимость капитала (метод WACC).** Выше мы отмечали, что если для проекта невозможно определить собственную структуру финансирования (он экономически интегрирован в действующее предприятие) или оценка проекта пока находится на ранней стадии, когда еще не известны конкретный состав его участников и условия кредитования, бюджет такого проекта завершается расчетом *чистых денежных потоков от его активов* (см. параграф 4.2).

Денежный поток от активов должен удовлетворить требования к доходности на вложенный капитал всех участников проекта — и кредиторов, и акционеров. За счет этого потока должен быть возвращен вложенный долевым и долговой капитал, а также выплачены доходы по требуемой ставке акционерам и процентные платежи кредиторам.

Поэтому для определения стоимости капитала (требуемого уровня доходности) для дисконтирования такого денежного потока сначала требуется установить, “сколько стоит” в среднем единица капитала, который использует корпорация, учитывая, что долевым капиталом как более рискованным имеет одну рыночную стоимость, а менее рискованным заемным капиталом — другую.

Очевидно, рыночная оценка стоимости капитала корпорации или проекта должна быть найдена как средневзвешенная величина отдельных его составляющих, где в качестве весов используются доли каждой части капитала корпорации в его общей сумме:

$$\text{WACC} = \sum_{i=1}^n w_i k_i,$$

где WACC (weighted average cost of capital) — средневзвешенная стоимость капитала корпорации или проекта (%);

$w_i$  — удельный вес суммы капитала  $i$ -го вида в общей рыночной оценке суммы капитала корпорации ( $i = \overline{1, n}$ );

$k_i$  — рыночная стоимость капитала  $i$ -го вида (%).

Некоторые дополнительные трудности в расчет WACC вносит налогообложение прибыли. Дело в том, что проценты по долгу в большинстве случаев выплачиваются до налога на прибыль, а инвесторы-акционеры распоряжаются прибылью после вычета налогов. Это приводит к тому, что при использовании заемного капитала стоимость капитала корпорации или проекта снижается не только из-за того, что долг менее рискован, но и в связи с налоговым выигрышем (налоговым щитом), который возникает при финансировании за счет долга.

С учетом налогового щита формула средневзвешенной стоимости капитала примет вид

$$\text{WACC} = w_d k_d (1 - T) + w_p k_p + w_s k_s,$$

где  $w_d$ ,  $w_p$  и  $w_s$  — удельные веса соответственно обязательств, привилегированных и обыкновенных акций в общей величине капитала;

$k_d(1 - T)$ ,  $k_p$ ,  $k_s$  — компонентные стоимости соответственно обязательств, привилегированных акций и обыкновенных акций (%);

$k_d$  — процентная ставка по обязательствам (%);

$T$  — ставка налога на прибыль (%).

**Остаточный денежный поток и стоимость собственного капитала (метод ER).** Однако, если проект экономически обособлен и доведен до стадии детальных расчетов, по нему возможно рассчитать *остаточный денежный поток*, который отражает, как было сказано выше, затраты *собственного* капитала и доходы на *собственный* капитал. Поэтому требуемым уровнем доходности для него будет стоимость только собственного капитала, а не средневзвешенная стоимость капитала, как в методе WACC (см. параграф 4.4).

Другими словами, в качестве ставки дисконта для остаточного потока следует использовать только минимальную требуемую доходность на вложенный в проект *долевой* капитал. Этот метод, называемый также методом ER (equity residuals), более точен, чем предыдущий, однако требует более детальных расчетов и более представительной исходной информации.

М. А. Лимитовский в своей книге “Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках” показал, что без учета налогового щита оба метода могут дать одинаковый результат в отношении NPV проекта. Тем не менее, автор отмечает, что на практике такое совпадение результатов наблюдается достаточно редко. Это связано с тем, что объективно лица, производящие расчеты по разным методам, обладают различной информацией и, следовательно, исходят из различных предпосылок и допущений.

## 5.2. Концепции определения стоимости собственного капитала

Для оценки стоимости собственного капитала проектов и корпораций используются несколько методов:

1. Метод кумулятивного построения (build-up method — BUM).
2. Метод долевой премии (bond yield plus equity risk premium).

3. Прямой расчет стоимости собственного капитала предприятия.
4. Оценка на основе модели дивидендного роста (DGM).
5. Оценка по модели стоимости капитальных активов (capital assets pricing model — CAPM).
6. Оценка на основе теории арбитражного ценообразования (arbitrage pricing theory — АРТ).
7. Модель Фамы–Френча (FFM).

### 5.3. Метод кумулятивного построения (BUM)

Метод кумулятивного построения — это один из наиболее простых и легкоприменимых на практике способов для обоснования требуемого уровня доходности на собственный капитал. Этот метод в значительной степени является развитием нормативного подхода к обоснованию ставки дисконта, о котором говорилось в предыдущем параграфе.

Логика этого метода проста и состоит в следующем:

— если бы анализируемое вложение капитала было безрисковым, инвесторы требовали бы безрискового уровня доходности на свой капитал, т. е. ставки  $k_{\text{RF}}$ ;

— однако, в связи с тем, что инвестиция, как правило, не является безрисковой, т. е. на нее действуют определенные *факторы риска*, можно, оценив экспертным путем степень присутствия каждого фактора риска, добавить к безрисковой ставке соответствующее количество *рисковых премий* за каждый из таких факторов.

Рисковая премия за каждый фактор риска обычно выбирается в диапазоне от 0 до 5% годовых в долл. США, а общая кумулятивная ставка доходности собственного капитала определяется по формуле

$$k_s = k_{\text{RF}} + \sum_{j=1}^m \Delta k_j,$$

где  $k_{\text{RF}}$  — ставка безрискового вложения (обычно доходность казначейских облигаций) (%);

$\Delta k_j$  — рискованная премия по  $j$ -му фактору риска (%).

**Пример 38.** Нефтяная компания “Реннефтегаз” ведет обустройство газового промысла Ренского месторождения, который



должен стать через 2–3 года основным источником дохода компании. В период до начала эффективной эксплуатации газового промысла необходимые средства для осуществления текущей деятельности компания получает от реализации нефти, добываемой из нефтяной части месторождения.

Одним из таких проектов является осуществление серии технологических операций, называемых “гидроразрыв пласта”. Гидравлический разрыв пласта представляет собой закачивание жидкостей в скважину под таким давлением, которого достаточно для разрыва породы с идеальным формированием трещины с двумя “крыльями” одинаковой длины по обеим сторонам скважины. Далее трещина забивается расклинивающим материалом, чтобы удержать ее в открытом состоянии. Это позволяет повысить производительность и объем извлекаемых запасов нефти на 25–30%.

Продолжительность рассматриваемого проекта — 3 года. Денежный поток для него, рассчитанный специалистами компании, показан в табл. 48.

Таблица 48

**Денежный поток инновационного проекта,  
рассчитанный специалистами компании (тыс. долл.)**

Год	0	1-й по кварталам				2	3
		I	II	III	IV		
CF	-600,6	461,2	212,2	591,6	1 917,2	2 931,1	476,7

Финансирование проекта идет за счет собственного капитала компании. Котировка акций предприятия по ряду соображений принята непредставительной и неинформативной для того, чтобы оценить стоимость собственного капитала ( $k_s$ ). Поэтому менеджеры проекта решили использовать WUM.

Расчет строится на экспертной оценке факторов риска (табл. 49). В результате  $k_s = 25\%$  годовых. Однако для расчета NPV проекта понадобится еще квартальная ставка:

$$1 + k_{\text{год.}} = (1 + k_{\text{кв.}})^4;$$

$$k_{\text{кв.}} = \sqrt[4]{1 + k_{\text{год.}}} - 1 = \sqrt[4]{1,25} - 1 = 0,057371.$$

## Экспертная оценка факторов риска (%)

Фактор риска	Рисковая премия	Пояснение
Безрисковая ставка	6	
Зависимость исхода проекта от ключевой фигуры и качества управления	2	Нет полной зависимости от ключевой фигуры, но многое дается благодаря диапазону контактов и репутительности отдельных лидеров
Размер компании	0	Очень крупная компания
Финансовая структура	4	Задолженность компании велика
Товарно-территориальная диверсификация	2	Компания реализует только два вида продукции, но действует и на внешнем, и на внутреннем рынках
Диверсификация клиентуры	3	Более 50% продукции поставляется одному потребителю
Прогнозируемость и стабильность прибыли	3	Компания в целом прибыльна, однако информации недостаточно для надежного прогноза будущих доходов
Прочие риски	5	Скандалная ситуация в прессе по поводу итогов приватизации АО "Реннефтегаз"
Итого:	25	

Тогда

$$\begin{aligned} NPV = & -600,6 + \frac{461,2}{1,057371} + \frac{212,2}{1,057371^2} + \frac{591,6}{1,057371^3} + \frac{1917,2}{1,25} + \\ & + \frac{2931,1}{1,25^2} + \frac{476,7}{1,25^3} = 4179,54 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

Однако факторы риска могут между собой коррелировать, но ВУМ это не учитывает, что является серьезным недостатком данного метода.

#### 5.4. Метод долевой премии

Некоторые финансовые аналитики, стремясь упростить расчеты, добавляют к базовой ставке всего одну рисковую премию — “за долевой характер вложений”. При этом в качестве базовой ставки они используют рыночную стоимость заемного капитала.

Таким образом, если, например, какая-то компания получает заемный капитал по ставке 15%, а оценочная величина премии за долевой риск равна 6%, то стоимость собственного капитала составляет  $15\% + 6\% = 21\%$  годовых.

В большинстве крупнейших корпораций мира эта премия равна 4–5%, хотя может быть дифференцирована в зависимости от стран, рынков и типов предприятий (табл. 50).

Этот метод также имеет недостатки (необоснованность единой премии для всех предприятий, недостаточный учет факторов, влияющих на риск инвестирования).

Однако его неоспоримым достоинством является простота. Вместе с тем он чаще других методов дает правдоподобные результаты и потому может быть использован либо для относительно малых, некотируемых компаний, либо для проверки результатов других методов, которые базируются на более сложных статистических процедурах. Как известно, такие методы хотя и более обоснованны, но способны давать “сбой”, связанные с непредставительными результатами статистических наблюдений.

Таблица 50

Премии к рыночной стоимости заемного капитала за долевой характер вложений по видам рынков капитала (метод “bond yield plus equity risk premium”) (%)

Виды рынков капитала	Рисковая премия
Развивающиеся рынки с политическим риском (Восточная Европа, Южная Америка)	8,5
Развивающиеся рынки (Мексика, азиатские рынки, исключая Японию)	7,5
Развитые фондовые рынки (Япония, США, Великобритания)	5,5
Развитые рынки с ограниченным распространением фондовых рынков (Западная Европа, исключая Германию и Швейцарию)	4,5 ÷ 5,5
Развитые рынки с ограниченным распространением фондовых рынков и стабильной экономикой (Германия, Швейцария)	3,5 ÷ 4
Источник: материалы EFMD по подготовке к экзаменам АСПА (Certified international investment analyst), 2002.	

## 5.5. Метод прямого расчета стоимости собственного капитала предприятия

Данный метод является случаем затратного ценообразования на рынке капиталов. Возможность его применения обосновывается особенностями информационно неэффективного рынка России.

Практически это означает, что стоимость собственного капитала должна определяться как отношение сложившейся минимальной среднегодовой потребности предприятия в прибыли к величине его собственного капитала.

**Пример 38** (продолжение). Пусть менеджеры, понимая недостатки ВУМ, решили им не ограничиваться, а осуществить расчет стоимости собственного капитала прямым методом, на основе минимальной потребности предприятия в прибыли за вычетом процентов и налогов (NI) (табл. 51).

Собственный капитал предприятия составляет 189 708 709 долл.

Таким образом, расчетная стоимость собственного капитала предприятия равна

$$k_s = \frac{46\,454\,095}{189\,708\,709} 100\% = 24,5\% \text{ годовых,}$$

а в расчете на квартал —

$$\sqrt[4]{1,245} - 1 = 0,0563 \text{ (5,63\%).}$$

Тогда

$$\begin{aligned} NPV = & -600,6 + \frac{461,2}{1,0563} + \frac{212,2}{1,0563^2} + \frac{591,6}{1,0563^3} + \frac{1\,917,2}{1,245} + \\ & + \frac{2\,931,1}{1,245^2} + \frac{476,7}{1,245^3} = 4\,206,1 \text{ (тыс. долл.).} \end{aligned}$$

*Недостатки метода:*

1. Фонд развития производства каждый год меняется. Это не учтено.

2. Исследуются минимальные потребности предприятия в прибыли, однако необходимо исследовать среднегодовые минимальные потребности.

Таблица 51  
**Смета минимальных потребностей корпорации “Реннефтегаз” в прибыли (долл.)**

Показатели	Значения
1. Фонд развития производства:	7 083 833
— приобретение автотранспорта и спецтехники	50 000
— приобретение блока подачи химреагентов	58 333
— приобретение оргтехники	38 638 460
— минимальные вложения в газовый промысел	
2. Фонд социального развития:	223 446
— резерв материальной помощи, оплата льготного проезда и т. п.	33 535
— содержание жилого фонда	50 288
— содержание детского сада	316 200
3. Минимальный размер дивидендов для поддержания социальной стабильности	
<b>Итого:</b>	<b>46 454 095</b>

*Преимущества метода:*

Любой коммерсант понимает разницу между ценой на товар на рынке и минимальной ценой, которая может его устроить. Последняя представляет собой сумму затрат, увеличенную на минимально допустимую прибыль.

## 5.6. Модель дивидендного роста (DGM)

Если стабильно работающая компания выплачивает стабильно растущие дивиденды  $D_t$ , то современная ожидаемая рыночная цена ее акции прогнозируется как

$$\begin{aligned}\hat{P}_0 &= \sum_{t=1}^n \frac{D_t}{(1+k_s)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{D_0(1+g)^t}{(1+k_s)^t} = \\ &= \frac{D_0(1+g)}{1+k_s} + \frac{D_0(1+g)^2}{(1+k_s)^2} + \dots + \frac{D_0(1+g)^n}{(1+k_s)^n} = \\ &= D_0 \left( \frac{1+g}{1+k_s} + \frac{(1+g)^2}{(1+k_s)^2} + \dots + \frac{(1+g)^n}{(1+k_s)^n} \right),\end{aligned}$$

где  $n$  — прогнозируемый период (лет);

$D_0$  — последний выплаченный дивиденд по одной обыкновенной акции (руб.);

$g$  — темп прироста дивидендов (%).

Умножим обе части уравнения на  $\frac{1+k_s}{1+g}$ , тогда

$$\frac{1+k_s}{1+g} \hat{P}_0 = D_0 \left( 1 + \frac{1+g}{1+k_s} + \frac{(1+g)^2}{(1+k_s)^2} + \dots + \frac{(1+g)^{n-1}}{(1+k_s)^{n-1}} \right).$$

Вычитая из второго уравнения первое, получим, что

$$\begin{aligned}\left( \frac{1+k_s}{1+g} - 1 \right) \hat{P}_0 &= D_0 \left( 1 - \frac{(1+g)^n}{(1+k_s)^n} \right); \\ \frac{k_s - g}{1+g} \hat{P}_0 &= D_0 \left( 1 - \frac{(1+g)^n}{(1+k_s)^n} \right).\end{aligned}$$

При  $k_s > g$  и  $n \rightarrow +\infty$ :  $\frac{(1+g)^n}{(1+k_s)^n} \rightarrow 0$ . Тогда

$$\frac{k_s - g}{1 + g} \hat{P}_0 = D_0; \quad (k_s - g) \hat{P}_0 = D_0(1 + g) = D_1; \quad \hat{P}_0 = \frac{D_1}{k_s - g}.$$

Для маржинального (среднего на рынке) инвестора  $\hat{P}_0 = P_0$ . Это условие равновесия рынка ценных бумаг. Тогда получаем, что

$$P_0 = \frac{D_1}{k_s - g}. \quad (16)$$

Это соотношение представляет собой модель оценки акций с равномерно растущими дивидендами и называется моделью Гордона.

Из этого соотношения можно выразить требуемую норму прибыли на обыкновенные акции

$$k_s = \frac{D_1}{P_0} + g. \quad (17)$$

Для компании это будет стоимость ее нераспределенной прибыли. Показатель  $g$  в этой формуле может иметь две интерпретации:

1. Темп прироста дивидендов

$$D_1 = D_0(1 + g).$$

2. Темп прироста доходов акционеров (капитализированная доходность)

$$g = \frac{P_1 - P_0}{P_0}.$$

Уравнение для стоимости нераспределенной прибыли основано на модели постоянного роста дисконтированных денежных поступлений. Однако очень маленькая погрешность убеждает, что при условии непостоянного роста использующийся темп прироста — это средний ожидаемый будущий темп прироста.

**Пример 39.** Предположим, значительная часть капитала некоторой корпорации получена путем размещения обыкновенных акций. Номинал — 100 руб. за акцию, уставный капитал —



43 млн руб. В настоящее время рыночная стоимость одной акции равна 9,83 долл. Выплаченный в этом месяце дивиденд за прошлый год составил 1,5 долл. на акцию, среднегодовой прирост дивидендов в долларовом эквиваленте — около 4% в год. Какова рыночная стоимость и оценка величины данного вида капитала корпорации в долл. США?

Количество обыкновенных акций:

$$\frac{43 \text{ млн руб.}}{100 \text{ руб. за акцию}} = 0,43 \text{ млн акций.}$$

Рыночная оценка величины капитала:

$$0,43 \text{ млн акций} \times 9,83 \text{ долл. за акцию} = 4,2269 \text{ млн долл.}$$

Ожидаемый дивиденд будущего года на одну акцию при условии, что темп прироста дивидендов будет на уровне среднегодового, полученного за прошлые годы:

$$D_1 = 1,5 \text{ долл.} \times (1 + 0,04) = 1,56 \text{ долл. на акцию.}$$

Рыночная стоимость капитала, вычисленная по формуле (16):

$$k_s = \frac{1,56 \text{ долл.}}{9,83 \text{ долл.}} 100\% + 4\% = 19,87\%.$$

*Недостатки DGM:*

1. Использование в расчетах постоянного темпа прироста доходов и дивидендов ( $g = \text{const}$ ) весьма сомнительно для развивающегося рынка капитала, каковым является Россия. Российские акционерные общества далеко не все вообще платят дивиденды.

2. DGM предполагает, что акции рассматриваемой компании оценены рынком адекватно.

## 5.7. Модель стоимости капитальных активов (САРМ)

Наиболее простым и практичным методом оценки стоимости собственного капитала проектов и корпораций в целом является модель

стоимости долгосрочных (капитальных) активов. Она имеет глубокое теоретическое обоснование, хорошо знакома практикам, занимающимся обоснованием инвестиционных решений, многие теоретические положения предполагают, что действует именно эта модель, а потому ниже она будет рассмотрена более подробно.

Уравнение CAPM выглядит следующим образом:

$$k_s = k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta = k_{RF} + MRP \cdot \beta, \quad (18)$$

где  $k_{RF}$  — безрисковая доходность (%);

$k_M$  — средняя доходность на рынке ценных бумаг (%);

$\beta$  — коэффициент, характеризующий изменчивость доходности акции относительно средней доходности на рынке ценных бумаг:

$$\beta_j = \frac{\Delta k_j}{\Delta k_M} \quad \text{или} \quad \beta_j = r_{jM} \frac{\sigma[k_j]}{\sigma[k_M]} \quad \text{— для акции } j\text{-й компании};$$

$r_{jM}$  — коэффициент корреляции доходностей  $k_j$  и  $k_M$ ;

$\sigma[k_j]$  — средне-квадратическое отклонение доходности  $k_j$  (%);

$\sigma[k_M]$  — средне-квадратическое отклонение доходности  $k_M$  (%);

MRP — рыночная премия за риск вложения капитала (%).

**Пример 38** (продолжение). По данным российского рынка известно, что безрисковая ставка доходности, выраженная в долл. США, равна 6% годовых, безрычаговый  $\beta$ -коэффициент для компании “Реннефтегаз” — 0,717, премия за риск инвестирования в акции российских компаний — 25,8% годовых.

Рыночная стоимость капитала, вычисленная по модели CAPM:

$$k_s = 6\% + 25,8\% \cdot 0,717 = 24,5\% \text{ годовых,}$$

а в расчете на квартал —

$$\sqrt[4]{1,245} - 1 = 0,0563 \text{ (5,63\%).}$$

NPV проекта при такой ставке дисконта уже был посчитан в параграфе 5.5:

$$NPV = 4\,206,1 \text{ тыс. долл.}$$

## 5.8. Теория арбитражного ценообразования (АРТ)

САРМ представляет собой однофакторную модель. Это означает, что риск является функцией одного фактора —  $\beta$ -коэффициента, выражающего зависимость между доходностью ценной бумаги и доходностью рынка. Возможно, зависимость между риском и доходностью более сложная. В этом случае можно предположить, что требуемая доходность акции будет функцией более чем одного фактора. Например, не исключено, что инвесторы могут отдавать приоритет капитализированному доходу перед дивидендами, поскольку он не подлежит налогообложению до момента продажи акций. Тогда из двух акций с одинаковым рыночным риском та, по которой выплачивается более высокий дивиденд, должна иметь более высокую требуемую доходность. В этом случае требуемая доходность будет функцией как рыночного риска, так и дивидендной доходности, т. е. двух факторов.

Более того, не исключено, что зависимость между риском и доходностью является многофакторной. Стивен Росс предложил метод, названный *теорией арбитражного ценообразования* (arbitrage pricing theory — АРТ). Концепция АРТ предусматривает возможность включения любого количества факторов риска, так что требуемая доходность может быть функцией трех, четырех или даже большего числа факторов. Следует заметить, что АРТ базируется на сложной математической и статистической теории, рассмотрение которой выходит за рамки данного текста.

Теория САРМ утверждает, что требуемая доходность каждой акции равна безрисковой доходности, сложенной с произведением рыночной премии за риск и  $\beta$ -коэффициента акции:

$$k_j = k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta_j. \quad (19)$$

Фактическая доходность ( $\bar{k}_j$ ) рассчитывается по формуле

$$\bar{k}_j = \hat{k}_j + (\bar{k}_M - \hat{k}_M)\beta_j + \varepsilon_j,$$

где  $\varepsilon_j$  — случайная ошибка, отражающая различие между фактической доходностью акции  $j$  и доходностью, прогнозируемой с помощью линии регрессии (%).

Доходность рынка ( $\bar{k}_M$ ) зависит от множества факторов, таких как экономическая ситуация в стране, оцениваемая валовым внутренним продуктом, стабильность мировой экономики, темп инфляции, изменения в налоговом законодательстве и т. д. Акции различных компаний неодинаково подвержены влиянию этих факторов. Таким образом, очевидно, что требуемая и фактическая доходность любой акции — это функция не одного фактора (среднерыночная доходность), а нескольких экономических факторов. Тогда последнюю формулу можно преобразовать как

$$\bar{k}_j = \hat{k}_j + (\bar{F}_1 - \hat{F}_1) \beta_{j1} + \dots + (\bar{F}_l - \hat{F}_l) \beta_{jl} + \varepsilon_j, \quad (20)$$

где  $\bar{k}_j$  — фактическая доходность акции  $j$  (%);

$\hat{k}_j$  — ожидаемая доходность акции  $j$  (%);

$\bar{F}_l$  — фактическое значение экономического фактора  $l$  (%);

$\hat{F}_l$  — ожидаемое значение экономического фактора  $l$  (%);

$\beta_{jl}$  — чувствительность акции  $j$  к экономическому фактору  $l$ ;

$\varepsilon_j$  — влияние специфических факторов на изменение фактической доходности акции  $j$  (%).

Полученная формула показывает, что фактическая доходность любой акции равна ожидаемой доходности акции, сложенной с величиной прироста или уменьшения, которая зависит: 1) от изменения основных экономических факторов, 2) от чувствительности акции к этим изменениям и 3) от фактора случайности, отражающего специфические для фирмы или отрасли условия деятельности.

Различные акции не одинаково чувствительны к тем или иным факторам, а доходность каждого портфеля зависит от изменения основных факторов. Теоретически можно сформировать такой портфель ценных бумаг, чтобы он был безрисковым и чистые инвестиции в нем были нулевыми (т. е. некоторые активы продаются при игре на понижение, а выручка от их продажи используется для покупки акций при игре на повышение). Такой портфель нулевых инвестиций должен иметь нулевую ожидаемую доходность, поскольку в противном случае возникнут арбитражные операции, в результате которых цены на акции будут меняться до тех пор, пока ожидаемая доходность портфеля не станет равна нулю. Модель аналога *линии рынка*

ценных бумаг (security market line — SML), выраженной уравнением (18), в арбитражной теории выводится из уравнения (19) с помощью сложных математических выкладок и некоторых допущений, например, допущения о возможности “коротких продаж”:

$$k_j = k_{\text{RF}} + (\lambda_1 - k_{\text{RF}})\beta_{j1} + \dots + (\lambda_l - k_{\text{RF}})\beta_{jl}, \quad (21)$$

где  $\lambda_l$  — требуемая доходность портфеля с единичной чувствительностью к экономическому фактору  $l$  ( $\beta_l = 1$ ) и нулевой чувствительностью ( $\beta_l = 0$ ) к другим факторам. Заметим, что (21) идентична по форме уравнению SML, но при этом позволяет отразить требуемую доходность акции как функцию многих факторов.

**Пример 40.** Предположим, что доходность акций зависит только от трех факторов риска: инфляции, объемов промышленного производства и степени неприятия риска (цена риска принимается в размере разницы в доходах по дешевым низкодоходным облигациям и государственным облигациям). Далее предположим: 1) безрисковая доходность равна 8%; 2) требуемая доходность равна 13% для портфеля с единичной чувствительностью к темпу инфляции ( $\beta = 1$ ) и нулевой чувствительностью к изменению объема промышленного производства и изменению степени неприятия риска ( $\beta = 0$ ); 3) требуемая доходность для портфеля с единичной чувствительностью к изменению объема промышленного производства и нулевой чувствительностью к темпу инфляции и изменению степени неприятия риска равна 10%; 4) требуемая доходность равна 6% для рискованного портфеля, обладающего единичной чувствительностью к изменению неприятия риска и нулевой чувствительностью к изменению темпа инфляции и объемов промышленного производства. Наконец, предположим, что акция  $j$  имеет значения чувствительности к факторам ( $\beta$ -коэффициенты), равные 0,9 для портфеля, реагирующего на изменения темпа инфляции, 1,2 для портфеля, реагирующего на изменения объема промышленного производства, и  $-0,7$  для портфеля, реагирующего на изменения степени неприятия риска. Тогда требуемая доходность для акции  $j$  согласно АРТ должна быть равна

$$k_j = 8\% + (13\% - 8\%)0,9 + (10\% - 8\%)1,2 - (6\% - 8\%)0,7 = 16,3\%.$$

Заметим, что если требуемая доходность на рынке составляет 15% и акция  $j$  имеет  $\beta$ , вычисляемую по модели CAPM, равную 1,1, то требуемая доходность, определяемая по CAPM, была бы

$$k_j = 8\% + (15\% - 8\%)1,1 = 15,7\%.$$

Главное теоретическое преимущество АРТ состоит в том, что она включает в рассмотрение влияние нескольких экономических факторов на изменение доходности отдельных акций, тогда как CAPM предполагает, что воздействие всех факторов, кроме специфических для фирмы, может быть выражено единственным критерием — изменчивостью акции относительно рыночного портфеля. К тому же АРТ предусматривает меньшее количество исходных допущений, чем CAPM, и, следовательно, представляет собой более обобщенную теорию. Наиболее важным является отсутствие в АРТ требования CAPM о том, чтобы все инвесторы владели рыночным портфелем, что, естественно, не встречается на практике. Концепция АРТ имеет тем не менее ряд узких мест, самым серьезным из которых является то, что в рамках АРТ не обосновывается заранее перечень факторов. Основываясь на эмпирических данных, некоторые исследователи полагают, что только три или четыре фактора следует принимать во внимание; чаще всего называют инфляцию, изменение объема промышленного производства, разность в доходности между низко- и высококачественным облигациями и изменение структуры процентных ставок.

Сторонники АРТ отмечают, что в действительности выделение релевантных факторов не является столь уж необходимым. Для определения параметров АРТ можно воспользоваться математическим аппаратом *факторного анализа*. Изначально в расчет принимаются данные о сотнях и даже тысячах акций, затем формируются несколько различных портфелей, не коррелирующих тесно между собой по показателю доходности. Таким образом, в этой совокупности портфелей каждый из них испытывает более сильное воздействие какого-то одного из неизвестных факторов. Затем требуемая доходность каждого портфеля рассматривается как  $\lambda$  для этого фактора, а чувствительность доходности каждой отдельной акции к доходности этого портфеля становится чувствительностью

фактора ( $\beta$ ). К сожалению, результаты факторного анализа нелегко интерпретировать, т. к. он не позволяет глубоко проникнуть в сущность основных экономических составляющих риска.

Разные информационные агентства учитывают в расчете различные факторы риска, поэтому для правильной интерпретации результатов, пользуясь данным методом, нужно понять, что именно изначально было сложено в “черный ящик”.

По данным некоторых исследований при определенном наборе переменных данная модель может дать более точное, чем CAPM, объяснение доходов по инвестициям в таких сферах бизнеса, как банковское дело, нефтедобывающая промышленность и коммунальные службы.

Тем не менее, по общему мнению, внутренняя сложность АРТ, недостаток прозрачности и зависимость от данных определенных информационных агентств США ведут к тому, что вряд ли в ближайшем будущем АРТ станет общемировым стандартом, способным конкурировать с CAPM. Кроме того, данный подход ретроспективен, т. к. строится на негласном допущении, что в будущем биржевые курсы будут вести себя так же, как и в прошлом. С развитием таких явлений, как электронная коммерция и глобализация, охватывающая разнообразные сферы бизнеса, подобный ход мыслей, скорее, похож на попытку выдать желаемое за действительное.

## 5.9. Модель Фамы–Френча

Более простая в использовании многофакторная модель была предложена в 1990-х гг. классиками современной теории финансовых рынков Юджином Фамой и Кеннетом Френчем.

По этой модели инвесторы, определяя уровень доходности акций, основываются не только на оценке риска. Они склонны ожидать более высокой доходности от компаний:

- малых по размеру;
- имеющих относительно низкую рыночную стоимость по сравнению с балансовой.

Соответствующая формула выглядит следующим образом:

$$k_s = k_{RF} + \beta_j \cdot MRP + s_j \cdot SMB + h_j \cdot HML,$$

где  $k_{RF}$  — безрисковая доходность (%);

MRP — премия за риск фондового рынка (%);

$\beta_j$  — чувствительность ценной бумаги  $j$  к значению MRP;

SMB — премия “малый минус большой” (small minus big), т. е. дополнительный доход, ожидаемый от компаний с небольшой капитализацией (%);

$s_j$  — чувствительность ценной бумаги  $j$  к значению SMB;

HML — премия “высокий минус низкий” (high minus low), т. е. дополнительный доход, ожидаемый от компаний с высоким уровнем соотношения ее балансовой стоимости к рыночной (%);

$h_j$  — чувствительность ценной бумаги  $j$  к значению HML.

Понятия безрисковой нормы доходности и MRP уже известны читателю из материала о CAPM. Дополнительные понятия описывают специфические для компании факторы риска, что можно считать противоречащим современной теории портфеля. Тем не менее Фама и Френч учли в расчете эти показатели по той причине, что, как они полагают, это способствует повышению эффективности модели в плане объяснения наблюдаемых статистических показателей доходности.

Обсудим принципы применения поправок Фамы и Френча.

1. Огромное количество исследований, проведенных на основании статистических данных, показали, что фактические доходы тех, кто вкладывает деньги в малые предприятия, оказываются выше значений, рассчитанных согласно стандартной модели CAPM. Тот факт, что такие доходы не снижаются под действием арбитража до уровня, предполагаемого по методике CAPM, свидетельствуют о требованиях инвесторов дополнительного дохода, компенсирующего риски вкладов в малые предприятия.

2. Введя в формулу коэффициент соотношения балансовой и рыночной стоимости компании, авторы подразумевают, что с уменьшением рыночной капитализации компании стоимость ее акционерного капитала увеличивается. Обосновать такую точку зрения можно тем, что акционеры, скорее всего, потребуют большей доходности от фирм, которые в силу своих особенностей ближе стоят к границе финансовых трудностей.



Однако модель Фамы–Френча трудно применить в условиях развивающихся рынков капитала, на которых невозможно найти статистически представительные оценки SMB и HML в связи с качественной неоднородностью отдельных секторов этих рынков.

### 5.10. Концепция определения стоимости заемного капитала

Когда говорят о стоимости заемного капитала корпорации (или проекта), т. е. о той цене, которую платит корпорация за предоставленные ей заемные финансовые ресурсы (в процентах годовых), то часто идентифицируют это понятие с процентной ставкой, которую выплачивает корпорация по своему долгу. (Обычно считается, что ставка по долгу складывается из безрисковой ставки  $k_{RF}$ , инфляционной премии  $h$  и премии за риск дефолта, который может произойти с заемщиком.) То есть стоимость капитала считают равной ставке по кредиту или купонной ставке по размещенному корпорацией облигационному займу.

Иногда это предположение действительно правомерно, однако в общем случае эти понятия не совпадают. Можно назвать, по крайней мере, две причины, по которым стоимость заемного капитала необходимо отличать от фактически выплачиваемой корпорацией процентной ставки:

- 1) отличие рыночной стоимости капитала от балансовой;
- 2) наличие “скрытой” стоимости заемного капитала.

### 5.11. Рыночная стоимость заемного капитала

Поскольку стоимость капитала — понятие, которое применяется для оценки *будущих* проектов предприятия, в расчетах необходимо использовать не ту ставку доходности, по которой капитал *когда-то* достался предприятию, а ту, под которую оно может получить финансовые ресурсы *сейчас*, чтобы начать проект. Поэтому в качестве стоимости заемного капитала используется ее рыночная, а не балансовая оценка.

При таком подходе ценность предприятия будет зависеть не от информации, которая была у инвесторов раньше, когда они вкладывали деньги в это предприятие, а от того, какой информацией об

эффективности и рискованности вложений капитала они обладают сейчас.

Представим, что когда-то компания выпустила облигации с купонной ставкой 10% годовых по номиналу. Однако рейтинг этих облигаций упал, их цена понизилась. Теперь они стали котироваться ниже номинала, а их доходность к погашению возросла до 15%. Это означает, что теперь стоимость капитала корпорации составляет не 10, а 15% годовых, поскольку именно такую доходность теперь требуют инвесторы от облигаций данного качества на рынке. Рост стоимости капитала приведет к тому, что денежные потоки данной компании будут дисконтироваться по более высокой ставке. В результате в связи с увеличением риска цена фирмы в целом понизится.

Если долг корпорации имеет *рыночную котировку*, рассчитать рыночную стоимость капитала несложно.

**П р и м е р 41.** Рыночная цена бескупонной облигации, выпущенной эмитентом, составляет 67% номинала, срок до погашения — 4 года. Требуется найти стоимость капитала  $k_d$  для эмитента при выпуске таких облигаций.

Для определения стоимости капитала решим уравнение:

$$0,67 = \frac{1}{(1 + k_d)^4}; \quad k_d = \sqrt[4]{\frac{1}{0,67}} - 1 = 0,1053 \text{ (10,53\% годовых)}.$$

Однако стоимость заемного капитала определить труднее, если долг не имеет надежной котировки. Например, если это кредит банка или облигации, *не котируемые* на рынке. Тогда, если доступны данные об аналогичном по рейтингу и продолжительности *котируемом* долге, их можно принять за основу при определении суммы и стоимости долга, не обращающегося на рынке.

**П р и м е р 42.** Правительство г. Москвы ведет переговоры с крупным международным банком развития о предоставлении долгосрочного кредита. Назначение кредита — финансирование одной из программ развития городского пассажирского транспорта в районах новостроек. Кредит в размере 25 млн долл. предполагается погасить через 4 года шаровым платежом вместе с процентами, начисляемыми по ставке 8,75% годовых.

По оценкам экспертов английской корпорации *Nomura plc*, Москва представляет собой достаточно кредитоспособного заемщика. Об этом говорит хотя бы тот факт, что отношение общей задолженности к консолидированным доходам городского бюджета составляет всего 4,9%, в то время как, например, аналогичный показатель для Праги — 17,9%, а для Братиславы — 90,9%.

Вместе с тем Москва, будучи субъектом РФ, не может добиться того, чтобы иметь кредитный рейтинг выше, чем Россия в целом. А поскольку рейтинг страны по классификации *Standard & Poor's* невысок (BB–), то и рейтинг Москвы ниже, чем у Праги (A) и у Братиславы (BBB) (табл. 52).

Таблица 52

**Рейтинги S&P некоторых столиц мира**

Париж	AAA	Братислава	BBB
Осло	AA+	Буэнос-Айрес	BB–
Стокгольм	AA+	Москва	BB–
Торонто	AA+	Анкара	B
Брюссель	AA	София	B–
Прага	A		

Год назад были выпущены муниципальные бескупонные еврооблигации Буэнос-Айреса, деноминированные в долл. США, сроком на 5 лет. В настоящее время их рыночная цена — 72,875% номинала.

Если Москва получит кредит, какова будет обоснованная текущая рыночная стоимость этого некотируемого долга? По какой цене он мог бы котироваться на рынке, если бы был оформлен в ликвидной рыночной форме?

По кредитному рейтингу, условиям предоставления и сроку до погашения обязательства Буэнос-Айреса полностью аналогичны обсуждаемым обязательствам московского правительства. Тогда

$$0,72875(1 + k_d)^4 = 1; \quad k_d = \sqrt[4]{\frac{1}{0,72875}} - 1 = 0,0825 \text{ (8,25\% годовых).}$$

При погашении должна быть выплачена сумма

$$FV = 25(1 + 0,0875)^4 = 34,967 \text{ (млн долл.)}.$$

Рыночная цена величины кредита составит

$$PV = \frac{34,967}{1,0825^4} = 25,465 \text{ (млн долл.)}.$$

Таким образом, речь идет о получении 25 млн долл. под 8,75% годовых, но по рыночной оценке величина заемного капитала при таких условиях получения кредита будет равна 25,465 млн долл., а стоимость — 8,25% годовых.

### 5.12. “Скрытая” стоимость заемного капитала

Вторая причина, по которой рыночная стоимость заемного капитала может отличаться от процентной ставки, — это необходимость платить за привлеченный долг не только проценты, но и различного рода комиссионные, дополнительные платежи, выплачиваемые в соответствии с требованиями кредитора, оформлять залог, держать деньги на определенном счете на относительно невыгодных условиях. Это и есть “скрытая” стоимость капитала. Особенно значительное влияние она оказывает в случае, если долг предоставляется в относительно небольшом размере и доля комиссионных в нем существенна.

**Пример 43.** ООО “Семен и К” занимается торговлей продуктами питания в одном из новых микрорайонов г. Москвы. Директор ООО принял решение приобрести для производственно-коммерческих целей нежилое помещение, расположенное в данном районе, на баланс своего предприятия. Стоимость помещения — 208 тыс. у. е. Покупку предполагается осуществить частично с использованием кредита банка, занимающегося кредитованием риэлторских операций. Сумма кредита — 100 тыс. у. е. — должна быть возвращена вместе с процентами за квартал через 2 года разовым платежом. Выплата процентов из расчета 24% годовых производится в конце каждого квартала.

Кроме того, банк требует комиссионных:  
 — за предоставление кредита — 2% суммы кредита, но не меньше 1 500 у. е.;  
 — за нотариальное оформление помещения в собственность банка до полного погашения кредита — 500 у. е.;  
 — оплата страховки — 2,2% стоимости приобретаемого имущества.

Какова стоимость заемного капитала, полученного от данного банка?

Полученная от банка сумма равна

$$100\,000 - 0,02 \cdot 100\,000 - 500 - 0,022 \cdot 208\,000 = 92\,924 \text{ (у. е.)}.$$

Ежеквартальные выплаты процентов составят

$$100\,000 \cdot \frac{0,24}{4} = 6\,000 \text{ (у. е.)}.$$

Диаграмма денежных потоков по данной ситуации для ООО представлена на рис. 38.

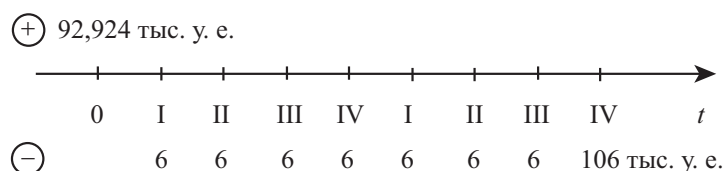


Рис. 38. Диаграмма денежных потоков заемного капитала

Ставка IRR для данного денежного потока (рис. 38) находится из уравнения

$$92,924 = 6 \cdot a_{8;IRR} + \frac{100}{(1 + IRR)^8} = 6 \frac{1 - (1 + IRR)^{-8}}{IRR} + \frac{100}{(1 + IRR)^8}.$$

Полученное уравнение можно решить, например, в пакете *Maple*. Для этого набираем в нем следующий текст программы:

> solve(92.924=6\*(1-(1+x)^(-8))/x+100/((1+x)^8));

Выбираем действительный корень  $IRR = 7,19392251\%$ . Тогда годовая стоимость заемного капитала будет равна

$$k_d = (1 + 0,0719)^4 - 1 = 0,3203 \text{ (32,03\%)}.$$

Таким образом, действительная стоимость заемного капитала в данном случае составляет не 24%, а 32,03% годовых в у. е.

Влияние комиссионных на стоимость заемного капитала:

$$32,03\% - 24\% = 8,03\% \text{ годовых.}$$

### 5.13. Оценочная стоимость заемного капитала

В отсутствие надежных рыночных котировок для долга менеджер корпорации должен ответить на вопрос: *“Пусть пришлось погасить имеющуюся на предприятии задолженность прямо сейчас, хотя срок ее погашения еще не подошел. Под какую ставку можно сейчас получить такую же сумму долга на оставшийся период времени?”*

**Пример 43** (продолжение). Пусть через год начался финансовый кризис, который привел к повышению уровня процентных ставок, в том числе в у. е. Теперь ставки по кредитам сроком на 1 год банк при том же режиме погашения и уровне комиссионных составляют 32% годовых.

Какова теперь приблизительная рыночная оценка величины и рыночной стоимости заемного капитала?

На год вперед ежеквартальные выплаты процентов составят

$$100\,000 \cdot \frac{0,32}{4} = 8\,000 \text{ (у. е.)}.$$

Диаграмма денежных потоков по кредиту банка (в соответствии с нынешними условиями их предоставления сроком на 1 год) показана на рис. 39.

До погашения кредита, выданного ООО “Семен и К”, остался ровно год, так что этот годовой кредит является рыночным аналогом предоставленного ранее кредита.

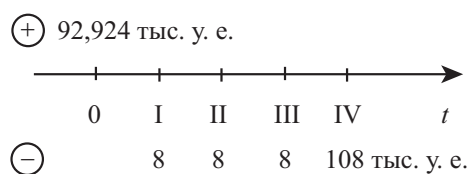


Рис. 39. Диаграмма рыночных денежных потоков заемного капитала на год вперед

Квартальную рыночную стоимость заемного капитала определим из уравнения

$$92,924 = 8 \cdot a_{4;IRR} + \frac{100}{(1 + IRR)^4} = 8 \frac{1 - (1 + IRR)^{-4}}{IRR} + \frac{100}{(1 + IRR)^4}.$$

Для его решения набираем в пакете *Maple* следующий текст программы:

```
> solve(92.924=8*(1-(1+x)^(-4))/x+100/((1+x)^4));
```

Выбираем действительный корень  $IRR = 10,24407692\%$ . Тогда годовая стоимость заемного капитала будет равна

$$k_d = 1,24^4 - 1 = 0,4769 \text{ (47,69\%)}.$$

На таких условиях выдаются сегодня кредиты в данном банке, на таких условиях их может привлечь ООО “Семен и К” и именно такова сегодня рыночная оценка их *стоимости*.

Для рыночной оценки *величины* заемного капитала построим аналогичную диаграмму денежных потоков для кредита, выданного ООО “Семен и К” (рис. 40). Хотя ставки изменились, ООО по-прежнему пользуется ставкой, зафиксированной год назад, а именно 24% годовых.

Приняв рыночную оценку капитала за PV, получим, что она равна суммарной величине всех будущих платежей по данному кредиту, приведенных по ставке 47,69% годовых:

$$PV = 6 \cdot a_{4;10,24\%} + \frac{100}{1,1024^4} = 86,629 \text{ (тыс. у. е.)}.$$

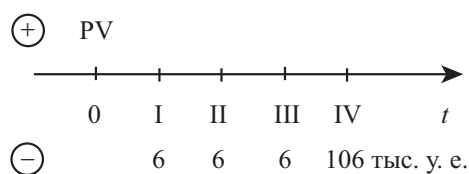


Рис. 40. Диаграмма фактических денежных потоков заемного капитала на год вперед

Итак, сегодня рыночная оценка величины привлеченного от банка капитала составляет 86 629 у. е., а его стоимость в у. е. — 47,69% годовых.

#### 5.14. Влияние распределения риска между участниками проекта на его инвестиционную привлекательность

Оценка инвестиционной привлекательности проектов является постоянно развивающейся отраслью финансов. С появлением новых критериев оценки растет круг финансовых задач, решаемых в рамках выбора инновационного проекта из имеющихся альтернатив фирмы. Одна из таких задач — это учет рисков инвестирования. Но и включение инвестиционных рисков в анализ не ограничивает саму постановку проблемы для инвестора. Важно также сформулировать рациональный принцип распределения рисков между различными участниками того или иного проекта, т. к. это непосредственно влияет на его инвестиционную привлекательность. В качестве таких участников выступают прежде всего акционеры и кредиторы.

На развивающемся рынке капитала — в России — предоставление долга может иметь некоторые особенности.

Во-первых, долг может не быть безрисковым для кредитора, т. к. на развивающемся рынке существуют объективные проблемы со страхованием рисков. Страховые компании, например, в Российской Федерации, часто используются корпорациями, создавшими их, для минимизации налогообложения (страховые платежи освобождены от



налога на прибыль), а также банками — для повышения стоимости банковских кредитов. Реально страховать проектные риски такие “карманные” (так называемые кэптивны) компании могут быть не способны из-за малых размеров и своей общей целевой направленности.

Во-вторых, ограниченный доступ промышленных компаний к рынкам капитала и банковским кредитам приводит к тому, что кредитор, пользуясь своим монопольным положением, может необоснованно повысить процентную ставку. Такой *неадекватно дорогой* долг может существенно повлиять на эффект от проекта.

В связи с этим при оценке предприятий и проектов возникают следующие вопросы.

1. Если кредитор на развивающемся рынке берет на себя часть рисков заемщика и в соответствии с этим повышает процентную ставку до уровня стоимости собственного капитала или даже выше, как это может сказаться на ценности фирмы (эффекте инновационного проекта)?

2. Если кредитор на развивающемся рынке не берет на себя никаких рисков, но повышает процентную ставку, пользуясь своим монопольным положением, предоставляя корпорации неадекватно дорогой долг, как это может отразиться на эффекте проекта и ценности фирмы?

Таким образом, учитывая обозначенные особенности развивающегося рынка капитала России, решать проблему учета распределения риска между участниками инновационного проекта — акционерами и кредиторами — следует в следующих возможных ситуациях.

1. Долг безрисковый. В этом случае следует рассчитывать уточненную приведенную стоимость проекта ( $APV$ ), т. к. она позволяет отдельно оценить чистый приведенный доход проекта без финансового рычага ( $NPV_0$ ) и “побочный эффект” от финансирования за счет заемного капитала, т. е. приведенной величины налогового щита ( $PV(TS)$ ).

2. Долг рисковый и высокое значение процента обусловлено повышенным риском, который берет на себя кредитор. В этом случае следует вычислять чистый приведенный доход проекта с риском, распределенным между участниками проекта ( $NPV_{DR}$ ).

3. Долг рисковый, но высокое значение процента не связано с риском, который берет на себя кредитор. Здесь нужно оценивать чистый приведенный доход проекта с риском, не распределенным между его участниками, а почти целиком остающимся на акционерах ( $NPV_{\text{NDR}}$ ).

Для того, чтобы оценить, к каким последствиям в оценке эффекта проекта приведет та или иная ситуация, надо прежде всего обозначить для каждой из них алгоритм расчета необходимых критериев.

### Ситуация 1 — Долг безрисковый

Сначала оценивается максимальный размер долга, который компания может взять у кредитора, т. е. величина  $D_{\text{max}}$ . Он может определяться некоторым фиксированным размером покрытия обязательств денежными потоками от проекта, минимальной долей инвестиций, которая должна быть профинансирована собственным капиталом компании, и т. д. Исходя из величины  $D_{\text{max}}$ , далее определяются доли заемного ( $w_d$ ) и собственного капитала ( $w_s$ ) проекта по формулам:

$$\begin{cases} w_d = \frac{D_{\text{max}}}{CF_0}, \\ w_s = 1 - w_d, \end{cases} \quad (22)$$

где  $CF_0$  — величина инвестиций в проект в начале его срока (руб.).

Затем рассчитывается финансовый рычаг, как отношение заемного капитала ( $D$ ) проекта к собственному ( $S$ ) по формуле

$$\frac{D}{S} = \frac{D_{\text{max}}}{CF_0 - D_{\text{max}}}. \quad (23)$$

После этого, согласно модели оценки доходности финансовых активов (capital assets pricing model — CAPM) оценивается стоимость собственного капитала безрычаговой фирмы как

$$k_{sU} = k_{\text{RF}} + (k_M - k_{\text{RF}})\beta_U, \quad (24)$$

где  $k_{\text{RF}}$  — безрисковая процентная ставка (%);

$k_M$  — средняя доходность на рынке ценных бумаг (%);

$\beta_U$  — коэффициент  $\beta$  безрычаговой фирмы ( $\beta$  актива).

Полученная ставка  $k_{sU}$  затем используется в качестве ставки дисконта для нахождения NPV безрычаговой части проекта, т. е.  $NPV_0(k_{sU})$ .

Приведенная стоимость налогового щита (PV(TS)) проекта сроком  $n$  лет находится как современная стоимость ежегодного аннуитета, т. е.

$$PV(TS) = D \cdot k_d \cdot \lambda \cdot T \cdot a_{n;k_d} = D \cdot k_d \cdot \lambda \cdot T \cdot \frac{1 - (1 + k_d)^{-n}}{k_d}, \quad (25)$$

где  $k_d$  — процентная ставка по долгу (%);

$\lambda$  — удельный вес процентных платежей, выплачиваемых до налога на прибыль согласно гл. 25 НК РФ, в общих процентных платежах компании;

$T$  — ставка налога на прибыль (%);

$a_{n;k_d}$  — дисконтный множитель для ежегодного аннуитета со сроком  $n$  лет и процентной ставкой  $k_d$ .

В результате окончательно вычисляется уточненная приведенная стоимость проекта как

$$APV = NPV_0 + PV(TS). \quad (26)$$

Последняя формула позволяет отдельно оценить NPV безрычаговой части проекта и приведенную стоимость налогового щита, величина которой варьируется в зависимости от процентной ставки по долгу.

## Ситуация 2 — Долг рисковый и риск проекта распределен между его участниками

В общем случае, когда долг не является безрисковым, а часть риска берет на себя инвестор, часть — кредитор, зависимость коэффициента  $\beta$  собственного капитала от систематического риска равна

$$\beta_U = \beta_L W_s + \beta_d W_d, \quad (27)$$

где  $\beta_L$  — коэффициент  $\beta$  рычаговой фирмы ( $\beta$  акции);  
 $\beta_d$  — коэффициент  $\beta$  систематического риска корпоративного долга;

$$\begin{cases} W_s = \frac{S}{D(1 - \lambda T) + S}, \\ W_d = \frac{D(1 - \lambda T)}{D(1 - \lambda T) + S}. \end{cases} \quad (28)$$

Значение  $\beta_d$  можно выразить из модели CAPM для стоимости заемного капитала:

$$\begin{aligned} k_d &= k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta_d; \\ \beta_d &= \frac{k_d - k_{RF}}{k_M - k_{RF}}. \end{aligned} \quad (29)$$

Тогда согласно (27) получаем, что

$$\beta_L = \frac{\beta_U - \beta_d W_d}{W_s}, \quad (30)$$

после чего найденное значение  $\beta_L$  можно подставить в модель CAPM для стоимости собственного капитала рычаговой фирмы:

$$k_{sL} = k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta_L. \quad (31)$$

Полученное значение  $k_{sL}$  может быть использовано при вычислении средневзвешенной цены капитала проекта (WACC) в соответствии с “учебной” формулой:

$$\text{WACC} = w_s k_{sL} + w_d k_d (1 - \lambda T). \quad (32)$$

Используя полученную ставку WACC, можно найти чистый приведенный доход проекта с риском, распределенным между участниками проекта ( $\text{NPV}_{\text{DR}}(\text{WACC})$ ).

Несмотря на очевидность с финансовой точки зрения алгоритма (27)–(32), он является слишком сложным в плане вычислительных процедур. Для решения этой проблемы предлагаем более простой способ вычисления WACC для проекта с риском, распределенным между участниками проекта, — использование формулы Модильяни–Миллера для WACC:

$$\text{WACC} = k_{sU}(1 - w_d\lambda T). \quad (33)$$

Последнее утверждение можно доказать следующим образом. Сначала подставим формулу Р. Хамады

$$\beta_L = \beta_U \left[ 1 + (1 - \lambda T) \frac{D}{S} \right] \quad (34)$$

в модель САРМ для стоимости собственного капитала рычаговой фирмы:

$$\begin{aligned} k_{sL} &= k_{\text{RF}} + (k_M - k_{\text{RF}})\beta_L = \\ &= k_{\text{RF}} + (k_M - k_{\text{RF}})\beta_U \left[ 1 + (1 - \lambda T) \frac{D}{S} \right] = \\ &= k_{sU} + (k_M - k_{\text{RF}})\beta_U(1 - \lambda T) \frac{D}{S} = k_{sU} + \frac{D}{S}(1 - \lambda T)(k_{sU} - k_{\text{RF}}). \end{aligned}$$

В результате получили формулу Модильяни–Миллера для  $k_{sL}$ :

$$k_{sL} = k_{sU} + \frac{D}{S}(1 - \lambda T)(k_{sU} - k_{\text{RF}}). \quad (35)$$

Далее, в книге М. А. Лимитовского “Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках” показано, что стоимость капитала и ценность фирмы не зависят от того, насколько рискован долг ей предоставлен, и даже при стоимости заемного капитала более высокой, чем стоимость собственного капитала, мы получаем те же результаты, как если бы считали долг безрисковым. Это позволяет сформулировать следующий вывод, справедливый для немонополизированного финансового рынка: *от перераспределения рисков между кредитором и долевым инвестором средневзвешенная стоимость капитала фирмы не изменяется*. Наглядно это можно продемонстрировать в виде графика (рис. 41).

Поэтому результаты оценки проектов и промышленных корпораций в целом не зависят от того, является предоставленный им долг безрисковым или рискованым, а в расчетах можно использовать в качестве стоимости заемного капитала безрисковую ставку. Единственное условие — долг должен быть *адекватно дорогим*, т. е. его

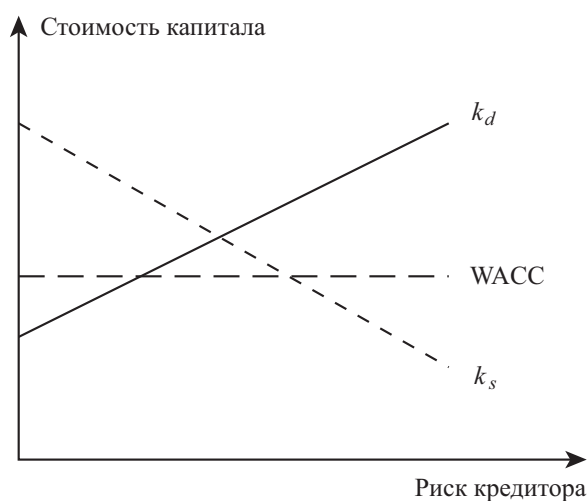


Рис. 41. Зависимость стоимости капитала от риска, который берет на себя кредитор

стоимость должна соответствовать риску, который берет на себя кредитор.

Тогда средневзвешенную цену капитала проекта в соответствии с “учебной” формулой можно рассчитать как

$$\text{WACC} = w_s k_{sL} + w_d k_{\text{RF}}(1 - \lambda T). \quad (36)$$

После подстановки формулы (35) получаем, что

$$\begin{aligned} \text{WACC} &= \left[ k_{sU} + \frac{D}{S}(1 - \lambda T)(k_{sU} - k_{\text{RF}}) \right] w_s + k_{\text{RF}} w_d (1 - \lambda T) = \\ &= \left[ \frac{D}{S} = \frac{\frac{D}{D+S}}{\frac{S}{D+S}} = \frac{w_d}{w_s} = \frac{w_d}{1 - w_d} \right] = \\ &= \left[ k_{sU} + \frac{w_d}{1 - w_d} (1 - \lambda T)(k_{sU} - k_{\text{RF}}) \right] (1 - w_d) + k_{\text{RF}} w_d (1 - \lambda T) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= k_{sU} - k_{sU}w_d + w_d(1 - \lambda T)(k_{sU} - k_{RF}) + k_{RF}w_d(1 - \lambda T) = \\
&= k_{sU} - k_{sU}w_d + (1 - \lambda T)(w_d k_{sU} - w_d k_{RF} + k_{RF}w_d) = \\
&= k_{sU} - k_{sU}w_d + w_d k_{sU} - w_d k_{sU} \lambda T = k_{sU}(1 - w_d \lambda T).
\end{aligned}$$

В результате получили формулу Модильяни-Миллера для WACC:

$$WACC = k_{sU}(1 - w_d \lambda T),$$

что и требовалось доказать.

Таким образом, сразу используя формулу Модильяни-Миллера для WACC, можно найти чистый приведенный доход проекта с риском, распределенным между участниками проекта ( $NPV_{DR}(WACC)$ ), избегая при этом сложного алгоритма (27)–(32).

### Ситуация 3 — Долг рисковый и риск проекта не распределен между его участниками

В этом случае сначала рассчитывается  $\beta_L$  по формуле Р. Хамады (34), затем  $\beta_L$  подставляется в модель CAPM для стоимости собственного капитала рычаговой фирмы  $k_{sL}$  (31), после чего  $k_{sL}$  подставляется в “учебную” формулу для WACC (32). Используя полученную ставку WACC, можно найти чистый приведенный доход проекта с риском, не распределенным между участниками проекта ( $NPV_{NDR}(WACC)$ ).

Чтобы проиллюстрировать, к каким последствиям в оценке эффекта инновационного проекта на развивающемся рынке капитала России приведет каждая из трех описанных ситуаций, рассмотрим следующий пример.

**Пример 44.** До сих пор предприятие  $X$  занималось выполнением оборонного заказа — пошивом военной одежды. В настоящее время его руководство планирует осуществить ряд конверсионных проектов. Один из таких проектов — производство мужских костюмов на импортном оборудовании по немецкой лицензии.

Денежные потоки данного проекта, экономически обособленного от других проектов, представлены в табл. 53. Необходимые данные по финансовому рынку приведены в табл. 54.

Таблица 53  
**Денежные потоки экономически  
 обособленного проекта (тыс. долл.)**

Год	0	1÷7	8
CF	-2 738	854	1 024

Таблица 54  
**Данные по финансовому рынку**

Показатели	Значения показателей
1. Ставка безрискового вложения в долл. США ( $k_{RF}$ )	5% годовых
2. Рыночная премия за риск инвестирования в акции российских компаний в долл. США ( $k_M - k_{RF}$ )	23% годовых
3. Безрычаговый коэффициент систематического риска в отрасли "Текстильная промышленность" ( $\beta_U$ )	0,8

Для финансирования проекта предоставляется кредитная линия в долл. США. Кредитор предлагает ставку 1) 9%, 2) 12%, 3) 15% и требует двойного покрытия кредита денежными потоками проекта за ближайшие 4 года его осуществления. Проценты по кредитной линии освобождены от налога на прибыль в размере 15% в долл. США ( $\lambda = 1$ ). Ставка налога на прибыль — 20%.

Требуется оценить данный проект в трех ситуациях:

1. Долг безрисковый.
2. Долг рисковый и риск проекта распределен между его участниками.
3. Долг рисковый и риск проекта не распределен между его участниками.

Проведем необходимые расчеты для случая  $k_d = 9\%$ .



*Ситуация 1 – Долг безрисковый*

Максимальный размер долга должен быть обеспечен денежными потоками проекта за ближайшие 4 года его осуществления с коэффициентом покрытия, равным 2. Следовательно,

$$D_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 854 \cdot a_{4;9\%} = \frac{1}{2} \cdot 854 \cdot \frac{1 - 1,09^{-4}}{0,09} = 1\,383,36 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Тогда по формулам (22)–(26) имеем:

$$\begin{aligned}w_d &= \frac{1\,383,36}{2\,738} = 0,505245; & w_s &= 0,494755; \\ \frac{D}{S} &= \frac{1\,383,36}{1\,354,64} = 1,021201; & k_{sU} &= 5\% + 23\% \cdot 0,8 = 23,4\%; \\ NPV_0 &= -2\,738 + 854 \cdot a_{7;23,4\%} + \frac{1\,024}{1,234^8} = 264,423 \text{ (тыс. долл.)}; \\ PV(TS) &= 1\,383,36 \cdot 0,09 \cdot 0,2 \cdot a_{8;9\%} = 137,82 \text{ (тыс. долл.)}; \\ APV &= 264,423 + 137,82 = 402,243 \text{ (тыс. долл.)}.\end{aligned}$$

*Ситуация 2 – Долг рисковый и риск проекта распределен между его участниками*

По формуле (33) Модильяни–Миллера для WACC имеем:

$$WACC = 23,4\%(1 - 0,505245 \cdot 0,2) = 21,035\%.$$

Тогда

$$NPV_{DR} = -2\,738 + 854 \cdot a_{7;21,035\%} + \frac{1\,024}{1,21035^8} = 477,301 \text{ (тыс. долл.)}.$$

*Ситуация 3 – Долг рисковый и риск проекта не распределен между его участниками*

По формулам (34), (31) и (32) имеем:

$$\begin{aligned}\beta_L &= 0,8(1 + 0,8 \cdot 1,021201) = 1,453569; \\ k_{sL} &= 5\% + 23\% \cdot 1,454 = 38,442\%; \\ WACC &= 0,494755 \cdot 38,442\% + 0,505245 \cdot 9\% \cdot (1 - 0,2) = 22,657\%.\end{aligned}$$

Тогда

$$NPV_{NDR} = -2738 + 854 \cdot a_{7;22,657\%} + \frac{1024}{1,226578} = 328,71 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Подобные расчеты можно провести также для ставок по кредиту 12 и 15%. Все результаты показаны в табл. 55 и на рис. 42.

Таблица 55

**Влияние распределения риска  
между участниками проекта на его эффект**

$k_d$ (%)	NPV <sub>0</sub> (тыс. долл.)	PV(TS) (тыс. долл.)	APV (тыс. долл.)	NPV <sub>DR</sub> (тыс. долл.)	NPV <sub>NDR</sub> (тыс. долл.)
9	264,423	137,82	402,243	477,301	328,71
12	264,423	154,626	419,049	463,251	227,741
15	264,423	164,112	428,535	450,712	143,06

Для визуализации результатов на рис. 42 в пакете *Matlab* использовался следующий текст программы:

```
>> time=[9 12 15];
>> temp1=[402.243 419.049 428.535];
>> temp2=[477.301 463.251 450.712];
>> temp3=[328.71 227.741 143.06];
>> plot(time,temp1,'ko-',time,temp2,'ko:',time,temp3,'ko-')
>> grid on
>> title('Influence of Distribution of Risk')
>> xlabel('\itk_{\itd} (%)')
>> ylabel('APV, NPV (`000 USD)')
>> legend('APV', 'NPV_{DR}', 'NPV_{NDR}')
```

По данным табл. 55 и рис. 42 можно сделать следующие выводы:

1. Учет риска долга, который берет на себя кредитор, приводит к небольшому увеличению привлекательности проекта для инвестора. При росте процентной ставки по долгу это увеличение становится незначительным, т. к. чистый приведенный доход проекта с риском, распределенным между инвестором и кредитором, NPV<sub>DR</sub>, снижается, а приведенная стоимость налогового щита, PV(TS), растет.

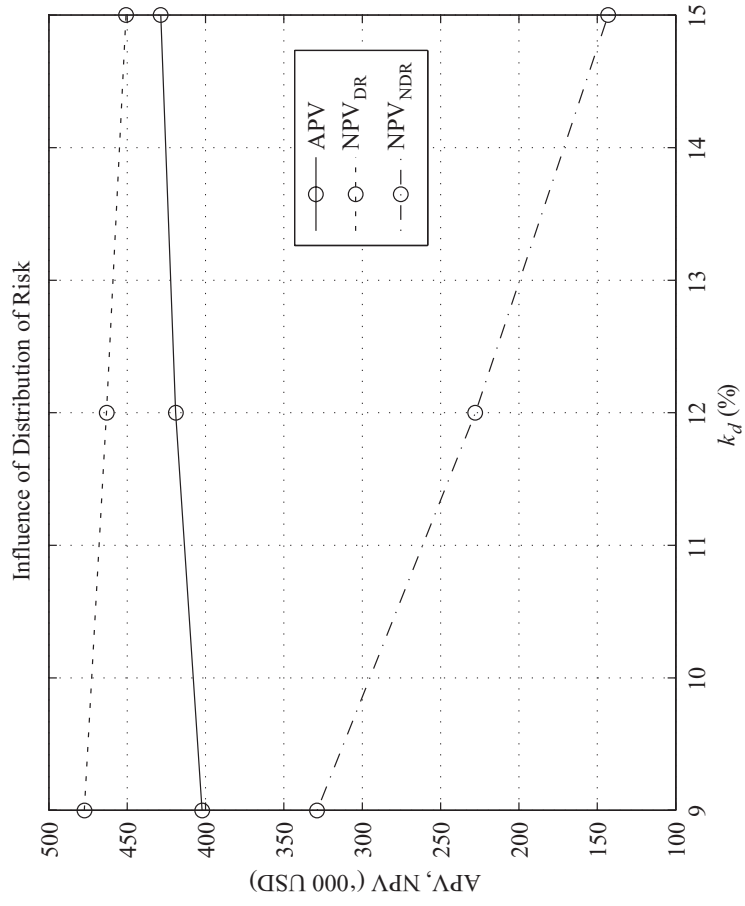


Рис. 42. Влияние распределения риска между участниками проекта на его эффект

2. Если кредитор пользуется своим монопольным положением на рынке и необоснованно завышает процентную ставку по кредиту, то это существенно снижает привлекательность проекта для инвестора по критерию  $NPV_{NDR}$ .

### 5.15. Сравнение методов APV и NPV для бесконечно длительных проектов

**Пример 45.** Проект предусматривает покупку контрольного пакета акций предприятия в целях дальнейшего использования находящихся на его балансе складских помещений для размещения технологического оборудования — линии по фасовке сахара и муки. По мнению экспертов, разрешения, необходимые для организации такого производства, могут быть легко получены, учитывая параметры промышленного объекта и характер использования его производственных площадей в прошлом. Проект требует инвестиций в размере 950 тыс. долл. и способен давать ежегодный денежный поток в размере 620 тыс. долл. в течение длительного времени.

Для осуществления проекта предполагается открыть в банке кредитную линию на сумму 650 тыс. долл., которую полностью использовать на финансирование инвестиций в данный проект (рис. 43).

Ставка налога на прибыль — 35%. Также известны следующие данные о рынке (*www.finmanager.ru*):

- ставка безрискового вложения ( $k_{RF}$ ) в долл. США — 6%;
- рыночная премия для российского рынка ( $k_M - k_{RF}$ ) — 24%;
- коэффициент  $\beta_U$  систематического риска для “Пищевой промышленности” — 0,3.

#### 1. Определение стоимости капитала

Финансовый рычаг экономически обособленного проекта:

$$\frac{D}{S} = \frac{650 \text{ тыс. долл.}}{950 \text{ тыс. долл.} - 650 \text{ тыс. долл.}} = 2,167.$$

Удельные веса в начальном (инвестированном) капитале проекта:

$$w_d = \frac{650}{950} 100\% = 68,42\%; \quad w_s = 100\% - 68,42\% = 31,58\%.$$

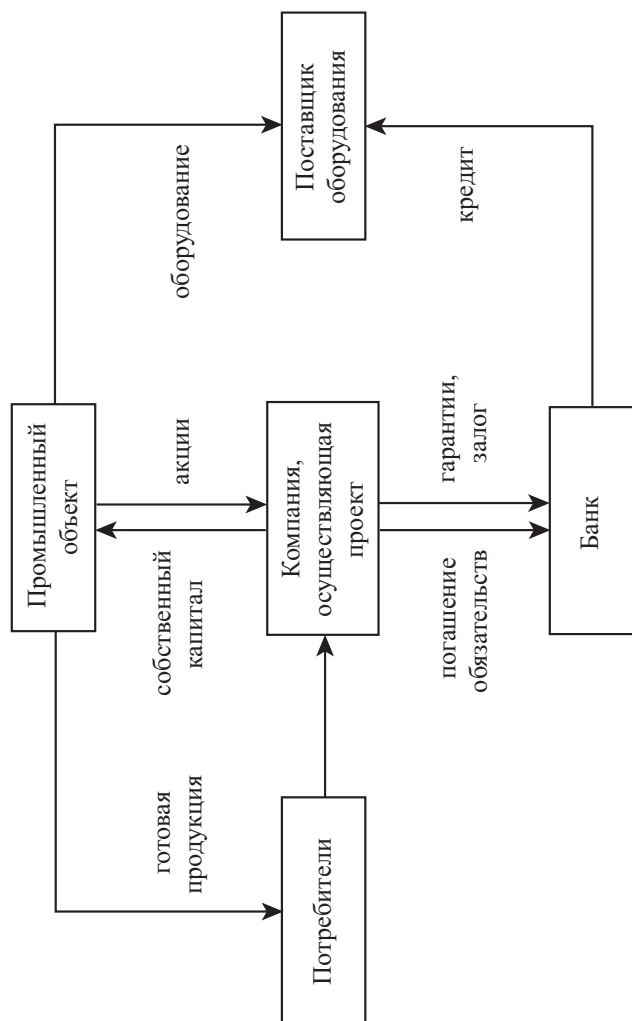


Рис. 43. Схема взаимоотношений между участниками проекта

Стоимость капитала безрычаговой компании (по CAPM):

$$k_{sU} = k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta_U = 6\% + 24\% \cdot 0,3 = 13,2\%.$$

По модели Р. Хамады

$$\beta_L = \beta_U \left[ 1 + (1 - T) \frac{D}{S} \right] = 0,3[1 + (1 - 0,35)2,167] = 0,7225.$$

Стоимость капитала рычаговой компании (по CAPM):

$$k_{sL} = k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta_L = 6\% + 24\% \cdot 0,7225 = 23,34\%.$$

Другой способ расчета (по формуле Модильяни-Миллера):

$$\begin{aligned} k_{sL} &= k_{sU} + \frac{D}{S}(1 - T)(k_{sU} - k_{RF}) = \\ &= 13,2\% + 2,167(1 - 0,35)(13,2\% - 6\%) = 23,34\%. \end{aligned}$$

WACC по “учебной” формуле:

$$\begin{aligned} \text{WACC} &= k_{sL}w_s + k_{RF}w_d(1 - T) = \\ &= 23,34\% \cdot 0,3158 + 6\% \cdot 0,6842(1 - 0,35) = 10,04\%. \end{aligned}$$

WACC по формуле Модильяни-Миллера:

$$\text{WACC} = k_{sU}(1 - w_d T) = 13,2\%(1 - 0,6842 \cdot 0,35) = 10,04\%.$$

2. Оценка эффекта проекта по методу NPV

Проект бесконечно длительный, тогда

$$\text{NPV} = -\text{CF}_0 + \frac{\text{CF}}{\text{WACC}} = -950 + \frac{620}{0,1004} = 5\,225,5 \text{ (тыс. долл.)}.$$

3. Оценка эффекта проекта по методу APV

NPV безрычаговой части проекта ( $k_{sU} = 13,2\%$ ):

$$\text{NPV}_0 = -\text{CF}_0 + \frac{\text{CF}}{k_{sU}} = -950 + \frac{620}{0,132} = 3\,747 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Приведенная ценность налогового щита для бесконечно длительного проекта:

$$PV(TS) = D \cdot T = 650 \text{ тыс. долл.} \times 0,35 = 227,5 \text{ тыс. долл.}$$

Уточненная приведенная стоимость проекта:

$$APV = NPV_0 + PV(TS) = 3\,747 + 227,5 = 3\,974,5 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Таким образом,  $NPV \neq APV$ . Причина в том, что теория Модильяни–Миллера рассматривает финансовый рычаг  $D/S$  как рыночный, т. е. требует, чтобы  $D$  и  $S$  были оценены в рыночной оценке. Предполагается, что инвестор ориентирован не на начальный капитал, а на ценность всей фирмы в целом с учетом тех денежных потоков, которые она генерирует.

Финансовый рычаг фирмы  $D/S = 2,167$ , тогда

а) стоимость фирмы —

$$V = \frac{CF}{WACC} = \frac{620}{0,1004} = 6\,175,3 \text{ (тыс. долл.)};$$

б) долг фирмы, который теоретически возможно ей предоставить (избегаем кросс-субсидирования проектов — см. главу 9), —

$$D = V \cdot w_d = 6\,175,3 \cdot 0,6842 = 4\,225,1 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Отсюда

$$APV = NPV_0 + PV(TS) = 3\,747 + 4\,225,1 \cdot 0,35 = 5\,225,7 \text{ (тыс. долл.)}.$$

То есть  $APV = NPV$ .

Итак, для того, чтобы методы дали одинаковые результаты, необходимо, чтобы пропорции в начальном капитале соответствовали рыночной структуре капитала. Для корректного применения методов APV и NPV должно выполняться допущение, что проект получил такую величину заемного капитала, на которую теоретически мог претендовать. Расчет по методу NPV можно осуществить, даже если долг предоставляется под высокую ставку и небезопасен для кредитора. Однако практически этот метод часто ориентируется на пропорции в начальном капитале. Необходимо, чтобы эти пропорции примерно соответствовали рыночным.

## 5.16. Сравнение методов APV и NPV для ограниченных во времени проектов

Если при анализе *бесконечно длительного* (перпетуитетного) проекта можно в иллюстративных целях добиться соответствия результатов расчетов по методам APV и NPV, то сделать это значительно труднее в том случае, если проект имеет *ограниченный срок жизни*, особенно если его *денежные потоки неодинаковы по годам*. Не случайно большинство теоретических построений в финансовой теории иллюстрируется именно примерами перпетуитетных проектов, генерирующих постоянный во времени денежный поток.

Пример 45 (продолжение). Пусть проект имеет срок жизни 6 лет и неравные по годам денежные потоки (табл. 56).

Таблица 56

Денежные потоки 6-летнего проекта  
(тыс. долл.)

Год	0	1	2÷5	6
CF	-950	130	628	732

1. Оценка эффекта проекта по методу NPV

$$\begin{aligned} NPV &= -950 + \frac{130}{1,1004} + 628 \cdot a_{4;10,04\%} \cdot \frac{1}{1,1004} + \frac{732}{1,1004^6} = \\ &= 1\,387,9 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

2. Оценка эффекта проекта по методу APV

NPV безрычаговой части проекта ( $k_{sU} = 13,2\%$ ):

$$\begin{aligned} NPV_0 &= -CF_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + k_{sU})^t} = \\ &= -950 + \frac{130}{1,132} + 628 \cdot a_{4;13,2\%} \cdot \frac{1}{1,132} + \frac{732}{1,132^6} = \\ &= 1,156 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$



Ценность фирмы:

$$V = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + WACC)^t} = NPV_0 + CF_0 = \\ = 1\,387,9 + 950 = 2\,337,9 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Теоретический размер задолженности:

$$D = V \cdot w_d = 2\,337,9 \cdot 0,6842 = 1\,599,6 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Уточненная приведенная стоимость проекта:

$$APV = NPV_0 + PV(TS) = NPV_0 + D \cdot k_{RF} \cdot T \cdot a_{6,6\%} = \\ = 1\,156 + 1\,599,6 \cdot 0,06 \cdot 0,35 \cdot \frac{1 - 1,06^{-6}}{0,06} = 1\,321,2 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Расхождения результатов расчетов в данном случае объясняются разными предположениями методов: расчет NPV по методу WACC основан на допущении, что из года в год примерно одинаковой будет структура капитала, а при расчете по методу APV мы считаем, что примерно постоянной будет сумма обязательств компании. На самом деле чаще всего ни то, ни другое предположение не выполняется, поэтому оба метода являются приблизительными.

### 5.17. Неадекватно дорогой долг и эффект проекта

Если долг неадекватно дорогой, т. е. кредитор, используя свою рыночную силу, предоставляет его под высокую ставку, не беря на себя рисков, то действие такого долга на эффект проекта не ограничивается налоговым щитом. То же можно сказать о долге, предоставляемом проекту на льготных условиях. Тогда

$$APV = NPV_0 + PV(TS) + G,$$

где  $G$  — грант-элемент, возникающий за счет несоответствия ставки по долгу рыночным требованиям.

Если кредит льготный, то  $G > 0$ .

Если ставка по долгу завышена, то  $G < 0$ .

В общем случае  $G$  будет равен сумме денежных потоков для заемщика, продисконтированных по рыночной ставке по кредиту.

**Пример 46.** Пусть по проекту с  $NPV_0 = 2$  млн долл. предоставлен кредит на 2 года с выплатой процентов раз в год в конце года. Сумма кредита — 10 млн долл., ставка — 20% годовых, а истинная (рыночная) стоимость подобных кредитов — 8% годовых. Ставка налога на прибыль — 30%.

$$PV(TS) = \frac{2 \cdot 0,3}{1,08} + \frac{2 \cdot 0,3}{1,08^2} = 1,07 \text{ (млн долл.)};$$

$$G = 10 - \frac{2}{1,08} - \frac{12}{1,08^2} = -2,14 \text{ (млн долл.)};$$

$$APV = 2 + 1,07 - 2,14 = 0,93 \text{ (млн долл.)}.$$

### 5.18. Выбор метода оценки проекта в зависимости от степени его обособленности

#### **Основные проблемы оценки стоимости капитала в РФ.**

В главе 4 мы отмечали, что возможны два варианта применения техники NPV для оценки инновационных проектов:

— рассчитать *денежный поток от активов* проекта и продисконтировать его по *средневзвешенной* стоимости капитала WACC — метод WACC;

— определить *остаточный денежный поток* проекта, а в качестве ставки дисконта использовать стоимость только *собственного* капитала — метод ER.

При равенстве исходных условий эти два метода должны дать одинаковые результаты.

Однако при этом возникают две проблемы, которые следует решить, прежде чем применять каждый из этих методов.

*Во-первых*, требуется уточнить, какой из методов предпочтительнее в тех или иных условиях. Более того, известно, что в некоторых случаях необходимо в расчетах применять стоимость капитала оцениваемого *проекта*, а в некоторых — даже при оценке отдельных проектов — корректно и удобно ориентироваться на структуру и стоимость капитала всего *предприятия* в целом.

*Во-вторых*, необходимо определиться с тем, как следует рассчитывать WACC компании или проекта, если весь капитал компании или какая-то его часть не имеют представительной рыночной котировки. Стоит ли переходить на балансовые пропорции в оценке долей капитала и финансового рычага или существует более приемлемая непротиворечивая процедура такой оценки?

**Условия применения метода ER.** Данный метод может быть применен тогда, когда:

— оцениваемый проект экономически выделен. Напомним, что под экономически выделенным мы понимаем проект, имеющий отдельные коммерческие, активы, поддающиеся отдельному учету, и собственную структуру финансирования;

— происходит *детальная* оценка проекта. При этом известны состав его участников, их интересы, обязательства, шкала погашения долга, обслуживаемого из денежных потоков от активов. Это позволяет оценить денежные потоки для кредиторов проекта и очистить от них денежные потоки от активов.

Метод остаточного потока ориентирован на конкретную шкалу погашения долга.

При определении стоимости собственного капитала для расчетов по этому методу необходимо отраслевой безрычаговый коэффициент систематического риска  $\beta_U$  скорректировать *на рыночный финансовый рычаг инновационного проекта по формуле Р. Хамады* или рассчитать коэффициент  $\beta$  фундаментальным или (при наличии представительной котировки) статистическим методом, не делая при этом уже никаких корректировок.

**Условия применения метода WACC.** Данный метод используется, если:

— проект интегрирован в действующее предприятие и не имеет собственной структуры финансирования;

— проект экономически обособлен, но находится на ранней стадии рассмотрения, когда структура финансирования еще неизвестна и, таким образом, неразумно нацеливать расчеты на какие-то гипотетические условия предоставления долга, которые могут в перспективе еще много раз меняться и корректироваться;

— проект экономически обособлен, но рискован, и потому для него трудно предложить конкретную шкалу погашения долга. Пусть, например, осуществляется операция LBO (покупка предприятия с использованием большого объема заемных средств и последующим обслуживанием долга из денежного потока поглощенного предприятия). Для осуществления LBO инициаторы воспользовались кредитной линией. При такой ситуации нечетким будет, во-первых, платежный профиль инновационного проекта (график денежных потоков от активов), а во-вторых, может быть вполне допустима вариация режима погашения долга.

Основным допущением, применяемым в этом методе, является то, что предприятие мониторит целевую для себя структуру капитала, и когда погашается старый долг, он заменяется новым в соответствующей пропорции. С теоретической точки зрения это более правильный метод, т. к. при таком подходе оценивается еще и тот факт, что когда в процессе проекта создаются новые блага, они служат обеспечением для нового долга и позволяют его привлечь. Таким образом, создается потенциал для получения дополнительного эффекта проекта в виде налогового щита (вспомним метод APV).

**Применение метода WACC при оценке экономически интегрированных проектов.** При рассмотрении *экономически обособленных* инновационных проектов необходимо в качестве ставки дисконта использовать средневзвешенную стоимость капитала этого проекта. Однако, если проект *интегрирован в действующее предприятие и не имеет собственной структуры финансирования*, финансовый риск принимает на себя предприятие.

Проекты предприятия, следовательно, должны своей доходностью покрыть средневзвешенную стоимость капитала всего предприятия в целом. Поэтому для таких проектов — всех вместе и каждого в отдельности — требуемым уровнем доходности будет WACC предприятия (рис. 44).

**Скорректированная и расчетная WACC предприятия.** При осуществлении реальных расчетов могут возникнуть некоторые затруднения.

Во-первых, средневзвешенная стоимость капитала предприятия может быть без изменения применена по отношению к проекту, толь-

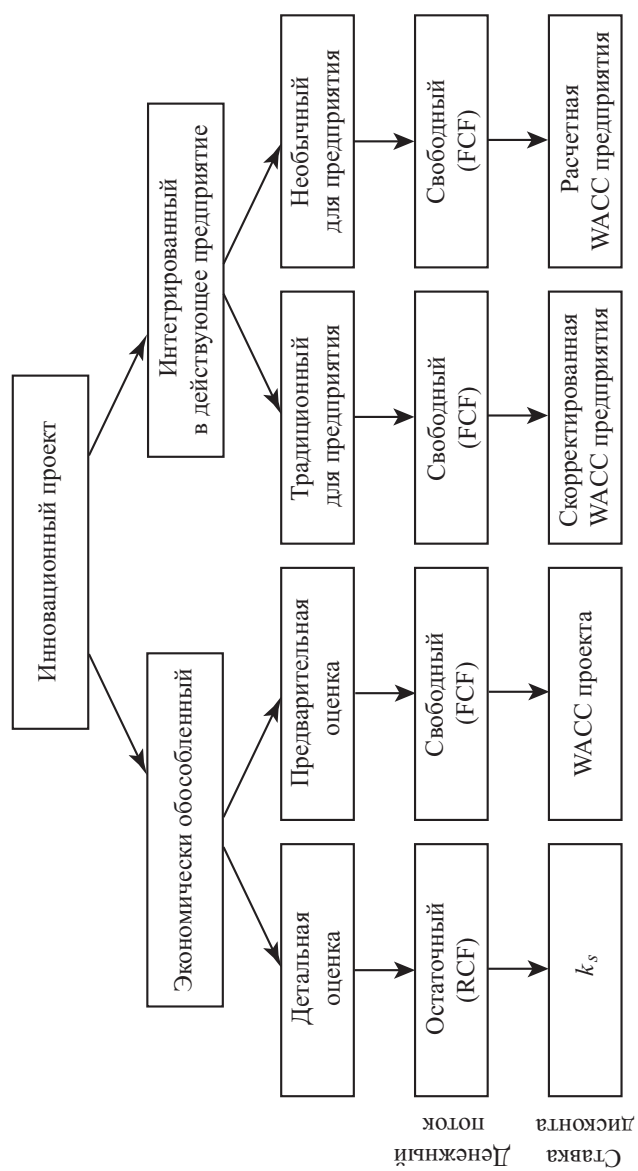


Рис. 44. Выбор метода оценки проекта в зависимости от степени его обособленности

ко если бюджет проекта мал по сравнению с бюджетом капитала предприятия в целом.

Если же проект крупный, он сам по себе может потребовать мобилизации дополнительных источников капитала, например, путем выпуска облигаций, получения кредита и т. п. Это может изменить структуру капитала предприятия по сравнению с ныне существующей. Поэтому для расчета WACC в этом случае необходимо использовать тот финансовый леверидж и ту структуру капитала, которые *будут* у предприятия, если проект начнется, а не те, которые существуют сейчас.

Во-вторых, если *проект является типичным* для компании по способу осуществления и отраслевой принадлежности, то для определения  $\beta$  собственного капитала проекта можно взять коэффициент  $\beta$ , характерный для акций компании в целом.

Если же компания не специализируется на каком-либо виде деятельности, а является диверсифицированной или проект не относится к традиционной сфере деятельности, в которой занята компания (например, автомобильный завод рассматривает проект строительства гостиницы для туристов), требуется использовать расчетный коэффициент  $\beta$ .

Для подобных *особенных* проектов целесообразно при анализе систематического риска:

— найти безрычаговый коэффициент  $\beta_U$ , характерный для той отрасли, к которой принадлежит рассматриваемый проект.

Например, в случае строительства гостиницы автомобильным заводом это будет не коэффициент, характерный для автомобильной отрасли, а коэффициент отрасли “Гостиничный бизнес и туризм”.

Выбор коэффициента  $\beta_U$  обусловлен *бизнес-риском*, на который идет предприятие, а бизнес-риск связан прежде всего с *видом деятельности*, который предполагается осуществлять;

— скорректировать этот безрычаговый коэффициент  $\beta_U$  на ожидаемый финансовый рычаг *предприятия, осуществляющего проект*.

Финансовый рычаг  $D/S$  характеризует *финансовый риск*, который принимает на себя инициатор проекта. А поскольку именно предприятие в этом случае является объектом финансирования, то

именно его структура капитала определяет степень финансового риска, возникающего при том или ином методе финансирования инновационных проектов.

Таким образом, WACC экономически интегрированного проекта может отличаться от WACC предприятия в целом, хотя в основе его все равно лежат структура и стоимость капитала предприятия.

### **5.19. Скорректированная средневзвешенная стоимость капитала предприятия**

Для того, чтобы правильно оценить средневзвешенную стоимость капитала предприятия, необходимо помнить ряд несложных правил. Эти правила следующие.

1. Корректно оценивать не балансовую, а рыночную стоимость и структуру капитала.
2. Финансовый рычаг ( $D/S$ ) и структура капитала могут быть определены по-разному в зависимости от того, по какой концепции определяется рабочий капитал.
3. На стоимость капитала могут также воздействовать различного вида комиссионные.
4. На WACC воздействует налоговый щит.

**Пример 47.** АО «Эмскэнерго» является компанией по производству электроэнергии и теплоэнергии. Она производит ежегодно 3 220 млн кВт·ч электроэнергии и 1 098 Гкал тепла. Крупнейшими потребителями являются металлургический комбинат и ряд предприятий химической промышленности.

Известна следующая финансовая информация о компании (табл. 57 и 58).

Рыночная стоимость капитала — результат корректировки балансовой оценки в зависимости от: а) текущего изменения процентных ставок на рынке и б) комиссионных, взимаемых за предоставление заемных средств (банковская комиссия, страховка, андеррайтинг — процедура оценки банком вероятности погашения или непогашения запрашиваемого кредита — и т. п.). Комиссионные платежи составляют 1,5% годовых и включаются в расходы организации.

Таблица 57

## Данные по бухгалтерскому балансу (тыс. руб.)

Актив	Пассив	
	Собственные средства (SE)	Обязательства (TL)
Постоянные активы (FAP1)	2 591 962	2 740 992
Текущие активы (CA)	826 012	676 982
Итого:	3 417 974	3 417 974

Таблица 58

## Расшифровка обязательств

Вид обязательства	Величина (тыс. руб.) при оценке		Стоимость (%) при оценке	
	балансовой	рыночной	балансовой	рыночной
Краткосрочные кредиты (NP)	521 276	509 926	15	17,7
Облигационный заем (LTL)	50 000	41 455	10	12
Кредиторская задолженность (AP)	105 706	—	—	—



Оценка рыночной стоимости собственного капитала — 21,2% годовых. Рыночная капитализация простых акций — 2 632 475 тыс. руб. Ставка налога на прибыль — 20%. Ставка рефинансирования — 8,25% годовых.

Требуется определить WACC компании.

Расчет WACC должен строиться по-разному в зависимости от того, как корпорация рассчитывает величину рабочего капитала при оценке своих проектов.

1. Если определять рабочий капитал как разницу между текущими активами и *всеми* краткосрочными обязательствами корпорации, включая краткосрочные кредиты банков, то тем самым эти краткосрочные кредиты будут исключены из капитала корпорации и при определении стоимости капитала их вообще не следует учитывать.

Таким образом, вычисляем чистый рабочий капитал:

$$\begin{aligned} \text{NWC} &= \text{CA} - \text{CL} = \text{CA} - (\text{NP} + \text{AP}) = \\ &= 826\,012 - 521\,276 - 105\,706 = 199\,030 \text{ (тыс. руб.)}. \end{aligned}$$

Тогда, если использовать балансовые оценки, получим результаты табл. 59. Соотношение долга и собственного капитала в источниках корпорации будет равно

$$\frac{D}{S} = \frac{50\,000}{2\,740\,992} = 0,018242.$$

2. В другом подходе считается, что при анализе стоимости капитала компании нельзя игнорировать какой-либо источник ее финансирования, если он носит *платный* характер.

Что касается бесплатных обязательств (кредиторская задолженность, авансы), то эти обязательства носят краткосрочный характер и, как правило, не капитализируются. Поэтому при расчете рабочего капитала вычитаются только бесплатные текущие обязательства, а краткосрочные кредиты рассматриваются как источники капитала корпорации.

Таким образом, вычисляем рабочий капитал:

$$\begin{aligned} \text{WC} &= \text{NWC} + \text{NP} = \text{CA} - \text{AP} = \\ &= 826\,012 - 105\,706 = 720\,306 \text{ (тыс. руб.)}. \end{aligned}$$

Таблица 59

## Расчет капитала и источников капитала компании в 1-м подходе (тыс. руб.)

Капитал		Источники капитала	
Внеоборотные активы (FAP1)	2 591 962	Собственные средства (SE)	2 740 992
Чистый оборотный капитал (NWC)	199 030	Д/срочные обязательства (LTL)	50 000
Итого:	2 790 992	Итого	2 790 992

Таблица 60

## Расчет капитала и источников капитала компании во 2-м подходе (тыс. руб.)

Капитал		Источники капитала	
Внеоборотные активы (FAP1)	2 591 962	Собственные средства (SE)	2 740 992
Рабочий капитал (WC)	720 306	Д/срочные обязательства (LTL)	50 000
Итого:	3 312 268	К/срочные кредиты (NP)	521 276
		Итого	3 312 268

Если использовать балансовые оценки, получим результаты табл. 60. Соотношение долга и собственного капитала в источниках корпорации составит

$$\frac{D}{S} = \frac{50\,000 + 521\,276}{3\,312\,268} = 0,208419.$$

Возьмем на основу 2-й подход как наиболее распространенный. Средневзвешенную стоимость капитала найдем по формуле

$$\text{WACC} = \sum_{j=1}^m w_j (k_j - r_j T),$$

где  $w_j$  — удельный вес  $j$ -го вида капитала в рыночной стоимости всего капитала корпорации;

$k_j$  — “доналоговая” стоимость  $j$ -го вида капитала (%);

$r_j$  — часть стоимости капитала  $j$ -го вида, освобожденная от налога на прибыль (%);

$T$  — ставка налога на прибыль (%).

Предварительные подготовительные расчеты сведены в табл. 61. Используя эти данные, найдем средневзвешенную стоимость капитала корпорации “Эмскэнерго”:

$$\begin{aligned} \text{WACC} &= 0,8268 \cdot 21,2\% + 0,1602(17,7\% - 14,85\% \cdot 0,2) + \\ &+ 0,013(12\% - 12\% \cdot 0,2) = 20,013\%. \end{aligned}$$

## 5.20. Расчетная средневзвешенная стоимость капитала предприятия

**Пример 48.** Научно-производственное предприятие “Эко-тех” занимается разработкой, внедрением и обеспечением экологически чистых технологий на крупных предприятиях черной и цветной металлургии, химической промышленности. Собственный капитал предприятия составляет 184 220 долл. Заемный капитал представлен краткосрочным кредитом в сумме 30 252 долл. Кредит предоставлен под 16% годовых в долл. США. Коэффициент  $\beta$  компании оценивается на уровне 0,83. Ставка налога на прибыль — 20%.

Таблица 61

## Данные для оценки средневзвешенной стоимости капитала компании

Вид капитала	Рыночная оценка		Рыночная стоимость (%)	Пределная ставка освобождения от налога (%)
	тыс. руб.	% к итогу		
Собственный капитал (SE)	2 632 475	82,68	21,2	—
Краткосрочные кредиты (NP)	509 926	16,02	17,7	$8,25 \cdot 1,8 = 14,85$
Долгосрочные займы (LTL)	41 455	1,3	12	12
Итого:	3 183 856	100	—	—

Компания предполагает осуществить в Московской области нетипичный для нее проект организации производства алюминия из вторичного сырья. По мнению экспертов компании она имеет преимущества, обозначенные в табл. 62.

Таблица 62

**Технологические преимущества компании “Экотех”**

Наименование показателя	Первичный металл	Лом и отходы
Среднее содержание в сырье (%)	80	80
Извлечение в готовую продукцию (%)	87	92,5
Расход условного топлива (кг/т)	2 000	250
Количество отходящих газов (тыс. м <sup>3</sup> /т)	3 403	353

Потребность проекта в инвестициях составляет 105 тыс. долл. Эти деньги предполагается получить в коммерческом банке в виде кредитной линии под ставку 18% годовых.

Данные финансового рынка:

1. Безрисковая ставка в долл. США — 5,5% годовых.
2. MRP за риск инвестирования в собственный капитал российских компаний — 25% годовых.
3. Коэффициент  $\beta_U$  для отрасли “Цветная металлургия” — 0,95.

Необходимо определить, какова требуемая доходность для рассматриваемого проекта и какова WACC компании “Экотех” после того, как будут начаты работы по проекту.

Поскольку проект осуществляется за счет кредитной линии, можно было бы предположить, что единственным источником его финансирования и является эта кредитная линия. Однако такое решение было бы ошибочным, т. к. приводило бы нас к абсурдному с точки зрения финансовой теории выводу о том, что сами учредители предприятия “Экотех”, не вкладывая ни копейки в данный проект, могут претендовать на какие-то доходы от него.

На самом деле получателем кредита является компания “Экотех”. Она берет на себя финансовый риск, связанный с привлечением этих ресурсов, а потом перераспределяет эти ресурсы в пользу

данного проекта. Проект экономически интегрирован в компанию, т. к. не имеет отдельной структуры финансирования, а получает деньги непосредственно из фондов, аккумулированных компанией.

Следовательно, финансовый риск будет определяться финансовым рычагом всей компании, а не конкретного проекта. Другими словами, для проекта будет характерна та же структура капитала, что и для компании в целом.

Соотношение заемного и собственного капитала компании после привлечения долга будет равно

$$\frac{D}{S} = \frac{30\,252 + 105\,000}{184\,220} = 0,1642 + 0,57.$$

Весь капитал компании составит

$$S + D = 184\,220 + 30\,252 + 105\,000 = 319\,472 \text{ (долл.)}.$$

Оценим удельный вес каждого вида капитала в общем капитале компании.

1. Собственный капитал:

$$w_s = \frac{184\,220}{319\,472} 100\% = 57,66\%.$$

2. Кредит под 16%:

$$w_{d1} = \frac{30\,252}{319\,472} 100\% = 9,47\%.$$

3. Кредитная линия под 18%:

$$w_{d2} = \frac{105\,000}{319\,472} 100\% = 32,87\%.$$

Бизнес-риск, на который идут учредители проекта, — это риск, связанный с отраслевой принадлежностью проекта, поэтому  $\beta_U$  берется не по предприятию, а по отрасли, т. е.  $\beta_U = 0,95$ . Его скорректируем на финансовый риск по формуле Р. Хамады:

$$\begin{aligned} \beta_L &= \beta_U \left[ 1 + (1 - \lambda T) \frac{D}{S} \right] = \\ &= 0,95 \left[ 1 + \left( 1 - \frac{0,15}{0,16} 0,2 \right) 0,1642 + \left( 1 - \frac{0,15}{0,18} 0,2 \right) 0,57 \right] = 1,528. \end{aligned}$$

Таблица 63

Расчет средневзвешенного коэффициента  $\beta_a$  активов компании

Состав инвестиционного портфеля предприятия	$\beta$ -коэффициент	Капитал (долл.)	Удельный вес в общем капитале предприятия
Компания без проекта выплаты алюминия	0,83	184 220 + 30 252 = = 214 472	214 472 100% = 67,13% 319 472
Проект выплаты алюминия	$\frac{31,359\% - 5,5\%}{25\%} =$ $= 1,034$	105 000	105 000 100% = 32,87% 319 472

Стоимость собственного капитала проекта:

$$k_{sL} = k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta_L = 5,5\% + 25\% \cdot 1,528 = 43,7\%.$$

Требуемый уровень доходности проекта:

$$\begin{aligned} WACC &= 0,5766 \cdot 43,7\% + 0,0947(16\% - 15\% \cdot 0,2) + \\ &+ 0,3287(18\% - 15\% \cdot 0,2) = 31,359\%. \end{aligned}$$

Средневзвешенная стоимость капитала для компании в целом, т. е. для *всех* проектов компании, будет отличаться от требуемого уровня доходности данного проекта, поскольку предприятие “Экотех” осуществляет также проекты иной отраслевой принадлежности. Зная, что коэффициент  $\beta_a$  портфеля активов равен средневзвешенной величине из соответствующих коэффициентов активов, входящих в портфель (весами является вложенный капитал), составим расчетную табл. 63.

Средневзвешенный коэффициент  $\beta_a$  активов компании “Экотех”:

$$\beta_a = 0,6713 \cdot 0,83 + 0,3287 \cdot 1,034 = 0,897.$$

Стоимость капитала всего предприятия найдем по модели CAPM:

$$WACC = k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta_a = 5,5\% + 25\% \cdot 0,897 = 27,925\%.$$



## Глава 6

### Составление полного финансового плана

#### 6.1. Постановка задачи сравнения инвестиционных альтернатив

Инвестиции, как правило, не являются сами по себе подлинными альтернативами. Они отличаются друг от друга не только величиной начальной выплаты за их осуществление, но и величиной и временным распределением их возвратных потоков. Кроме того, сравниваемые друг с другом проекты различаются по сроку их действия. Поэтому ничего не остается, как дополнить “неполные” проекты подходящим образом, чтобы получить подлинные инвестиционные альтернативы.

**Пример 49.** Инвестор рассматривает горизонт планирования  $n = 3$  года и владеет сегодня ликвидными средствами величиной  $M_0 = 1100$  ден. ед. Он может реализовать либо проект  $A$ , либо проект  $B$ , по которым он предполагает представленные в табл. 64 поступления и выплаты.

Таблица 64

#### Исходные данные для финансовых планов (ден. ед.)

Момент времени $t$	0	1	2	3
Проект $A$	-1 000	0	0	1 525
Проект $B$	-1 300	800	900	0

Целью каждого инвестиционного расчета может быть либо максимизация конечного имущества, либо максимизация регулярного дохода.

## 6.2. Стремление к имуществу

Инвестор намерен, начиная с года  $t = 0$ , ежегодно изымать из своего предприятия по 100 ден. ед. для целей потребления и максимизировать свое имущество в конце третьего года.

Используя имеющуюся до сих пор в распоряжении информацию, инвестор может построить лишь неполные финансовые планы так, как это показано в табл. 65.

Таблица 65

**Неполные финансовые планы для двух инвестиций  
(ден. ед.)**

Момент времени $t$	0	1	2	3
Ликвидные средства	1 100			
Проект А	-1 000	0	0	1 525
Излишек	100	0	0	1 525
Ликвидные средства	1 100			
Проект В	-1 300	800	900	0
Излишек	-200	800	900	0

Эти две инвестиции не сравнимы. Если мы рассмотрим проект В, то увидим, что инвестор в момент времени  $t = 0$  при учете своих желаний изъятия, очевидно, должен взять по меньшей мере сумму 300 ден. ед. в долг. Значит, инвестор должен решить, во сколько ему обойдется первоначальный кредит, равный по меньшей мере 300 ден. ед., и как он хочет вложить излишек в конце первого и второго годов (после учета изъятий на потребление). Допустим, инвестор собрал следующую информацию:

1. В году  $t = 0$  можно взять кредит в сумме, не превышающей 400 ден. ед. Проценты составляют 20% за год. Возвращать кредит нужно в течение трех лет путем выплаты трех одинаковых сумм.

2. В году  $t = 2$  тоже можно взять кредит (максимум 300 ден. ед.). Ставка процента равна 15%, срок действия — один год.

3. В году  $t = 0$  можно осуществить еще одну инвестицию в материальные активы с денежным потоком  $(-200; 150; 100)$ .

4. В году  $t = 2$  можно сделать финансовые инвестиции на любую сумму. Ставка процента равна 12%, срок действия — один год.

5. Дополнительных возможностей осуществления инвестиций не существует. Но инвестор всегда может хранить неиспользованные денежные средства в кассе.

При использовании этой добавочной информации инвестор мог бы построить для проектов  $A$  и  $B$  полные финансовые планы, приведенные в табл. 66.

Знаком “-” в табл. 66 обозначаем отток средств, а знаком “+” — приток средств. Так, например, вложения средств в кассу фиксируются со знаком “-”, т. к. представляют из себя выплаты инвестора, в то время как получение средств из кассы фиксируется со знаком “+”, поскольку это уже будут поступления инвестору.

Ежегодные постоянные денежные выплаты по схеме постнумерандо, т. е. в конце каждого года, по 20%-му кредиту рассчитываются по формуле

$$R = \frac{PV}{a_{n;i}}$$

где  $PV$  — современная стоимость ренты (ден. ед.);

$n$  — срок ренты (лет);

$i$  — годовая процентная ставка (%);

$a_{n;i}$  — дисконтный множитель для постоянной ренты постнумерандо, который в свою очередь вычисляется по формуле

$$a_{n;i} = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}.$$

Методы построения оптимальных полных финансовых планов будут рассмотрены позже, т. е. после того, как будут получены необходимые для этого математические соотношения. На данном же этапе важным является следующий вывод: поскольку наибольшее остаточное имущество получается при осуществлении проекта  $A$ , инвестор примет решение в его пользу (включая связанные с ним дополняющие инвестиции и заимствования).

Таблица 66

## Полные финансовые планы (стремление к имуществу) (ден. ед.)

Момент времени $t$	0	1	2	3
Ликвидные средства	1 100			
Проект А	-1 000	0	0	1 525
Кредит (20%)	286	-136	-136	-136
Дополнительная инвестиция	-200	150	100	
Держание кассы	-86	86		
Кредит (15%)			136	-156
Изыятия				
Остаточное имущество	100	100	100	100
				<b>1 133</b>
Ликвидные средства	1 100			
Проект В	-1 300	800	900	
Кредит (20%)	300	-142	-142	-142
Держание кассы		-558	558	
Финансовая инвестиция (12%)			-1 216	1 362
Изыятия				
Остаточное имущество	100	100	100	100
				<b>1 120</b>

### 6.3. Стремление к доходу

Предположим, что инвестор в конце третьего года намеревается владеть имуществом в сумме 1000 ден. ед. и, кроме того, ежегодно изымать постоянные, но максимально возможные суммы из предприятия. Тогда инвестор мог бы построить представленные в табл. 67 полные финансовые планы. Как показывают ее результаты, ежегодные изъятия выше при осуществлении проекта  $B$ , поэтому инвестор должен принять решение в его пользу (включая связанные с ним финансовые инвестиции и кредит).

### 6.4. Упрощающие допущения

Нам необходимы упрощающие допущения о дополняющих инвестициях и заимствованиях. Иначе при построении оптимальных полных финансовых планов мы столкнемся с существенными методическими проблемами. Классификацию допущений приведем в табл. 68.

Для дальнейших выкладок нам понадобятся следующие обозначения:

- $C_t$  — излишек или недостаток финансовых средств в момент времени  $t$  (ден. ед.);
- $f_t$  — элемент вектора структуры дохода в момент времени  $t$  (темп роста дохода по отношению к  $t = 0$ );
- $G$  — лимит заимствования (ден. ед.);
- $h_t$  — ставка по инвестированию для дополняющих инвестиций в период от  $t - 1$  до  $t$  (%);
- $s_t$  — ставка для дополняющего заимствования в период от  $t - 1$  до  $t$  (%);
- $M_t$  — базовый платеж в момент времени  $t$  (не зависит от того, осуществляется инвестиция или нет) (ден. ед.);
- $n$  — горизонт планирования (лет);
- $Y$  — уровень дохода (изъятия равны  $f_t Y$ ) (ден. ед.);
- $z_t$  — денежный поток по инвестиционному проекту в момент времени  $t$  (ден. ед.).

Таблица 67

Полные финансовые планы (стремление к доходу) (ден. ед.)

Момент времени <i>t</i>	0	1	2	3
Ликвидные средства	1 100			
Проект А	-1 000	0	0	1 525
Кредит (20%)	400	-189	-189	-189
Дополнительная инвестиция	-200	150	100	
Держание кассы	-180	159	21	
Кредит (15%)			188	-216
Изыятия	120	120	120	120
Остаточное имущество				1 000
Ликвидные средства	1 100			
Проект В	-1 300	800	900	
Кредит (20%)	325	-154	-154	-154
Держание кассы		-521	521	
Финансовая инвестиция (12%)			-1 142	1 279
Изыятия	<b>125</b>	<b>125</b>	<b>125</b>	<b>125</b>
Остаточное имущество				1 000

## Виды рынков капитала

Характеристики	Процентная ставка при заимствовании равна процентной ставке при инвестировании	Процентная ставка при заимствовании больше процентной ставки при инвестировании
Отсутствие лимита при получении кредита	Совершенный, неограниченный рынок капитала	Несовершенный, неограниченный рынок капитала
Наличие лимита при получении кредита	Совершенный, ограниченный рынок капитала	Несовершенный, ограниченный рынок капитала

## 6.5. Правило расчета остаточного имущества

Для расчета остаточного имущества  $C_n$  мы осуществляем следующие операции:

1. В момент времени  $t = 0$  имущество

$$C_0 = M_0 - f_0Y + z_0.$$

2. Если остаются ликвидные средства, то нужно осуществить дополняющую инвестицию, которая в момент времени  $t = 1$  позволит получить поступления величиной  $(1 + h_1)C_0$ , то есть

$$C_0 > 0 \Rightarrow C_1 = M_1 - f_1Y + z_1 + (1 + h_1)C_0.$$

А если в момент времени  $t = 0$  возникнет недостаток финансовых средств, то тогда его необходимо компенсировать дополняющим заимствованием, которое в момент времени  $t = 1$  уменьшает кассу инвестора на выплату величиной  $(1 + s_1)C_0$ , то есть

$$C_0 < 0 \Rightarrow C_1 = M_1 - f_1Y + z_1 + (1 + s_1)C_0.$$

3. Далее рассчитывается последовательно остаточное имущество:

$$\begin{aligned} C_{t-1} > 0 &\Rightarrow C_t = M_t - f_t Y + z_t + (1 + h_t) C_{t-1}; \\ C_{t-1} < 0 &\Rightarrow C_t = M_t - f_t Y + z_t + (1 + s_t) C_{t-1}. \end{aligned}$$

4. Если возникнет ситуация, при которой в какой-то момент планового периода необходимо осуществить дополняющее заимствование, которое превышает лимит, то есть

$$-C_t > G,$$

то проект неосуществим.

## 6.6. Модель остаточной стоимости. Несовершенный рынок капитала

Пусть инвестор намерен максимизировать свое имущество при данных изъятиях потребления и имеет дело с несовершенным и ограниченным рынком капитала.

**Пример 50.** Инвестор рассматривает плановый период  $n = 3$  года. Он принимает решения в условиях несовершенного и ограниченного рынка капитала. Ставки процентов по дополняющим инвестициям и заимствованиям представлены в табл. 69. Максимально возможный объем дополняющего заимствования  $G = 350$  ден. ед. Необходимо выбирать между проектами  $A$ ,  $B$  и  $C$ , денежные потоки которых тоже приведены в табл. 69. Кроме того, существует альтернатива отказа от инвестиций. На основе ранее начатых мероприятий, последствия которых сейчас уже нельзя изменить, инвестор исходит из приведенных в табл. 69 независимых от решения базовых платежей. Он хочет максимизировать свое остаточное имущество. Желаемые изъятия также представлены в табл. 69. Необходимо составить полные финансовые планы и выяснить, какая из инвестиций является оптимальной.

Если мы применим изложенное выше правило расчета остаточного имущества для анализа проектов, включая альтернативу отказа, то вычисления будут выглядеть следующим образом.



Исходная информация для инвестора

Момент времени	$t$	0	1	2	3
Проценты по заимствованию	$s_t$		0,12	0,1	0,1
Проценты по инвестированию	$h_t$		0,05	0,07	0,07
Проект $A$	$z_t$	-500	-400	800	400
Проект $B$	$z_t$	-300	-800	1 200	200
Проект $C$	$z_t$	-900	800	360	-10
Альтернатива отказа	$z_t$	0	0	0	0
Базовые платежи	$M_t$	600	100	-200	800
Изъятия	$f_t Y$	20	22	24	26

Проект *A*:

$$\begin{aligned}t = 0 : \quad C_0 &= M_0 - f_0Y + z_0 = \\ &= 600 - 20 - 500 = 80 \\ &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\ t = 1 : \quad C_1 &= M_1 - f_1Y + z_1 + (1 + h_1)C_0 = \\ &= 100 - 22 - 400 + 1,05 \cdot 80 = -238 \\ &\quad (\text{необходимо дополняющее заимствование}); \\ t = 2 : \quad C_2 &= M_2 - f_2Y + z_2 + (1 + s_2)C_1 = \\ &= -200 - 24 + 800 - 1,1 \cdot 238 = 314,2 \\ &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\ t = 3 : \quad C_3 &= M_3 - f_3Y + z_3 + (1 + h_3)C_2 = \\ &= 800 - 26 + 400 + 1,07 \cdot 314,2 = 1\,510,19 \\ &\quad (\text{остаточное имущество}).\end{aligned}$$

Проект *B*:

$$\begin{aligned}t = 0 : \quad C_0 &= M_0 - f_0Y + z_0 = \\ &= 600 - 20 - 300 = 280 \\ &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\ t = 1 : \quad C_1 &= M_1 - f_1Y + z_1 + (1 + h_1)C_0 = \\ &= 100 - 22 - 800 + 1,05 \cdot 280 = -428 \\ &\quad (\text{необходимо дополняющее заимствование,} \\ &\quad \text{но оно в таком объеме невозможно}).\end{aligned}$$

Следовательно, проект *B* неосуществим.

Остаточное имущество для проекта *C* и для альтернативы отказа рассчитывается аналогично тому, как это было сделано для проекта *A*. В итоге получаются следующие результаты:

$$\begin{aligned}\text{Проект } C: \quad & C_3 = 1\,504,41 \text{ ден. ед.} \\ \text{Альтернатива отказа:} \quad & C_3 = 1\,320,87 \text{ ден. ед.}\end{aligned}$$

Как видим, инвестор достигнет наибольшего остаточного имущества при осуществлении проекта *A*. Поэтому разумнее принять

решение в его пользу. Полные финансовые планы для трех инвестиционных альтернатив приведены в табл. 70.

### 6.7. Модель остаточной стоимости. Совершенный рынок капитала

Мы имеем дело с особым случаем совершенного рынка капитала, если ставки процентов одинаковы для всех подпериодов планового периода (“пологая кривая процента”). В этих условиях  $h = s = i$ .

Запас финансовых средств в момент времени  $t = 0$  составляет всегда величину

$$C_0 = M_0 - f_0Y + z_0.$$

А в последующие моменты времени по причине единственности ставки процента мы можем осуществлять расчет просто по формуле

$$C_t = M_t - f_tY + z_t + (1 + i)C_{t-1} \quad \text{для} \quad \forall t = \overline{1, n}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} C_n &= M_n - f_nY + z_n + (1 + i)C_{n-1}; \\ C_{n-1} &= M_{n-1} - f_{n-1}Y + z_{n-1} + (1 + i)C_{n-2}; \\ C_{n-2} &= M_{n-2} - f_{n-2}Y + z_{n-2} + (1 + i)C_{n-3}; \\ &\dots\dots\dots \\ C_2 &= M_2 - f_2Y + z_2 + (1 + i)C_1; \\ C_1 &= M_1 - f_1Y + z_1 + (1 + i)C_0; \\ C_0 &= M_0 - f_0Y + z_0. \end{aligned}$$

Последовательная подстановка в первое уравнение приводит к

$$\begin{aligned} C_n &= M_n - f_nY + z_n + (1 + i)(M_{n-1} - f_{n-1}Y + z_{n-1}) + \\ &+ (1 + i)^2(M_{n-2} - f_{n-2}Y + z_{n-2}) + \dots + (1 + i)^{n-2}(M_2 - f_2Y + z_2) + \\ &+ (1 + i)^{n-1}(M_1 - f_1Y + z_1) + (1 + i)^n(M_0 - f_0Y + z_0) = \\ &= \sum_{t=0}^n (1 + i)^{n-t}(M_t - f_tY + z_t). \end{aligned}$$

Таблица 70

Полные финансовые планы для трех инвестиционных альтернатив при несовершенном и ограниченном рынке капитала (ден. ед.)

Момент времени <i>t</i>	0	1	2	3
Базовые платежи	600	100	-200	800
Проект А	-500	-400	800	400
Дополнительная инвестиция (5%)	-80	84		
Дополнительное заимствование (10%)		238	-261,8	
Дополнительная инвестиция (7%)			-314,2	336,19
Изъятия				
Изъятия	20	22	24	26
Остаточное имущество				<b>1 510,19</b>
Базовые платежи	600	100	-200	800
Проект С	-900	800	360	-10
Дополнительное заимствование (12%)	320	-358,4		
Дополнительная инвестиция (7%)		-519,6	555,97	
Дополнительная инвестиция (7%)			-691,97	740,41
Изъятия				
Изъятия	20	22	24	26
Остаточное имущество				1 504,41

Окончание табл. 70

Момент времени <i>t</i>	0	1	2	3
Базовые платежи	600	100	-200	800
Альтернатива отказа	0	0	0	0
Дополнительная инвестиция (5%)	-580	609		
Дополнительная инвестиция (7%)		-687	735,09	
Дополнительная инвестиция (7%)			-511,09	546,87
Изъятия	20	22	24	26
Остаточное имущество				1 320,87

Окончательно получаем, что остаточное имущество

$$C_n = \underbrace{(1+i)^n}_{\text{const}} \left( \underbrace{\sum_{t=0}^n (M_t - f_t Y)(1+i)^{-t}}_{\text{одинакова для проектов}} + \underbrace{\sum_{t=0}^n z_t(1+i)^{-t}}_{\text{различна для проектов}} \right).$$

Таким образом, проекты различаются лишь величиной чистого приведенного дохода:

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n z_t(1+i)^{-t}.$$

**Пример 51.** Используем данные примера 50, только теперь пусть  $h = s = i = 0,085$ . Кроме того, пусть осуществление дополнительного заимствования будет возможно в неограниченном объеме.

Если мы рассчитаем величины остаточного имущества для всех четырех альтернатив согласно общему правилу расчета, то получим следующие значения:

Проект <i>A</i> :	$C_3 = 1\,522,08$ ден. ед.
Проект <i>B</i> :	$C_3 = \mathbf{1\,540,64}$ ден. ед.
Проект <i>C</i> :	$C_3 = 1\,536,43$ ден. ед.
Альтернатива отказа:	$C_3 = 1\,363,61$ ден. ед.

Согласно этим результатам проект *B* является оптимальным, так как он “обещает” самую высокую остаточную стоимость.

К такому же выводу мы пришли бы, используя критерий NPV (табл. 71). При этом для альтернативы отказа получаем, что

$$C_3 = 1,2773 \cdot 1\,067,58 = 1\,363,61.$$

При “непологой кривой процента” ставки процентов различны для разных подпериодов общего планового периода. В этом случае, обозначая за  $i_{\tau-1,\tau}$  процентную ставку за период от  $\tau - 1$  до  $\tau$ , получаем формулу чистого приведенного дохода:

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n z_t \prod_{\tau=0}^t (1 + i_{\tau-1,\tau})^{-1}.$$

Таблица 71

Расчет остаточной стоимости для трех инвестиций  
в условиях совершенного неограниченного рынка капитала

Проект А

$t$	$(1+i)^{-t}$	$M_t - f_t Y$	$(M_t - f_t Y)(1+i)^{-t}$	$z_t$	$z_t(1+i)^{-t}$
0	1	580	580	-500	-500
1	0,9217	78	71,89	-400	-368,66
2	0,8495	-224	-190,28	800	679,56
3	0,7829	774	605,97	400	313,16
			1067,58		124,06

$$C_3 = 1,2773 (1067,58 + 124,06) = 1522,08$$

Проект В

$t$	$(1+i)^{-t}$	$M_t - f_t Y$	$(M_t - f_t Y)(1+i)^{-t}$	$z_t$	$z_t(1+i)^{-t}$
0	1	580	580	-300	-300
1	0,9217	78	71,89	-800	-737,33
2	0,8495	-224	-190,28	1200	1019,35
3	0,7829	774	605,97	200	156,58
			1067,58		138,6

$$C_3 = 1,2773 (1067,58 + 138,6) = 1540,64$$

Окончание табл. 71

Проект С

$t$	$(1+i)^{-t}$	$M_t - f_t Y$	$(M_t - f_t Y)(1+i)^{-t}$	$z_t$	$z_t(1+i)^{-t}$
0	1	580	580	-900	-900
1	0,9217	78	71,89	800	737,33
2	0,8495	-224	-190,28	360	305,8
3	0,7829	774	605,97	-10	-7,83
			1 067,58		135,3

$$C_3 = 1,2773 (1 067,58 + 135,3) = 1 536,43$$



**Пример 52.** Инвестор должен определить в условиях совершенного рынка капитала, следует ли ему осуществить инвестицию с денежным потоком  $(-100; 50; 30; 40)$ . Спотовая и форвардная ставки процентов составляют соответственно  $i_{0,1} = 7\%$ ,  $i_{1,2} = 8\%$  и  $i_{2,3} = 9\%$ .

$$NPV = -100 + \frac{50}{1,07} + \frac{30}{1,07 \cdot 1,08} + \frac{40}{1,07 \cdot 1,08 \cdot 1,09} = 4,45.$$

Чистый приведенный доход больше нуля, значит, инвестицию необходимо осуществить.

### 6.8. Модель изъятия. Несовершенный рынок капитала

Здесь мы анализируем поведение инвестора, который хочет максимизировать свой уровень доходов и при этом имеет дело с несовершенным и неограниченным рынком капитала. Это означает, что инвестор может осуществить дополняющие инвестиции и заимствования на любую сумму, но при этом  $s_t > h_t$ .

Для расчета уровня дохода  $Y$  применяется метод линейной интерполяции. Задается  $Y_1$ , при котором фактическое остаточное имущество  $C_{n,1}$  больше желаемого, т. е.  $C_n$ , и задается  $Y_2$ , при котором фактическое остаточное имущество  $C_{n,2}$  меньше желаемого (рис. 45). Затем находится уровень дохода  $Y$  по формуле

$$Y = Y_1 + \frac{C_n - C_{n,1}}{C_{n,2} - C_{n,1}} (Y_2 - Y_1) = Y_1 + \frac{C_{n,1} - C_n}{C_{n,1} - C_{n,2}} (Y_2 - Y_1).$$

**Пример 53.** Инвестор рассматривает плановый период  $n = 5$  лет. Желаемое конечное остаточное имущество составляет  $C_5 = 1\,500$  ден. ед. Остальные данные представлены в табл. 72. Необходимо рассчитать, какого уровня изъятий можно достичь благодаря инвестициям.

Возьмем сначала  $Y = 100$  ден. ед. и рассчитаем остаточное имущество  $C_5$ .

Таблица 72

Исходная информация для инвестора, который стремится к максимальному доходу на несовершенном неограниченном рынке капитала

Момент времени $t$	0	1	2	3	4	5
Базовые платежи	500	100	100	100	100	300
Инвестиционный проект	-1 000	200	400	600	700	800
Структура изъятий	1	1,2	1	1,2	1,4	1,6
% по инвестированию		0,07	0,07	0,07	0,08	0,08
% по заимствованию		0,11	0,11	0,12	0,12	0,12

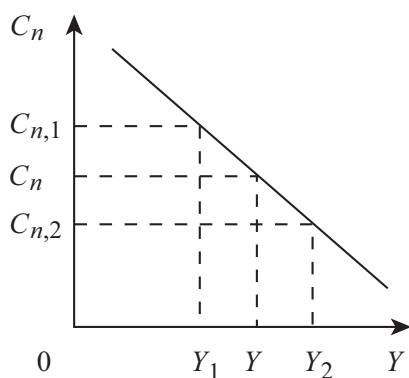


Рис. 45. Иллюстрация метода линейной интерполяции

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 500 - 100 - 1000 = -600; \\
 C_1 &= 100 - 1,2 \cdot 100 + 200 - 1,11 \cdot 600 = -486; \\
 C_2 &= 100 - 100 + 400 - 1,11 \cdot 486 = -139,46; \\
 C_3 &= 100 - 1,2 \cdot 100 + 600 - 1,12 \cdot 139,46 = 423,8; \\
 C_4 &= 100 - 1,4 \cdot 100 + 700 + 1,08 \cdot 423,8 = 1117,71; \\
 C_5 &= 300 - 1,6 \cdot 100 + 800 + 1,08 \cdot 1117,71 = 2147,13.
 \end{aligned}$$

Как видно из рис. 45,  $Y = 100$  ден. ед. слишком мало. Поэтому возьмем, например,  $Y = 200$  ден. ед. Тогда

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 500 - 200 - 1000 = -700; \\
 C_1 &= 100 - 1,2 \cdot 200 + 200 - 1,11 \cdot 700 = -717; \\
 C_2 &= 100 - 200 + 400 - 1,11 \cdot 717 = -495,87; \\
 C_3 &= 100 - 1,2 \cdot 200 + 600 - 1,12 \cdot 495,87 = -95,37; \\
 C_4 &= 100 - 1,4 \cdot 200 + 700 - 1,12 \cdot 95,37 = 413,18; \\
 C_5 &= 300 - 1,6 \cdot 200 + 800 + 1,08 \cdot 413,18 = 1226,25.
 \end{aligned}$$

Очевидно,  $Y = 200$  ден. ед. слишком велико. Поэтому произведем первую интерполяцию:

$$Y = 100 + \frac{2\,147,13 - 1\,500}{2\,147,13 - 1\,226,25} (200 - 100) = 170,27.$$

Найдем  $C_5$  для  $Y = 170,27$  ден. ед.

$$\begin{aligned} C_0 &= 500 - 170,27 - 1\,000 = -670,27; \\ C_1 &= 100 - 1,2 \cdot 170,27 + 200 - 1,11 \cdot 670,27 = -648,32; \\ C_2 &= 100 - 170,27 + 400 - 1,11 \cdot 648,32 = -389,91; \\ C_3 &= 100 - 1,2 \cdot 170,27 + 600 - 1,12 \cdot 389,91 = 58,98; \\ C_4 &= 100 - 1,4 \cdot 170,27 + 700 + 1,08 \cdot 58,98 = 625,32; \\ C_5 &= 300 - 1,6 \cdot 170,27 + 800 + 1,08 \cdot 625,32 = 1\,502,91. \end{aligned}$$

Значение  $Y = 170,27$  ден. ед. все еще мало. Тогда произведем вторую интерполяцию:

$$Y = 170,27 + \frac{1\,502,91 - 1\,500}{1\,502,91 - 1\,226,25} (200 - 170,27) = 170,58.$$

Найдем  $C_5$  для  $Y = 170,58$  ден. ед.

$$\begin{aligned} C_0 &= 500 - 170,58 - 1\,000 = -670,58; \\ C_1 &= 100 - 1,2 \cdot 170,58 + 200 - 1,11 \cdot 670,58 = -649,05; \\ C_2 &= 100 - 170,58 + 400 - 1,11 \cdot 649,05 = -391,02; \\ C_3 &= 100 - 1,2 \cdot 170,58 + 600 - 1,12 \cdot 391,02 = 57,35; \\ C_4 &= 100 - 1,4 \cdot 170,58 + 700 + 1,08 \cdot 57,35 = 623,13; \\ C_5 &= 300 - 1,6 \cdot 170,58 + 800 + 1,08 \cdot 623,13 = 1\,500,05. \end{aligned}$$

Что касается точности, то она достаточна. Поэтому мы не делаем дальнейших расчетов.

Далее не составляет труда рассчитать величины  $f_t Y$  по годам.

## 6.9. Стремление к доходу и стремление к имуществу в сравнении

На несовершенных рынках капитала эти две цели являются конкурирующими. Покажем это на следующем примере.

**Пример 54.** Инвестор планирует на период  $n = 2$  года. Проценты по займу постоянны и составляют  $s = 40\%$  в год, проценты по инвестированию также постоянны и составляют  $h = 10\%$  в год. Остальные исходные данные представлены в табл. 73.

Таблица 73

**Исходная информация для инвестора на несовершенном рынке капитала**

Момент времени $t$	0	1	2
Базовые платежи	500	0	200
Временная структура изъятий	1	1,1	1,21
Инвестиция А	-1 000	1 460	0
Инвестиция В	-1 200	0	2 280

Нужно найти:

1. Проект, максимизирующий доходы при остаточном имуществе  $C_2 = 250$  ден. ед.
2. Проект, максимизирующий остаточное имущество при уровне дохода  $Y = 40$  ден. ед.

Исследуем сначала первую цель — максимизацию изъятий. Решая задачу методом линейной интерполяции, получаем результаты, приведенные в табл. 74.

Таблица 74

**Уровни изъятий  $Y$  при остаточном имуществе  $C_2 = 250$  ден. ед.**

Проект А	<b>198,48</b>
Проект В	182,17

Проверка для проекта А:

$$C_0 = 500 - 198,48 - 1\,000 = -698,48;$$

$$C_1 = -1,1 \cdot 198,48 + 1\,460 - 1,4 \cdot 698,48 = 263,8;$$

$$C_2 = 200 - 1,21 \cdot 198,48 + 1,1 \cdot 263,8 = 250.$$

Как видно из табл. 74, оптимальным является проект *A*.

Теперь исследуем вторую цель — максимизацию остаточного имущества. Если мы применим общее правило расчета остаточного имущества, то получим данные табл. 75.

Таблица 75

**Остаточное имущество  $C_2$   
при уровне изъятий  $Y = 40$  ден. ед.**

Проект <i>A</i>	877,6
Проект <i>B</i>	<b>919,6</b>

Так, например, для проекта *B* расчет  $C_2$  будет таким:

$$C_0 = 500 - 40 - 1\,200 = -740;$$

$$C_1 = -1,1 \cdot 40 - 1,4 \cdot 740 = -1\,080;$$

$$C_2 = 200 - 1,21 \cdot 40 + 2\,280 - 1,4 \cdot 1\,080 = 919,6.$$

Теперь оптимальным является не проект *A*, а проект *B*.

Если мы рассчитаем остаточное имущество обоих проектов для разных уровней изъятий и построим графики образующихся таким образом функций, то получим прямые, представленные на рис. 46.

*Вывод:* В случае несовершенного рынка капитала инвестор, желающий максимизировать свой доход, примет решение, отличное от решения инвестора, стремящегося к максимизации имущества.

### 6.10. Модель изъятия. Совершенный рынок капитала

Инвестор максимизирует изъятия в условиях совершенного рынка капитала, т. е. когда  $h = s = i$ . Используем формулу остаточного имущества, полученную в параграфе 6.7 “Модель остаточной стоимости. Совершенный рынок капитала”. Тогда можем записать, что

$$C_n = (1 + i)^n \left( \sum_{t=0}^n (M_t - f_t Y)(1 + i)^{-t} + NPV \right) =$$

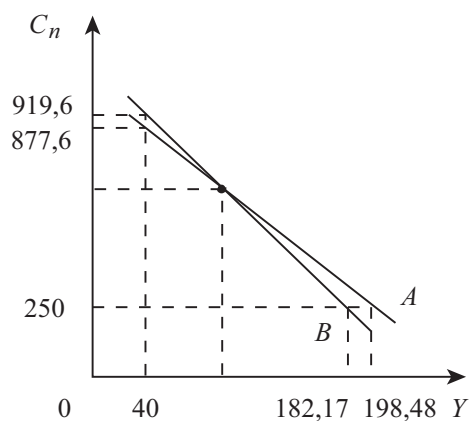


Рис. 46. Конфликт между стремлением к имуществу и стремлением к доходу

$$= \sum_{t=0}^n M_t(1+i)^{n-t} - Y \sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{n-t} + \text{NPV}(1+i)^n.$$

Выразим постепенно из последнего выражения величину уровня дохода  $Y$ .

$$Y \sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{n-t} = \sum_{t=0}^n M_t(1+i)^{n-t} - C_n + \text{NPV}(1+i)^n;$$

$$Y = \frac{\sum_{t=0}^n M_t(1+i)^{n-t} - C_n}{\sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{n-t}} + \frac{\text{NPV}}{\sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{-t}}.$$

Первая дробь в полученной формуле представляет из себя изъятия в рамках альтернативы отказа. Они одинаковы для всех проектов. Вторая дробь — это дополнительные изъятия, которые возникают при осуществлении инвестиции. Знаменатель второй дроби также один и тот же для всех проектов. Поэтому для принятия ре-

шения имеет значение только NPV проектов. Следовательно, надо выбирать проект с наибольшим NPV.

Поскольку при исследовании цели стремления к имуществу мы пришли к точно такому же выводу, можно отметить следующее:

*На совершенных рынках капитала максимизация имущества и максимизация доходов являются взаимодополняющими целями.*

**Пример 55.** Возвратимся к примеру 50. Теперь инвестор намеревается максимизировать уровень своих доходов и при этом хочет достичь остаточного имущества в объеме  $C_3 = 1\,300$  ден. ед. Ставки  $h = s = i = 8,5\%$ . Данные представлены в табл. 76. Рынок капитала совершенный и неограниченный. Необходимо составить полные финансовые планы для трех проектов и выбрать проект, который позволит получать максимальный годовой доход.

Определим сначала уровень дохода  $Y_0$  альтернативы отказа по формуле

$$Y_0 = \frac{\sum_{t=0}^n M_t(1+i)^{n-t} - C_n}{\sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{n-t}}.$$

Числитель дроби равен

$$600 \cdot 1,085^3 + 100 \cdot 1,085^2 - 200 \cdot 1,085 + 800 - 1\,300 = 167,1,$$

а знаменатель —

$$1,085^3 + 1,1 \cdot 1,085^2 + 1,2 \cdot 1,085 + 1,3 = 5,17,$$

тогда уровень дохода в рамках альтернативы отказа составляет

$$Y_0 = \frac{167,1}{5,17} = 32,29.$$

Теперь рассчитаем дополнительные доходы  $\Delta Y$  по каждой инвестиции по формуле

$$\Delta Y = \frac{\text{NPV}}{\sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{-t}}.$$



Таблица 76

Исходная информация для инвестора, который в условиях совершенного рынка капитала стремится к максимизации изъятий

Момент времени	$t$	0	1	2	3
Проект A	$z_t$	-500	-400	800	400
Проект B	$z_t$	-300	-800	1 200	200
Проект C	$z_t$	-900	800	360	-10
Альтернатива отказа	$z_t$	0	0	0	0
Базовые платежи	$M_t$	600	100	-200	800
Временная структура изъятий	$f_t$	1	1,1	1,2	1,3

Показатели NPV трех проектов были рассчитаны в примере 51 в последней колонке табл. 71. Вычислим знаменатель дроби:

$$1 + 1,1 \cdot 1,085^{-1} + 1,2 \cdot 1,085^{-2} + 1,3 \cdot 1,085^{-3} = 4,05.$$

Тогда дополнительные доходы по каждому из трех проектов составят

$$\Delta Y_A = \frac{124,06}{4,05} = 30,63; \quad \Delta Y_B = \frac{138,6}{4,05} = 34,22;$$

$$\Delta Y_C = \frac{135,3}{4,05} = 33,4,$$

а суммарные уровни дохода —

$$Y_A = 32,29 + 30,63 = 62,92; \quad Y_B = 32,29 + 34,22 = 66,51;$$

$$Y_C = 32,29 + 33,4 = 65,69.$$

Оптимальным является проект *B*, т. к. он приносит наибольший уровень дохода. Полные финансовые планы для проектов *A*, *B* и *C* приведены в табл. 77.

### 6.11. Расчет чистого приведенного дохода с учетом выплаты налога на прибыль

Здесь мы рассматриваем совершенный рынок капитала. Выведем формулу чистого приведенного дохода (NPV) с учетом выплаты налога на прибыль, используя для этого несколько этапов.

#### Переименование элементов денежного потока.

$$C_0 = M_0 - f_0 Y - I_0,$$

где  $I_0$  — капитальные вложения в момент  $t = 0$ .

$$C_t = M_t - f_t Y + CF_t + (1 + i)C_{t-1} \quad \text{для} \quad \forall t = \overline{1, n},$$

где  $CF_t$  — возвратный поток от инвестиции в момент  $t$ .

Таблица 77

Полные финансовые планы для трех инвестиционных проектов при максимизации доходов в условиях совершенного неограниченного рынка капитала (ден. ед.)

Момент времени $t$	0	1	2	3
Базовые платежи	600	100	-200	800
Проект А	-500	-400	800	400
Дополнительная инвестиция (8,5%)	-37,08	40,23		
Дополнительная заимствование (8,5%)		328,98	-356,94	
Дополнительная инвестиция (8,5%)			-167,55	181,8
Изыятия	62,92	69,21	75,5	81,8
Остаточное имущество				1 300
Базовые платежи	600	100	-200	800
Проект В	-300	-800	1 200	200
Дополнительная инвестиция (8,5%)	-233,49	253,34		
Дополнительное заимствование (8,5%)		519,82	-564,01	
Дополнительная инвестиция (8,5%)			-356,18	386,46
Изыятия	<b>66,51</b>	<b>73,16</b>	<b>79,81</b>	<b>86,46</b>
Остаточное имущество				1 300

Окончание табл. 77

Момент времени $t$	0	1	2	3
Базовые платежи	600	100	-200	800
Проект $C$	-900	800	360	-10
Дополнительное заимствование (8,5%)	365,69	-396,78	467,59	595,4
Дополнительная инвестиция (8,5%)		-430,96	-548,76	
Дополнительная инвестиция (8,5%)				
Изыятия	65,69	72,26	78,83	85,4
Остаточное имущество				1 300

**Учет суммы налога на прибыль.**

$$C_t = M_t - f_t Y + CF_t + (1 + i)C_{t-1} - S_{\text{приб.},t} \quad \text{для } \forall t = \overline{1, n},$$

где  $S_{\text{приб.},t}$  — сумма налога на прибыль в момент  $t$ .

**Подстановка и преобразование.** Налогооблагаемая прибыль от инвестиции в момент  $t$

$$\begin{aligned} \text{ВГ}_{\text{приб.},t} &= \text{возвратные потоки от инвестиции} - \\ &- \text{сумма амортизационных отчислений} \pm \text{проценты} = \quad (37) \\ &= CF_t - D_t + iC_{t-1}, \end{aligned}$$

где  $D_t$  — сумма амортизационных отчислений в момент  $t$ .

С учетом сальдо основной налогооблагаемой прибыли, обозначаемой как  $\text{ВВГ}_{\text{приб.},t}$ , получаем, что

$$\text{ВГ}_{\text{приб.},t} = \text{ВВГ}_{\text{приб.},t} + CF_t - D_t + iC_{t-1}.$$

Тогда сумма налога на прибыль в момент  $t$  составляет

$$S_{\text{приб.},t} = T \cdot \text{ВГ}_{\text{приб.},t} = T(\text{ВВГ}_{\text{приб.},t} + CF_t - D_t + iC_{t-1}),$$

где  $T$  — ставка налога на прибыль.

Подстановка в выражение для  $C_t$  и преобразование дают

$$\begin{aligned} C_t &= M_t - f_t Y - T \cdot \text{ВВГ}_{\text{приб.},t} + CF_t(1 - T) + T \cdot D_t + \\ &+ (1 + i(1 - T))C_{t-1}. \end{aligned}$$

Обозначим за  $i_T = i(1 - T)$  расчетную ставку процента с учетом налога на прибыль. Тогда получим

$$C_t = M_t - f_t Y - T \cdot \text{ВВГ}_{\text{приб.},t} + CF_t(1 - T) + T \cdot D_t + (1 + i_T)C_{t-1}.$$

**Изолирование независимых от проекта платежей.** Независимые от проекта платежи составляют

$$\begin{aligned} U_0 &= M_0 - f_0 Y; \\ U_t &= M_t - f_t Y - T \cdot \text{ВВГ}_{\text{приб.},t} \quad \text{для } \forall t = \overline{1, n}. \end{aligned}$$

Подстановка приводит к упрощенному виду исходных уравнений:

$$C_0 = U_0 - I_0;$$

$$C_t = U_t + CF_t(1 - T) + T \cdot D_t + (1 + i_T)C_{t-1} \quad \text{для } \forall t = \overline{1, n}.$$

**Использование рекурсивного соотношения.**

$$C_n = U_n + CF_n(1 - T) + T \cdot D_n + (1 + i_T)C_{n-1};$$

$$C_{n-1} = U_{n-1} + CF_{n-1}(1 - T) + T \cdot D_{n-1} + (1 + i_T)C_{n-2};$$

.....

$$C_1 = U_1 + CF_1(1 - T) + T \cdot D_1 + (1 + i_T)C_0;$$

$$C_0 = U_0 - I_0.$$

Последовательная подстановка в первое уравнение приводит к

$$C_n = (U_n + CF_n(1 - T) + T \cdot D_n) +$$

$$+ (1 + i_T)(U_{n-1} + CF_{n-1}(1 - T) + T \cdot D_{n-1}) + \dots +$$

$$+ (1 + i_T)^{n-1}(U_1 + CF_1(1 - T) + T \cdot D_1) +$$

$$+ (1 + i_T)^n(U_0 - I_0).$$

Окончательно получаем, что остаточное имущество

$$C_n = (1 + i_T)^n \left( \underbrace{\sum_{t=0}^n U_t (1 + i_T)^{-t}}_{\text{PV независимых от проекта платежей}} + \right.$$

$$\left. + \underbrace{\sum_{t=1}^n (CF_t(1 - T) + T \cdot D_t)(1 + i_T)^{-t} - I_0}_{\text{PV зависимых от проекта платежей (NPV)}} \right).$$

Из этого уравнения легко получить искомую формулу *чистого приведенного дохода с учетом выплаты налога на прибыль*:

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n (CF_t(1 - T) + T \cdot D_t)(1 + i_T)^{-t}. \quad (38)$$

**Пример 56.** Величина исходной инвестиции по проекту составляет  $I_0 = 5\,000$  ден. ед. Срок действия проекта  $n = 4$  года, амортизация линейная. Возвратные потоки по годам ожидаются следующие:  $CF_1 = CF_2 = 2\,500$  ден. ед.,  $CF_3 = CF_4 = 1\,500$  ден. ед. Найти NPV после уплаты налога на прибыль, если неналогооблагаемая расчетная ставка процента  $i = 12\%$ , а ставка налога на прибыль  $T = 20\%$ .

Налогооблагаемая расчетная ставка процента будет равна

$$i_T = 12\%(1 - 0,2) = 9,6\%.$$

Валовые платежи, чистые платежи, дисконтированные чистые платежи и расчет NPV представлены в табл. 78.

## 6.12. Налоговые эффекты высокотехнологичных инновационных проектов

Инновационное развитие является наиболее перспективным способом хозяйствования в современных условиях, который базируется на непрерывном поиске и использовании новых методов и сфер реализации потенциала предприятия в условиях изменчивой внешней среды.

Так, компании *Accenture* и *General Electric* в своем совместном исследовании утверждают, что 87% руководителей предприятий верят, что аналитика больших данных позволит полностью пересмотреть конкурентную среду в их отраслях в течение следующих трех лет; 89% считают, что компании, которые не займутся внедрением аналитической стратегии на основе систем больших данных, рискуют потерять рыночную долю и рост бизнеса. Целью исследования было выяснить, как комбинация больших данных и Интернета вещей меняет конкурентную среду целых индустрий.

Аналитики первого в России телеканала об ИТ, *CNews*, утверждают, что технологии больших данных обеспечивают доступ к качественно новым знаниям и возможностям, которые не только дают компаниям конкурентное преимущество на рынке, но и развивают индустрию в целом, задействуют скрытый потенциал. Такие перспективы открыты более чем для двадцати отраслей: от финансовых организаций и госсектора до металлургии и нефтегазовой промышленности.

Таблица 78

## Расчет NPV с учетом выплаты налога на прибыль

$t$	Денежный поток	Чистые платежи			$(1 + i_T)^{-t}$	Дисконтированные чистые платежи
		$CF_t(1 - T)$	$T \cdot D_t$	$C_{\text{умма}}$		
0	-5 000			-5 000	1	-5 000
1	2 500	2 000	250	2 250	0,912409	2 052,92
2	2 500	2 000	250	2 250	0,83249	1 873,1
3	1 500	1 200	250	1 450	0,759571	1 101,38
4	1 500	1 200	250	1 450	0,693039	1 004,91
						NPV = 1 032,31



Отраслевой спектр применения больших данных очень широк. К примеру, в России проекты по внедрению аналитических решений были реализованы в таких крупных сетях, торгующих электроникой и бытовой техникой, как *М. Видео* и *Эльдорадо*. В результате внедрения *SAP HANA* подготовка годовой отчетности в компаниях сократилась с десяти до трех дней, скорость ежедневной загрузки данных вместо трех часов теперь занимает 30 минут. Кроме того, внедрение *BW on HANA* помогло *М. Видео* улучшить логистическое планирование. В качестве иллюстрации в России интересен опыт Уральского банка реконструкции и развития — он стал работать клиентской базой для создания кредитных предложений, вкладов и других услуг, которые могут с максимальной вероятностью заинтересовать конкретного клиента. За год применения соответствующих ИТ-решений розничный кредитный портфель УБРиР вырос на 55% ([www.cnews.ru](http://www.cnews.ru)).

Несмотря на наличие соответствующих государственных программ поддержки приоритетных отраслей и предприятий России, было бы не менее важным использовать соответствующие финансовые рычаги воздействия на увеличение объема инвестиций и, в частности, рычаги налоговые. Одним из наиболее важных налогов в экономической деятельности предприятий является налог на прибыль.

Как будет показано в настоящем параграфе, для высокотехнологичных инновационных проектов (проектов R&D), т. е. проектов с высокой долей амортизации, при увеличении ставки налога на прибыль организаций чистый приведенный доход (NPV) проекта R&D возрастает, но при достижении некоторой величины он начинает снижаться. Однако такое поведение NPV не обусловлено только влиянием амортизации. На него также влияет способ финансирования проекта, а именно, эффект присутствует при 100%-м заемном финансировании. Таким образом, имеет смысл исследовать совместное влияние на NPV амортизационного ( $D$ ), налогового ( $T$ ) и долгового (Debt) рычагов. В дальнейшем будем называть его “DTD-рычаг”.

Психологическая природа такого явления очевидна. Собственники предприятий не будут искать новые возможности бизнеса до тех пор, пока они имеют свою стабильную прибыль. Повышение ставки налога на прибыль организаций эту прибыль уменьшает и поэто-

му собственники будут искать новые инвестиционные возможности, позволяющие им развить новые направления бизнеса. Дальнейшее увеличение ставки налога значительно уменьшает денежную, а, следовательно, и инвестиционную привлекательность этих новых возможностей.

Из формулы (36) (параграф 6.11) следует, что возвратный поток от инвестиции (CF) определяется следующим образом:

$$\begin{array}{l} \text{возвратный} \quad \quad \quad \text{налого-} \quad \quad \quad \text{сумма} \\ \text{поток от} \quad = \quad \text{облагаемая} \pm \text{проценты} + \text{амортизационных} \\ \text{инвестиции} \quad \quad \quad \text{прибыль} \quad \quad \quad \text{отчислений.} \end{array}$$

Это по сути известный денежный показатель EBITDA, т. е. прибыль до выплаты (получения) процентов и налогов из прибыли плюс амортизационные отчисления. Поскольку

$$\text{EBITDA}_t = \text{EBIT}_t + D_t,$$

где  $\text{EBIT}_t$  — прибыль до выплаты (получения) процентов и налогов из прибыли (операционная прибыль) в момент  $t$ , формулу (37) (параграф 6.11) можно упростить:

$$\text{NPV} = -I_0 + \sum_{t=1}^n (\text{EBIT}_t(1 - T) + D_t)(1 + i_T)^{-t}.$$

Условия российского налогового законодательства подразумевают отнесение лишь части процентов на расходы организации, поэтому в последней формуле необходима корректировка величины  $i_T = i(1 - T)$ . Согласно п. 1 ст. 269 главы 25 НК РФ предельная величина процентов, признаваемых расходом, принимается равной ставке рефинансирования ЦБ РФ, увеличенной в 1,8 раза, при оформлении долгового обязательства в рублях.

Тогда формула для NPV изменится следующим образом:

$$\text{NPV} = -I_0 + \sum_{t=1}^n (\text{EBIT}_t(1 - T) + D_t)(1 + i_1(1 - T) + i_2)^{-t},$$

где  $i_1$  — предельная величина процентов, признаваемых расходом;  
 $i_2$  — величина процентов, не признаваемых расходом в целях налогообложения.

Предельную величину процентов, признаваемых расходом, можно найти как  $kr_f$ , где  $r_f$  — ставка рефинансирования ЦБ РФ, а коэффициент  $k = 1,8$  в 2014 г. Тогда

$$\begin{aligned} NPV &= -I_0 + \sum_{t=1}^n (\text{ЕВIT}_t(1-T) + D_t)(1 + kr_f(1-T) + i - kr_f)^{-t} = \\ &= -I_0 + \sum_{t=1}^n (\text{ЕВIT}_t(1-T) + D_t)(1 + i - kr_fT)^{-t}, \end{aligned}$$

где  $i$  — процентная ставка по займам, включающая в себя  $i_1$  и  $i_2$ .

Чтобы оценить влияние DTD-рычага на NPV высокотехнологичного проекта R&D, будем изменять соответствующие параметры рычага: амортизацию  $D$ , ставку налога на прибыль  $T$  и коэффициент  $k$ .

**Пример 57.** Инвестор оценивает проект R&D с денежным потоком по годам:  $I_0 = 2100$  ден. ед.,  $\text{ЕВIT}_1 = 50$  ден. ед.,  $\text{ЕВIT}_2 = 250$  ден. ед.,  $\text{ЕВIT}_3 = 450$  ден. ед. Капитальные вложения складываются из приобретения основных средств, которые амортизируются в течение трех лет линейным методом. Проект полностью финансируется банковским кредитом по ставке  $i = 15\%$  годовых. Ставка рефинансирования  $r_f = 8,25\%$ . Таким образом, исследуем проект R&D с

$$\begin{aligned} NPV &= -3D + \frac{\text{ЕВIT}_1(1-T) + D}{1 + i - kr_fT} + \frac{\text{ЕВIT}_2(1-T) + D}{(1 + i - kr_fT)^2} + \\ &+ \frac{\text{ЕВIT}_3(1-T) + D}{(1 + i - kr_fT)^3}. \end{aligned}$$

Результаты симуляции в *Matlab* представлены на рис. 47–54.

По графикам на рис. 47–54 можно сделать следующие *выводы*:

1. При увеличении амортизации ( $D$ ) график  $NPV(T)$  становится более выпуклым. При этом оптимальная ставка налога на прибыль ( $T$ ) растет.
2. При увеличении ставки по займу ( $i$ ) график  $NPV(T)$  становится менее выпуклым. При этом оптимальная ставка налога на прибыль ( $T$ ) уменьшается.

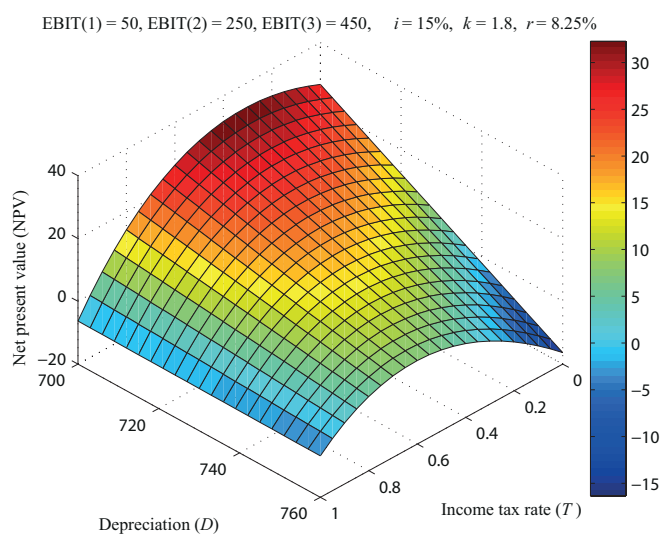
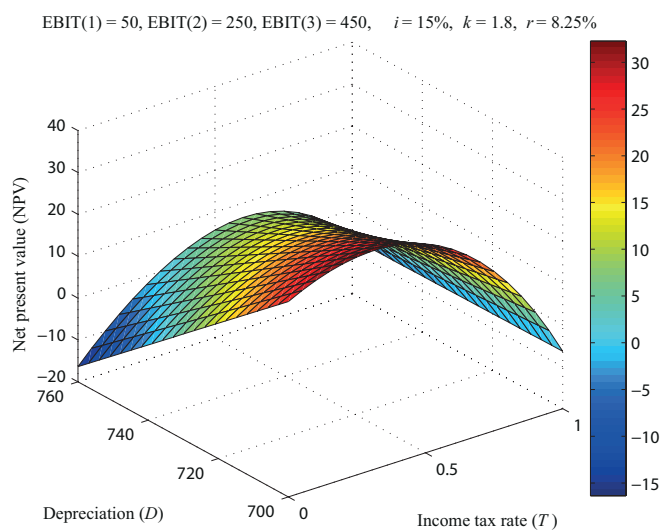


Рис. 47. Влияние изменения амортизации ( $D$ )

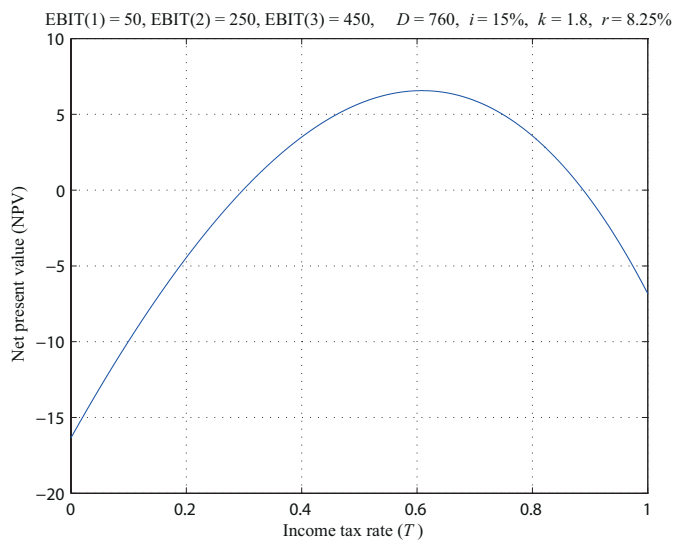
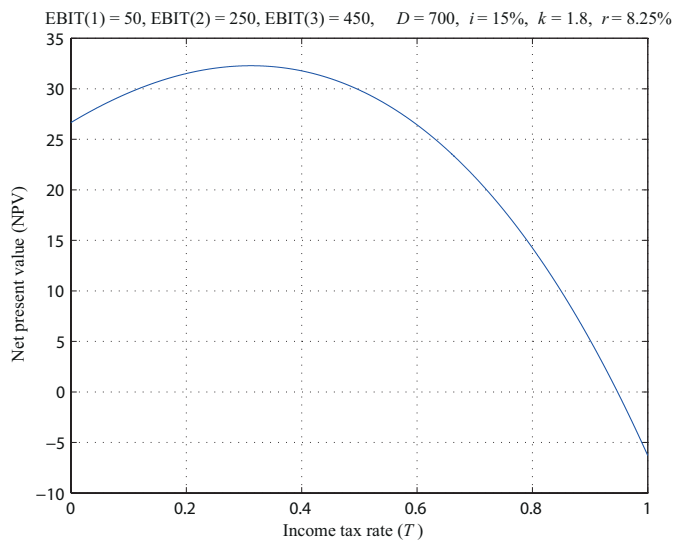


Рис. 48. Влияние изменения амортизации ( $D$ )

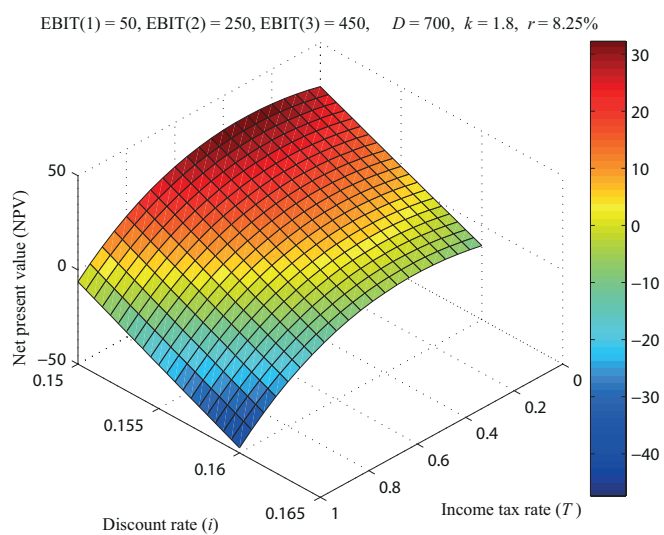
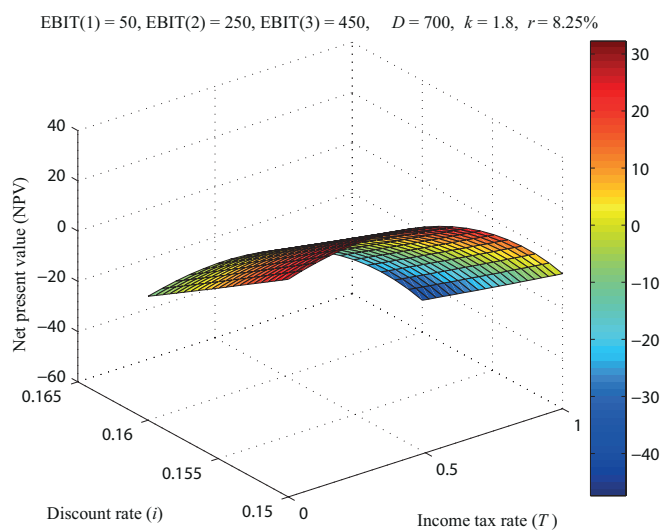


Рис. 49. Влияние изменения процентной ставки по займу ( $i$ )

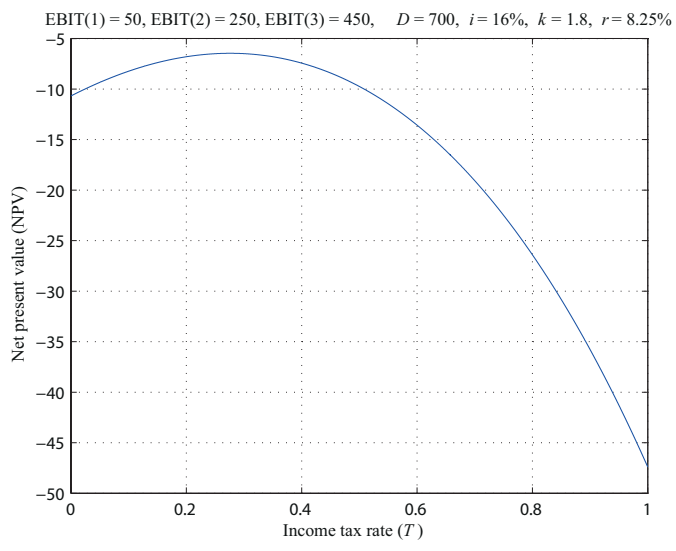
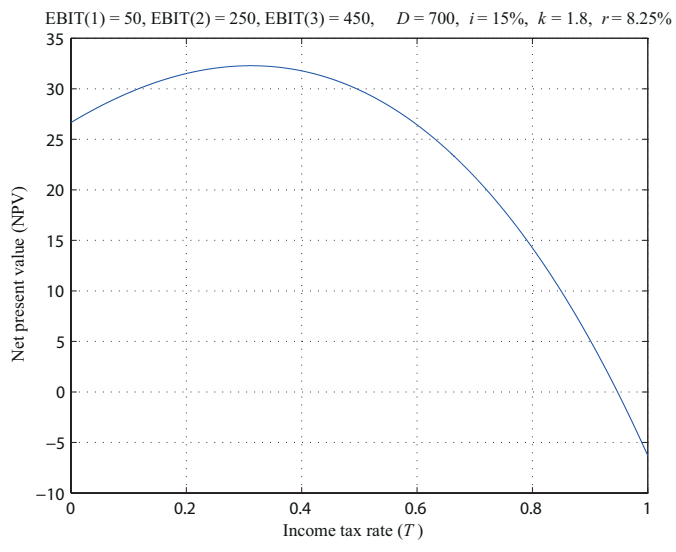


Рис. 50. Влияние изменения процентной ставки по займу ( $i$ )

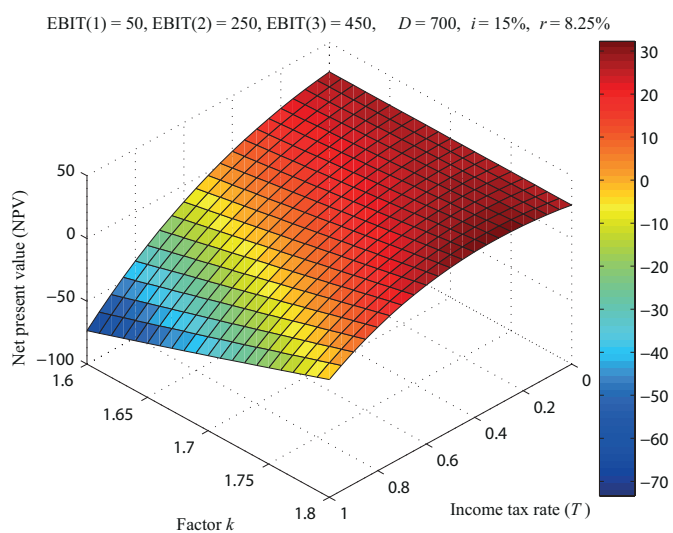
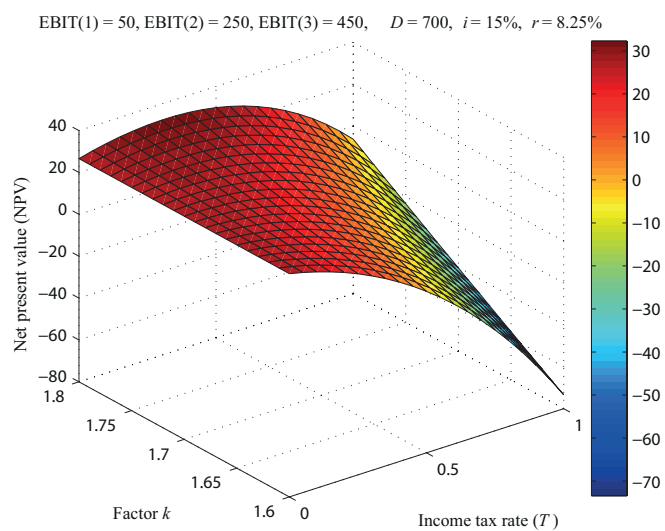


Рис. 51. Влияние изменения коэффициента  $k$



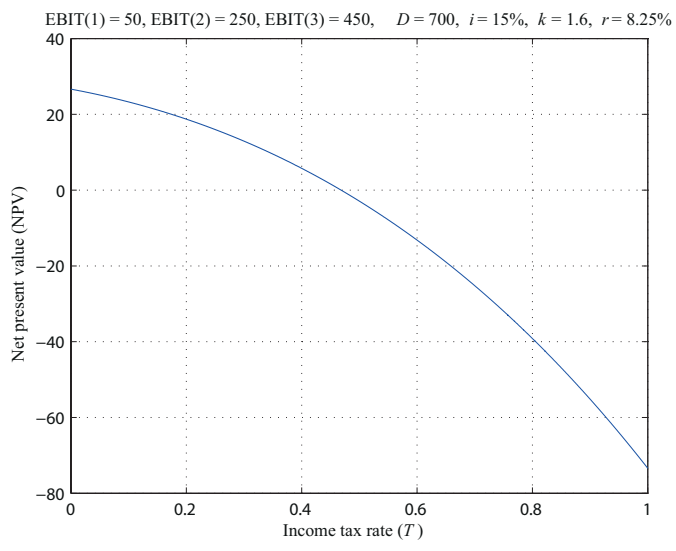
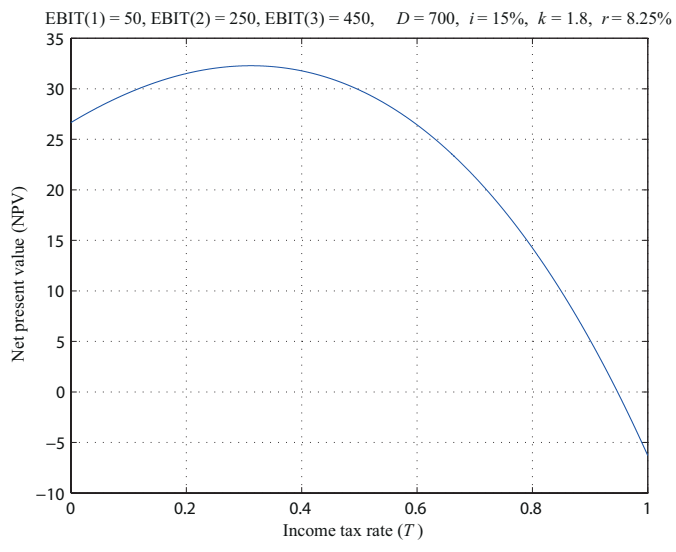


Рис. 52. Влияние изменения коэффициента  $k$

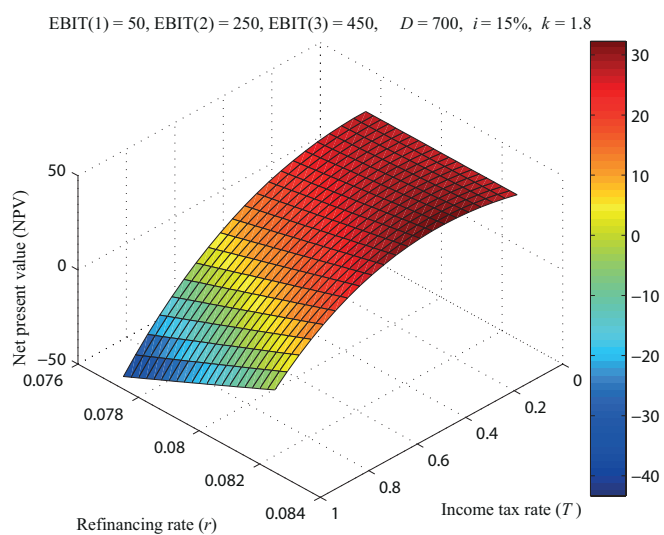
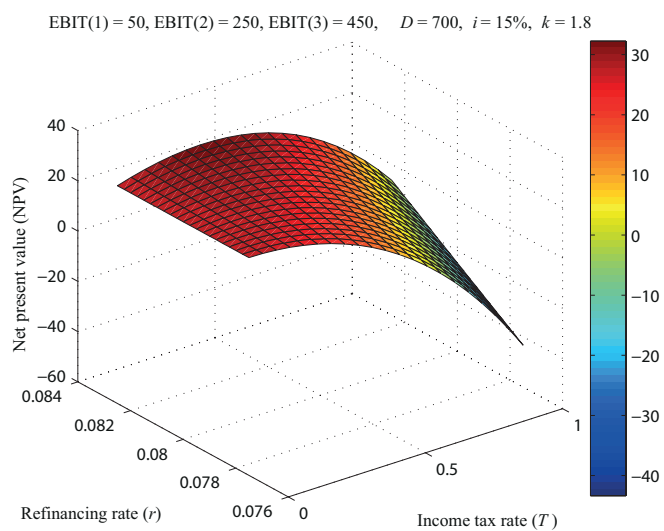


Рис. 53. Влияние изменения ставки рефинансирования ( $r_f$ )

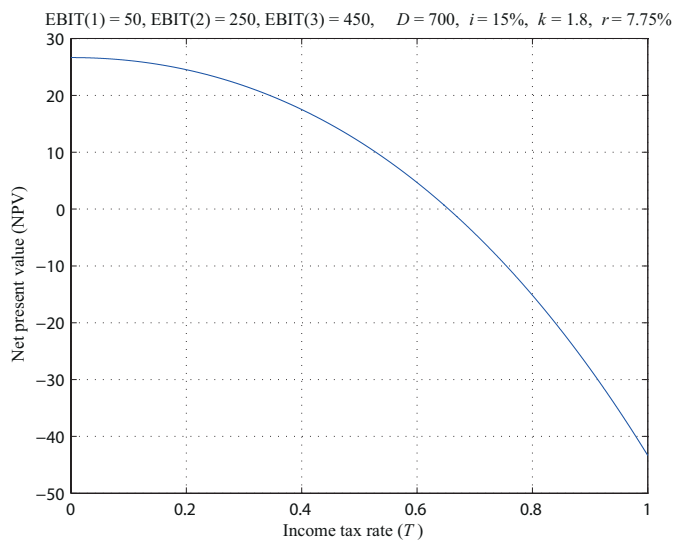
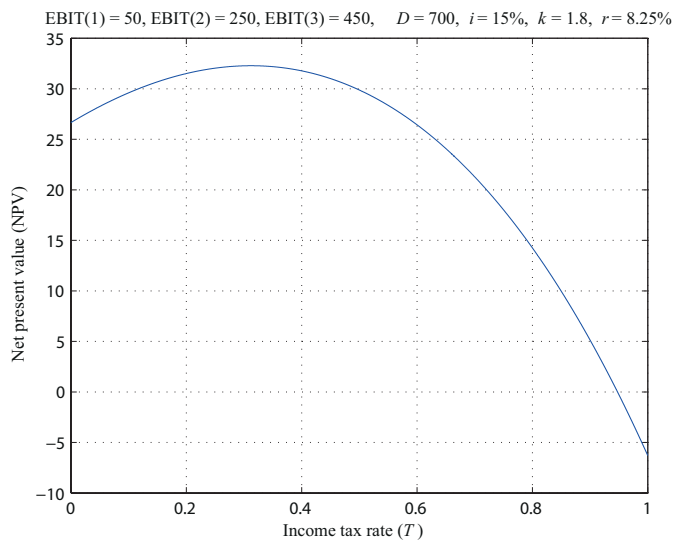


Рис. 54. Влияние изменения ставки рефинансирования ( $r_f$ )

3. При увеличении коэффициента включения процентов по займам в расходы организации ( $k$ ) график  $NPV(T)$  становится более выпуклым, и оптимальная ставка налога на прибыль ( $T$ ) растет.

4. При увеличении ставки рефинансирования ( $r_f$ ) график  $NPV(T)$  становится более выпуклым, и оптимальная ставка налога на прибыль ( $T$ ) растет.

5. Наиболее ощутимый параметр DTD-рычага — это амортизация. При незначительном увеличении амортизации график  $NPV(T)$  сильно выгибается вверх, а оптимальная ставка налога на прибыль ( $T$ ) резко возрастает.

6. Указанные зависимости выполняются только для проектов с высокой долей амортизации. Это высокотехнологичные проекты R&D. Например, это могут быть проекты модернизации оборудования, т. е. замены старого парка оборудования на новый. В этом случае все инвестиции ( $I_0$ ) направляются на покупку нового оборудования. При этом эффект наблюдается лишь при 100%-м заемном финансировании.

В заключении поясним основные принципы построения графиков на рис. 47–54 в пакете в *Matlab*.

Так, например, для получения графиков на рис. 47 набираем следующий текст программы:

```
>> [X,Y]=meshgrid(0:0.05:1,700:3:760);
>> Z=-3.*Y+(50.*(1-X)+Y)./(1+0.15-1.8.*0.0825.*X)
+(250.*(1-X)+Y)./((1+0.15-1.8.*0.0825.*X).^2)
+(450.*(1-X)+Y)./((1+0.15-1.8.*0.0825.*X).^3);
>> surf(X,Y,Z)
>> colorbar
>> title('EBIT(1) = 50, EBIT(2) = 250, EBIT(3) = 450,
{\it i} = 15%, {\it k} = 1.8, {\it r} = 8.25%')
>> xlabel('Income tax rate ({\it T} )')
>> ylabel('Depreciation ({\it D} )')
>> zlabel('Net present value (NPV)')
>> view(135,45)
```

Последняя строка программы необходима для последующего поворота верхнего графика, чтобы получить нижний график на рис. 47.

Для построения верхнего графика на рис. 48 набираем:

```
>> x=0:0.00005:1;
>> y=-3.*700+(50.*(1-x)+700)./(1+0.15-1.8.*0.0825.*x)
+(250.*(1-x)+700)./((1+0.15-1.8.*0.0825.*x).^2)
+(450.*(1-x)+700)./((1+0.15-1.8.*0.0825.*x).^3);
>> plot(x,y)
>> grid on
>> title('ЕБИТ(1) = 50, ЕБИТ(2) = 250, ЕБИТ(3) = 450,
{\itD} = 700, {\iti} = 15%, {\itk} = 1.8,
{\itr} = 8.25%')
>> xlabel('Income tax rate ({\itT} )')
>> ylabel('Net present value (NPV)')
```

Для построения нижнего графика на рис. 48 набираем:

```
>> x=0:0.00005:1;
>> y=-3.*760+(50.*(1-x)+760)./(1+0.15-1.8.*0.0825.*x)
+(250.*(1-x)+760)./((1+0.15-1.8.*0.0825.*x).^2)
+(450.*(1-x)+760)./((1+0.15-1.8.*0.0825.*x).^3);
>> plot(x,y)
>> grid on
>> title('ЕБИТ(1) = 50, ЕБИТ(2) = 250, ЕБИТ(3) = 450,
{\itD} = 760, {\iti} = 15%, {\itk} = 1.8,
{\itr} = 8.25%')
>> xlabel('Income tax rate ({\itT} )')
>> ylabel('Net present value (NPV)')
```

## 6.13. Задачи

### Задача 1

Инвестор имеет плановый период  $n = 4$  года. Он хочет максимизировать свое остаточное имущество и желает получать доход на уровне  $Y = 60$  млн руб. Рынок капитала является несовершенным и ограниченным, лимит по заимствованию составляет  $G = 400$  млн руб. Рассчитать остаточные стоимости всех альтернатив (табл. 79), которые можно профинансировать, и составить для них полные финансовые планы.

Таблица 79

## Исходная информация для инвестора

Момент времени $t$	0	1	2	3	4
Базовые платежи	500	-200	20	150	300
Структура изъятий	1	1,1	1,2	1,4	1,6
% по инвестированию		0,06	0,06	0,05	0,05
% по заимствованию		0,1	0,1	0,1	0,09
Проект $A$	-800	600	200	150	-80
Проект $B$	-700	300	400	30	100
Проект $C$	-400	-200	700	0	0
Альтернатива отказа	0	0	0	0	0

Р е ш е н и е. Вычислим остаточные стоимости всех альтернатив, включая альтернативу отказа от инвестиций.

Проект  $A$ :

$$\begin{aligned}
 t = 0 : \quad C_0 &= M_0 - f_0 Y + z_0 = \\
 &= 500 - 60 - 800 = -360 \\
 &\quad (\text{необходимо дополняющее заимствование});
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t = 1 : \quad C_1 &= M_1 - f_1 Y + z_1 + (1 + s_1)C_0 = \\
 &= -200 - 1,1 \cdot 60 + 600 - 1,1 \cdot 360 = -62 \\
 &\quad (\text{необходимо дополняющее заимствование});
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t = 2 : \quad C_2 &= M_2 - f_2 Y + z_2 + (1 + s_2)C_1 = \\
 &= 20 - 1,2 \cdot 60 + 200 - 1,1 \cdot 62 = 79,8 \\
 &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция});
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t = 3 : \quad C_3 &= M_3 - f_3 Y + z_3 + (1 + h_3)C_2 = \\
 &= 150 - 1,4 \cdot 60 + 150 + 1,05 \cdot 79,8 = 299,79 \\
 &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция});
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t = 4 : \quad C_4 &= M_4 - f_4 Y + z_4 + (1 + h_4)C_3 = \\
 &= 300 - 1,6 \cdot 60 - 80 + 1,05 \cdot 299,79 = 438,78 \\
 &\quad (\text{остаточное имущество}).
 \end{aligned}$$

Проект *B*:

$$\begin{aligned}t = 0 : \quad C_0 &= M_0 - f_0Y + z_0 = \\ &= 500 - 60 - 700 = -260 \\ &\quad (\text{необходимо дополняющее заимствование}); \\ t = 1 : \quad C_1 &= M_1 - f_1Y + z_1 + (1 + s_1)C_0 = \\ &= -200 - 1,1 \cdot 60 + 300 - 1,1 \cdot 260 = -252 \\ &\quad (\text{необходимо дополняющее заимствование}); \\ t = 2 : \quad C_2 &= M_2 - f_2Y + z_2 + (1 + s_2)C_1 = \\ &= 20 - 1,2 \cdot 60 + 400 - 1,1 \cdot 252 = 70,8 \\ &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\ t = 3 : \quad C_3 &= M_3 - f_3Y + z_3 + (1 + h_3)C_2 = \\ &= 150 - 1,4 \cdot 60 + 30 + 1,05 \cdot 70,8 = 170,34 \\ &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\ t = 4 : \quad C_4 &= M_4 - f_4Y + z_4 + (1 + h_4)C_3 = \\ &= 300 - 1,6 \cdot 60 + 100 + 1,05 \cdot 170,34 = 482,86 \\ &\quad (\text{остаточное имущество}).\end{aligned}$$

Проект *C*:

$$\begin{aligned}t = 0 : \quad C_0 &= M_0 - f_0Y + z_0 = \\ &= 500 - 60 - 400 = 40 \\ &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\ t = 1 : \quad C_1 &= M_1 - f_1Y + z_1 + (1 + h_1)C_0 = \\ &= -200 - 1,1 \cdot 60 - 200 + 1,06 \cdot 40 = -423,6 \\ &\quad (\text{проект нефинансируемый, поскольку} \\ &\quad \text{превышен лимит заимствования}).\end{aligned}$$

Альтернатива отказа:

$$\begin{aligned}t = 0 : \quad C_0 &= M_0 - f_0Y = \\ &= 500 - 60 = 440 \\ &\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция});\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t = 1 : \quad C_1 &= M_1 - f_1 Y + (1 + h_1) C_0 = \\
&= -200 - 1,1 \cdot 60 + 1,06 \cdot 440 = 200,4 \\
&\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\
t = 2 : \quad C_2 &= M_2 - f_2 Y + (1 + h_2) C_1 = \\
&= 20 - 1,2 \cdot 60 + 1,06 \cdot 200,4 = 160,42 \\
&\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\
t = 3 : \quad C_3 &= M_3 - f_3 Y + (1 + h_3) C_2 = \\
&= 150 - 1,4 \cdot 60 + 1,05 \cdot 160,42 = 234,44 \\
&\quad (\text{необходима дополняющая инвестиция}); \\
t = 4 : \quad C_4 &= M_4 - f_4 Y + (1 + h_4) C_3 = \\
&= 300 - 1,6 \cdot 60 + 1,05 \cdot 234,44 = 450,16 \\
&\quad (\text{остаточное имущество}).
\end{aligned}$$

Инвестор предпочтет проект  $B$ , поскольку по нему планируется наибольшее остаточное имущество по истечении 4-х лет.

Полные финансовые планы для трех реализуемых альтернатив приведены в табл. 80.

Поясним принцип построения полного финансового плана в табл. 80 на примере проекта  $A$ . Структура изъятий денег из бизнеса изначально задана инвестором и отражена в строке "Изъятия". Заметим, что проект  $A$  не рассматривается нами изолированно. Напротив, он исследуется в контексте остальной деятельности фирмы, результаты которой спланированы в виде базовых платежей. Таким образом, результат деятельности фирмы в 0-м году с учетом начала реализации проекта  $A$  составит  $500 - 800 = -300$  млн руб. Однако при этом инвестор планирует в этом же году изъять из бизнеса 60 млн руб. Тогда он должен взять кредит на сумму  $300 + 60 = 360$  млн руб. под 10% годовых. В результате в следующем 1-м году он должен вернуть банку сумму с процентами за год, т. е. 396 млн руб.

В 1-м году результат деятельности фирмы составит  $600 - 200 - 396 = 4$  млн руб. Планируется изъять из бизнеса 66 млн руб. Следовательно, опять будет недостаток средств, теперь на сумму 62 млн руб. Именно столько денег следует снова занять в банке. В следующем 2-м году следует вернуть с процентами 68,2 млн руб.



Таблица 80

## Полные финансовые планы (стремление к имуществу) (млн руб.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	4
Базовые платежи	500	-200	20	150	300
Проект А	-800	600	200	150	-80
Дополняющее заимствование (10%)	360	-396			
Дополняющее заимствование (10%)		62	-68,2		
Дополняющая инвестиция (5%)			-79,8	83,79	
Дополняющая инвестиция (5%)				-299,79	314,78
Изъятия	60	66	72	84	96
Остаточное имущество					438,78
Базовые платежи	500	-200	20	150	300
Проект В	-700	300	400	30	100
Дополняющее заимствование (10%)	260	-286			
Дополняющее заимствование (10%)		252	-277,2		
Дополняющая инвестиция (5%)			-70,8	74,34	
Дополняющая инвестиция (5%)				-170,34	178,86
Изъятия	60	66	72	84	96
Остаточное имущество					<b>482,86</b>

Окончание табл. 80

Момент времени <i>t</i>	0	1	2	3	4
Базовые платежи	500	-200	20	150	300
Альтернатива отказа	0	0	0	0	0
Дополняющая инвестиция (6%)	-440	466,4			
Дополняющая инвестиция (6%)		-200,4	212,42		
Дополняющая инвестиция (5%)			-160,42	168,44	
Дополняющая инвестиция (5%)				-234,44	246,16
Изъятия	60	66	72	84	96
Остаточное имущество					450,16

Во 2-м году результат деятельности фирмы будет равен  $20 + 200 - 68,2 = 151,8$  млн руб. Изымая при этом из бизнеса 72 млн руб., получим свободный остаток 79,8 млн руб. Его можно дополнительно инвестировать под 5% годовых. Тогда в следующем 3-м году эти деньги превратятся в 83,79 млн руб.

Продолжая подобные расчеты до 4-го года включительно, получим, что в конце срока остаточное имущество составит  $300 - 80 + 314,78 - 96 = 438,78$  млн руб.

## Задача 2

Используем данные задачи 1. Только теперь инвестор хочет максимизировать уровень изъятий и при этом достичь остаточного имущества в размере  $C_4 = 400$  млн руб. Рассчитать максимальный уровень изъятий для проекта  $B$ .

**Решение.** Задачу решаем методом линейной интерполяции с использованием формулы

$$Y = Y_1 + \frac{C_{n,1} - C_n}{C_{n,1} - C_{n,2}} (Y_2 - Y_1). \quad (39)$$

Согласно рис. 55 необходимо взять такие два значения дохода  $Y$ , при одном из которых  $C_4$  будет больше 400 млн руб., а при другом — меньше. Величина  $Y_1$  нам известна из предыдущего примера. Это 60 млн руб. Остаточное имущество при таком доходе — 482,86 млн руб. В качестве  $Y_2$  возьмем, например, 75 млн руб. Найдем тогда соответствующее ему значение остаточного имущества  $C_4$ :

$$\begin{aligned} C_0 &= 500 - 75 - 700 = -275; \\ C_1 &= -200 - 1,1 \cdot 75 + 300 - 1,1 \cdot 275 = -285; \\ C_2 &= 20 - 1,2 \cdot 75 + 400 - 1,1 \cdot 285 = 16,5; \\ C_3 &= 150 - 1,4 \cdot 75 + 30 + 1,05 \cdot 16,5 = 92,33; \\ C_4 &= 300 - 1,6 \cdot 75 + 100 + 1,05 \cdot 92,33 = 376,95. \end{aligned}$$

По формуле (38) получаем:

$$Y = 60 + \frac{482,86 - 400}{482,86 - 376,95} (75 - 60) = 71,74.$$

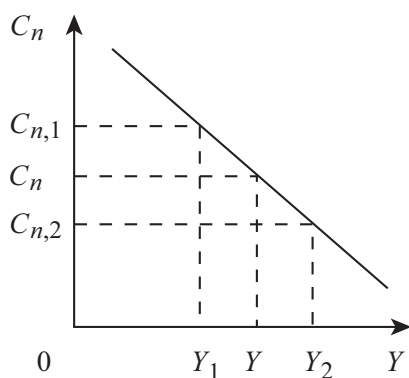


Рис. 55. Иллюстрация метода линейной интерполяции

Сделаем проверку:

$$C_0 = 500 - 71,74 - 700 = -271,74;$$

$$C_1 = -200 - 1,1 \cdot 71,74 + 300 - 1,1 \cdot 271,74 = -277,83;$$

$$C_2 = 20 - 1,2 \cdot 71,74 + 400 - 1,1 \cdot 277,83 = 28,3;$$

$$C_3 = 150 - 1,4 \cdot 71,74 + 30 + 1,05 \cdot 28,3 = 109,28;$$

$$C_4 = 300 - 1,6 \cdot 71,74 + 100 + 1,05 \cdot 109,28 = 399,96.$$

Погрешность незначительна. Тогда, используя данные табл. 79 о структуре изъятий, рассчитаем уровни изъятий по годам:

$$Y = 71,74; \quad f_1 Y = 78,91; \quad f_2 Y = 86,09;$$

$$f_3 Y = 100,44; \quad f_4 Y = 114,78.$$

### Задача 3

Условия те же, что и в задаче 1. Предполагается максимизация остаточной стоимости. Далее, пусть некий конкурент заинтересован в том, чтобы инвестор отказался от осуществления проекта  $B$ . Он готов в случае отказа заплатить инвестору в момент времени  $t = 0$  соответствующее возмещение.

1. Какова минимальная цена, которую потребует инвестор?
2. Как выглядел бы ответ, если бы конкурент был готов вместо однократного возмещения заплатить возмещение двумя одинаковыми суммами в моменты времени  $t = 0$  и  $t = 1$ ?
3. Какова минимальная цена при единовременном возмещении, если бы инвестор хотел максимизировать свои изъятия при  $C_4 = 400$  млн руб.?

Р е ш е н и е

1. Денежный поток инвестиции будет  $(0; 0; 0; 0; 0)$ . Временная структура изъятий  $\mathbf{f}^* = (1; 0; 0; 0; 0)$ . Определим новые базовые платежи:

$$\begin{aligned} M_0^* &= M_0 - f_0 Y = 500 - 60 = 440; \\ M_1^* &= M_1 - f_1 Y = -200 - 66 = -266; \\ M_2^* &= M_2 - f_2 Y = 20 - 72 = -52; \\ M_3^* &= M_3 - f_3 Y = 150 - 84 = 66; \\ M_4^* &= M_4 - f_4 Y = 300 - 96 = 204. \end{aligned}$$

Плановое остаточное имущество  $C_4 = 482,86$  млн руб. Тогда методом линейной интерполяции найдем  $Y^*$ . Поскольку это не те деньги, которые инвестор изымает из бизнеса, а наоборот, те деньги, которые приходят в бизнес извне, т. е. от конкурента, величина  $Y^*$  должна быть отрицательной.

Возьмем  $Y^* = -30$  млн руб.:

$$\begin{aligned} C_0 &= M_0^* - f_0^* Y^* = 440 + 30 = 470; \\ C_1 &= M_1^* - f_1^* Y^* + (1 + h_1) C_0 = -266 + 1,06 \cdot 470 = 232,2; \\ C_2 &= M_2^* - f_2^* Y^* + (1 + h_2) C_1 = -52 + 1,06 \cdot 232,2 = 194,13; \\ C_3 &= M_3^* - f_3^* Y^* + (1 + h_3) C_2 = 66 + 1,05 \cdot 194,13 = 269,84; \\ C_4 &= M_4^* - f_4^* Y^* + (1 + h_4) C_3 = 204 + 1,05 \cdot 269,84 = 487,33. \end{aligned}$$

Возьмем  $Y^* = -20$  млн руб.:

$$\begin{aligned} C_0 &= 440 + 20 = 460; \\ C_1 &= -266 + 1,06 \cdot 460 = 221,6; \\ C_2 &= -52 + 1,06 \cdot 221,6 = 182,9; \end{aligned}$$

$$C_3 = 66 + 1,05 \cdot 182,9 = 258,05;$$

$$C_4 = 204 + 1,05 \cdot 258,05 = 474,95.$$

По формуле (38) получаем:

$$Y^* = -30 + \frac{487,33 - 482,86}{487,33 - 474,95} (-20 + 30) = -26,39.$$

Сделаем проверку:

$$C_0 = 440 + 26,39 = 466,39;$$

$$C_1 = -266 + 1,06 \cdot 466,39 = 228,37;$$

$$C_2 = -52 + 1,06 \cdot 228,37 = 190,07;$$

$$C_3 = 66 + 1,05 \cdot 190,07 = 265,57;$$

$$C_4 = 204 + 1,05 \cdot 265,57 = 482,85.$$

2. Теперь временная структура изъятий  $\mathbf{f}^* = (1; 1; 0; 0; 0)$ .  
Возьмем  $Y^* = -20$  млн руб.:

$$C_0 = 440 + 20 = 460;$$

$$C_1 = -266 + 20 + 1,06 \cdot 460 = 241,6;$$

$$C_2 = -52 + 1,06 \cdot 241,6 = 204,1;$$

$$C_3 = 66 + 1,05 \cdot 204,1 = 280,31;$$

$$C_4 = 204 + 1,05 \cdot 280,31 = 498,33.$$

Возьмем  $Y^* = -10$  млн руб.:

$$C_0 = 440 + 10 = 450;$$

$$C_1 = -266 + 10 + 1,06 \cdot 450 = 221;$$

$$C_2 = -52 + 1,06 \cdot 221 = 182,26;$$

$$C_3 = 66 + 1,05 \cdot 182,26 = 257,37;$$

$$C_4 = 204 + 1,05 \cdot 257,37 = 474,24.$$

По формуле (38) получаем:

$$Y^* = -20 + \frac{498,33 - 482,86}{498,33 - 474,24} (-10 + 20) = -13,58.$$

Проверка:

$$C_0 = 440 + 13,58 = 453,58;$$

$$C_1 = -266 + 13,58 + 1,06 \cdot 453,58 = 228,37.$$

$C_1$  совпадает с результатом в пункте 1, поэтому дальше проверять не обязательно.

3. Временная структура изъятий  $\mathbf{f}^* = (1; 0; 0; 0; 0)$ . Остаточная стоимость  $C_4 = 400$  млн руб. Уровни изъятий для такой остаточной стоимости получены в задаче 2. Определим тогда новые базовые платежи:

$$M_0^* = M_0 - f_0 Y = 500 - 71,74 = 428,26;$$

$$M_1^* = M_1 - f_1 Y = -200 - 78,91 = -278,91;$$

$$M_2^* = M_2 - f_2 Y = 20 - 86,09 = -66,09;$$

$$M_3^* = M_3 - f_3 Y = 150 - 100,44 = 49,56;$$

$$M_4^* = M_4 - f_4 Y = 300 - 114,78 = 185,22.$$

Далее возьмем  $Y^* = -30$  млн руб.:

$$C_0 = 428,26 + 30 = 458,26;$$

$$C_1 = -278,91 + 1,06 \cdot 458,26 = 206,85;$$

$$C_2 = -66,09 + 1,06 \cdot 206,85 = 153,17;$$

$$C_3 = 49,56 + 1,05 \cdot 153,17 = 210,39;$$

$$C_4 = 185,22 + 1,05 \cdot 210,39 = 406,13.$$

Возьмем  $Y^* = -20$  млн руб.:

$$C_0 = 428,26 + 20 = 448,26;$$

$$C_1 = -278,91 + 1,06 \cdot 448,26 = 196,25;$$

$$C_2 = -66,09 + 1,06 \cdot 196,25 = 141,94;$$

$$C_3 = 49,56 + 1,05 \cdot 141,94 = 198,6;$$

$$C_4 = 185,22 + 1,05 \cdot 198,6 = 393,75.$$

По формуле (38) получаем:

$$Y^* = -30 + \frac{406,13 - 400}{406,13 - 393,75} (-20 + 30) = -25,05.$$

Проверка:

$$C_0 = 428,26 + 25,05 = 453,31;$$

$$C_1 = -278,91 + 1,06 \cdot 453,31 = 201,6;$$

$$C_2 = -66,09 + 1,06 \cdot 201,6 = 147,61;$$

$$C_3 = 49,56 + 1,05 \cdot 147,61 = 204,55;$$

$$C_4 = 185,22 + 1,05 \cdot 204,55 = 400.$$

#### Задача 4

Инвестор имеет плановый период, равный 3-м годам. Он исходит из базовых платежей величиной (40; -10; 250; 130). В каждом году проценты по займам составляют 15%, а по инвестированию — 5%.

1. Целью является максимизация остаточного имущества при постоянном уровне дохода  $Y = 25$  млн руб. Какое остаточное имущество должен обещать проект, чтобы его осуществление было выгодным?

2. Целью является максимизация дохода при желаемом остаточном имуществе  $C_3 = 250$  млн руб. Чему тогда должен быть равен уровень дохода, чтобы не нужно было отказываться от проекта?

Р е ш е н и е

1. При альтернативе отказа получаем:

$$C_0 = 40 - 25 = 15;$$

$$C_1 = -10 - 25 + 1,05 \cdot 15 = -19,25;$$

$$C_2 = 250 - 25 - 1,15 \cdot 19,25 = 202,86;$$

$$C_3 = 130 - 25 + 1,05 \cdot 202,86 = 318.$$

Следовательно, необходимо отказаться от любого проекта, который не позволит получить остаточное имущество большее, чем это значение.

2.  $C_3 = 250$  млн руб. Возьмем  $Y = 30$  млн руб.:

$$C_0 = 40 - 30 = 10;$$

$$C_1 = -10 - 30 + 1,05 \cdot 10 = -29,5;$$



$$C_2 = 250 - 30 - 1,15 \cdot 29,5 = 186,08;$$

$$C_3 = 130 - 30 + 1,05 \cdot 186,08 = 295,38.$$

Возьмем  $Y = 50$  млн руб.:

$$C_0 = 40 - 50 = -10;$$

$$C_1 = -10 - 50 - 1,15 \cdot 10 = -71,5;$$

$$C_2 = 250 - 50 - 1,15 \cdot 71,5 = 117,78;$$

$$C_3 = 130 - 50 + 1,05 \cdot 117,78 = 203,67.$$

По формуле (38) получаем:

$$Y = 30 + \frac{295,38 - 250}{295,38 - 203,67} (50 - 30) = 39,9.$$

Проверка:

$$C_0 = 40 - 39,9 = 0,1;$$

$$C_1 = -10 - 39,9 + 1,05 \cdot 0,1 = -49,8;$$

$$C_2 = 250 - 39,9 - 1,15 \cdot 49,8 = 152,83;$$

$$C_3 = 130 - 39,9 + 1,05 \cdot 152,83 = 250,57.$$

Погрешность большая, поэтому проводим вторую итерацию. Согласно рис. 18 за  $Y_1$  берем 39,9 млн руб., а за  $Y_2$  — 50 млн руб. Тогда

$$Y = 39,9 + \frac{250,57 - 250}{250,57 - 203,67} (50 - 39,9) = 40,02.$$

Проверка:

$$C_0 = 40 - 40,02 = -0,02;$$

$$C_1 = -10 - 40,02 - 1,15 \cdot 0,02 = -50,04;$$

$$C_2 = 250 - 40,02 - 1,15 \cdot 50,04 = 152,43;$$

$$C_3 = 130 - 40,02 + 1,05 \cdot 152,43 = 250,03.$$

Следовательно, необходимо отказаться от любого проекта, который по меньшей мере не обеспечит годового дохода в размере  $Y = 40,02$  млн руб.

## Задача 5

Инвестор планирует в условиях совершенного рынка капитала при  $i = 8\%$ . Его плановый период охватывает  $n = 6$  лет. Инвестор желает, чтобы его изъятия каждый год увеличивались на  $6\%$  по сравнению с предыдущим годом. Он может выбирать между проектами  $A$  и  $B$  (табл. 81).

1. Рассчитать NPV обоих проектов. Какой из них следует выбрать?

2. Рассчитать уровень изъятий, которых достигнет инвестор при альтернативе отказа, если остаточное имущество планируется в размере  $C_6 = 900$  млн руб.

3. Какое остаточное имущество удастся получить при реализации проекта  $A$ , если уровень дохода  $Y = 40$  млн руб.?

Р е ш е н и е

1. NPV на совершенном рынке капитала вычисляется как

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n z_t(1+i)^{-t}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \text{NPV}_A &= -800 + \frac{400}{1,08} - \frac{300}{1,08^2} + \frac{200}{1,08^3} + \frac{600}{1,08^4} + \frac{150}{1,08^5} + \frac{500}{1,08^6} = \\ &= 330,13; \end{aligned}$$

$$\text{NPV}_B = -400 - \frac{600}{1,08} + \frac{600}{1,08^2} + \frac{800}{1,08^3} + \frac{200}{1,08^4} = 340,92.$$

$\text{NPV}_B > \text{NPV}_A$ , поэтому  $B \succ A$ .

2. Если мы анализируем поведение инвестора, который хочет максимизировать свой уровень доходов и при этом имеет дело с совершенным и неограниченным рынком капитала, то для расчета уровня дохода  $Y$  применяется формула

$$Y = \frac{\sum_{t=0}^n M_t(1+i)^{n-t} - C_n}{\sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{n-t}} + \frac{\text{NPV}}{\sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{-t}}.$$

Таблица 81

Исходные данные для анализа (млн руб.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	4	5	6
Базовые платежи	700	10	180	-110	-60	0	400
Проект $A$	-800	400	-300	200	600	150	500
Проект $B$	-400	-600	600	800	200		

При отказе от инвестиций эта формула запишется проще:

$$Y = \frac{\sum_{t=0}^n M_t(1+i)^{n-t} - C_n}{\sum_{t=0}^n f_t(1+i)^{n-t}}.$$

Числитель дроби будет равен

$$700 \cdot 1,08^6 + 10 \cdot 1,08^5 + 180 \cdot 1,08^4 - 110 \cdot 1,08^3 - 60 \cdot 1,08^2 + 400 - 900 = 661,84,$$

а знаменатель —

$$1,08^6 + 1,06 \cdot 1,08^5 + 1,06^2 \cdot 1,08^4 + 1,06^3 \cdot 1,08^3 + 1,06^4 \cdot 1,08^2 + 1,06^5 \cdot 1,08 + 1,06^6 = 10,5097,$$

тогда уровень дохода в рамках альтернативы отказа составит

$$Y = \frac{661,84}{10,5097} = 62,9742.$$

В итоге уровень изъятий по годам составит величины:

$$Y = 62,97; \quad f_1 Y = 66,75; \quad f_2 Y = 70,76; \quad f_3 Y = 75; \\ f_4 Y = 79,5; \quad f_5 Y = 84,27; \quad f_6 Y = 89,33.$$

3. Остаточное имущество на совершенном рынке капитала считаем по формуле

$$C_n = (1+i)^n \left( \sum_{t=0}^n (M_t - f_t Y)(1+i)^{-t} + NPV \right).$$

Тогда по проекту А при уровне дохода  $Y = 40$  млн руб. получаем:

$$\sum_{t=0}^6 (M_t - f_t Y)(1+i)^{-t} = 700 - 40 + \frac{10 - 1,06 \cdot 40}{1,08} + \\ + \frac{180 - 1,06^2 \cdot 40}{1,08^2} + \frac{-110 - 1,06^3 \cdot 40}{1,08^3} + \frac{-60 - 1,06^4 \cdot 40}{1,08^4} +$$

$$+ \frac{-1,06^5 \cdot 40}{1,08^5} + \frac{400 - 1,06^6 \cdot 40}{1,08^6} = 719,31;$$

$$C_6 = 1,58687(719,31 + 330,13) = 1\,665,35.$$

## Задача 6

Рассматриваются альтернативные инновационные проекты  $A$  и  $B$  (табл. 82).

Таблица 82

### Исходные данные по проектам (млн руб.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	4
Проект $A$	-100	20	30	40	50
Проект $B$	-120	30	40	40	50

1. Какой из двух проектов следует предпочесть, если спотовые процентные ставки:  $i_{0,1} = 5\%$ ,  $i_{0,2} = 7\%$ ,  $i_{0,3} = 8\%$ ,  $i_{0,4} = 9\%$ ?
2. Чему равна при этих условиях форвардная ставка  $i_{1,2}$ ?

**Решение**

1. Поскольку ставка дисконта меняется по годам, формула расчета NPV изменится следующим образом:

$$NPV = \sum_{t=0}^n z_t(1+i_t)^{-t} = z_0 + \sum_{t=1}^n z_t(1+i_{0,t})^{-t}.$$

Тогда для проектов  $A$  и  $B$  получаем:

$$NPV_A = -100 + \frac{20}{1,05} + \frac{30}{1,07^2} + \frac{40}{1,08^3} + \frac{50}{1,09^4} = 12,425;$$

$$NPV_B = -120 + \frac{30}{1,05} + \frac{40}{1,07^2} + \frac{40}{1,08^3} + \frac{50}{1,09^4} = 10,684.$$

$NPV_A > NPV_B$ , поэтому  $A \succ B$ .

2. На рынке, свободном от арбитража, должно выполняться:

$$(1+i_{0,1})(1+i_{1,2}) = (1+i_{0,2})^2.$$

Отсюда следует, что форвардная ставка

$$i_{1,2} = \frac{(1 + i_{0,2})^2}{1 + i_{0,1}} - 1 = \frac{1,07^2}{1,05} - 1 = 0,09038, \text{ т. е. } 9,038\%.$$

### Задача 7

Рассматриваются альтернативные инновационные проекты  $A$  и  $B$  (табл. 83). Рынок капитала является совершенным. Расчетная ставка процента без налогообложения  $i = 20\%$  годовых. Капитальные вложения складываются из приобретения основных средств и нематериальных активов, которые амортизируются в течение 4-х лет линейным методом. Ставка налога на прибыль  $T = 20\%$ . Какой проект следует предпочесть?

Таблица 83

#### Исходные данные по проектам (млн руб.)

	$-I_0$	$CF_1$	$CF_2$	$CF_3$	$CF_4$
Проект $A$	-4 000	800	1 000	3 000	2 000
Проект $B$	-4 000	3 000	750	1 000	1 300

**Р е ш е н и е.** Расчетная ставка процента с учетом налогообложения равна

$$i_T = i(1 - T) = 20\%(1 - 0,2) = 16\%.$$

Подробная схема расчета NPV проектов  $A$  и  $B$  с учетом выплаты налога на прибыль по формуле

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n (CF_t(1 - T) + T \cdot D_t)(1 + i_T)^{-t} \quad (40)$$

представлена в табл. 84 и 85.

$NPV_B > NPV_A$ , поэтому  $B \succ A$ .

Таблица 84

## Расчет NPV проекта A с учетом выплаты налога на прибыль

$t$	Денежный поток	Чистые платежи		$(1 + i_T)^{-t}$	Дисконтированные чистые платежи
		$CF_t(1 - T)$	$T \cdot D_t$		
0	-4 000			1	-4 000
1	800	640	200	0,86207	724,139
2	1 000	800	200	0,74316	743,16
3	3 000	2 400	200	0,64066	1 665,716
4	2 000	1 600	200	0,55229	994,112
					NPV <sub>A</sub> = 127,127

Таблица 85

## Расчет NPV проекта В с учетом выплаты налога на прибыль

$t$	Денежный погод	Чистые платежи		$(1 + i_T)^{-t}$	Дисконтированные чистые платежи
		$CF_t(1 - T)$	$T \cdot D_t$		
0	-4 000			1	-4 000
1	3 000	2 400	200	0,86207	2 241,382
2	750	600	200	0,74316	594,528
3	1 000	800	200	0,64066	640,66
4	1 300	1 040	200	0,55229	684,84
					<b>NPV<sub>B</sub> = 161,41</b>



## Задача 8

Инвестор должен оценить инновационный проект с денежным потоком  $(-1\,500; 200; 800; 850)$ . Рынок капитала является совершенным при расчетной неналогооблагаемой ставке процента  $i = 10\%$  годовых. Инвестор намерен максимизировать свое остаточное имущество при одинаковых ежегодных доходах  $Y = 20$  млн руб. Базовые платежи составляют  $(800; -200; 0; 2\,000)$ . В каждый год планового периода ( $t \geq 1$ ) сальдо основной налогооблагаемой прибыли составляет постоянно  $\text{ВВГ}_{\text{приб.},t} = 490$  млн руб. Капитальные вложения складываются из приобретения основных средств и нематериальных активов, которые амортизируются в течение 3-х лет линейным методом.

1. Вычислить, каких остаточных стоимостей и NPV достигает инвестор, если  $T = 20\%$ ,  $T = 40\%$  и  $T = 60\%$ .

2. Проинтерпретировать результат, согласно которому NPV при возрастании ставки  $T$  изменяется в направлении, противоположном направлению остаточной стоимости.

**Р е ш е н и е**

1. Остаточное имущество с учетом выплаты налога на прибыль на совершенном рынке капитала рассчитывается по формуле

$$C_n = (1 + i_T)^n \left( \underbrace{\sum_{t=0}^n U_t (1 + i_T)^{-t}}_{\text{PV независимых от проекта платежей}} + \underbrace{\sum_{t=1}^n (CF_t(1 - T) + T \cdot D_t)(1 + i_T)^{-t} - I_0}_{\text{PV зависимых от проекта платежей (NPV)}} \right),$$

где  $U_t$  — независимые от проекта платежи в момент  $t$ :

$$U_0 = M_0 - f_0 Y; \quad (41)$$

$$U_t = M_t - f_t Y - T \cdot \text{ВВГ}_{\text{приб.},t} \quad \text{для} \quad \forall t = \overline{1, n}. \quad (42)$$

Сначала вычислим остаточную стоимость  $C_3$  для случая  $T = 20\%$ . Расчетная ставка процента с учетом налогообложения равна

$$i_T = i(1 - T) = 10\%(1 - 0,2) = 8\%.$$

Затем найдем PV независимых от проекта платежей  $U_t$ .  
По формулам (40) и (41) получаем:

$$\begin{aligned} U_0 &= 800 - 20 = 780; \\ U_1 &= -200 - 20 - 0,2 \cdot 490 = -318; \\ U_2 &= -20 - 0,2 \cdot 490 = -118; \\ U_3 &= 2000 - 20 - 0,2 \cdot 490 = 1882. \end{aligned}$$

Тогда

$$\sum_{t=0}^3 U_t(1 + i_T)^{-t} = 780 - \frac{318}{1,08} - \frac{118}{1,08^2} + \frac{1882}{1,08^3} = 1878,382.$$

Теперь найдем NPV проекта по формуле (39) в табл. 86.  
В результате остаточная стоимость составит величину

$$C_3 = 1,08^3(1878,382 - 5,639) = 2359,117.$$

Проделаем все то же самое для случая  $T = 40\%$ :

$$\begin{aligned} i_T &= i(1 - T) = 10\%(1 - 0,4) = 6\%; \\ U_0 &= 800 - 20 = 780; \\ U_1 &= -200 - 20 - 0,4 \cdot 490 = -416; \\ U_2 &= -20 - 0,4 \cdot 490 = -216; \\ U_3 &= 2000 - 20 - 0,4 \cdot 490 = 1784; \end{aligned}$$

$$\sum_{t=0}^3 U_t(1 + i_T)^{-t} = 780 - \frac{416}{1,06} - \frac{216}{1,06^2} + \frac{1784}{1,06^3} = 1693,189;$$

$$C_3 = 1,06^3(1693,189 + 3,218) = 2020,448.$$

Расчет  $NPV = 3,218$  млн руб. показан в табл. 87.

Наконец, проведем вычисления для случая  $T = 60\%$ :

$$\begin{aligned} i_T &= i(1 - T) = 10\%(1 - 0,6) = 4\%; \\ U_0 &= 800 - 20 = 780; \end{aligned}$$

Таблица 86

Расчет NPV проекта при  $T = 20\%$ 

$t$	Денежный поток	Чистые платежи		$(1 + i_T)^{-t}$	Дисконтированные чистые платежи
		$CF_t(1 - T)$	$T \cdot D_t$		
0	-1 500			1	-1 500
1	200	160	100	0,92593	240,742
2	800	640	100	0,85734	634,432
3	850	680	100	0,79383	619,187
					NPV = -5,639

Таблица 87

Расчет NPV проекта при  $T = 40\%$ 

$t$	Денежный поток	Чистые платежи		$(1 + i_T)^{-t}$	Дисконтированные чистые платежи
		$CF_t(1 - T)$	$T \cdot D_t$		
0	-1 500			1	-1 500
1	200	120	200	0,9434	301,888
2	800	480	200	0,89	605,2
3	850	510	200	0,83962	596,13
					NPV = 3,218

Таблица 88

Расчет NPV проекта при  $T = 60\%$ 

$t$	Денежный поток	Чистые платежи		$(1 + i_T)^{-t}$	Дисконтированные чистые платежи
		$CF_t(1 - T)$	$T \cdot D_t$		
0	-1 500			1	-1 500
1	200	80	300	0,96154	365,385
2	800	320	300	0,92456	573,227
3	850	340	300	0,89	569,6
					NPV = 7,57

$$U_1 = -200 - 20 - 0,6 \cdot 490 = -514;$$

$$U_2 = -20 - 0,6 \cdot 490 = -314;$$

$$U_3 = 2000 - 20 - 0,6 \cdot 490 = 1686;$$

$$\sum_{t=0}^3 U_t(1+i_T)^{-t} = 780 - \frac{514}{1,04} - \frac{314}{1,04^2} + \frac{1686}{1,04^3} = 1494,306;$$

$$C_3 = 1,04^3(1494,306 + 7,57) = 1689,406.$$

Расчет NPV = 7,57 млн руб. показан в табл. 88.

2. Результаты вычисления для разных ставок налога на прибыль сведем в табл. 89.

Из табл. 89 видно, что NPV при увеличении ставки  $T$ , действительно, изменяется в направлении, противоположном направлению остаточной стоимости, т. е. NPV возрастает, а  $C_3$  убывает.

Таблица 89

**Чистый приведенный доход и остаточная стоимость при разных ставках налога на прибыль (млн руб.)**

Ставка налога на прибыль	Чистый приведенный доход	Остаточная стоимость
20%	-5,639	2 359,117
40%	3,218	2 020,448
60%	7,57	1 689,406

Остаточная стоимость  $C_3$  в рамках альтернативы отказа также убывает с ростом  $T$ :

$$T = 20\% : C_3 = 1,08^3 \cdot 1878,382 = 2366,22;$$

$$T = 40\% : C_3 = 1,06^3 \cdot 1693,189 = 2016,615;$$

$$T = 60\% : C_3 = 1,04^3 \cdot 1494,306 = 1680,891.$$

Сравнивая эти результаты  $C_3$  с их значениями в табл. 89, можем сделать следующий вывод:

При более высоких ставках налога на прибыль осуществление инвестиции, действительно, более выгодно, чем отказ от нее. Значит, NPV, несмотря на его кажущееся парадоксальное поведение, является надежным критерием, если цель состоит в том, чтобы рассчитать самую лучшую инвестицию при данных ставках налога.

## Глава 7

### Методы принятия решений о сроке действия инвестиций в инновации

#### 7.1. Постановка задачи принятия решения о сроке инновационного проекта

В предыдущих главах мы всегда предполагали, что сроки действия сравниваемых друг с другом инновационных проектов даны. В целях упрощения мы, например, предполагали, что руководство таксопарка может выбирать лишь между типами машин  $A$ ,  $B$  и  $C$  новой или старой моделей. Но в действительности промежуток времени, в течение которого эксплуатация объектов инвестирования является выгодной, сам по себе представляет собой проблему решения. Руководство таксопарка может и должно задать себе вопрос о том, до каких пор выгодно эксплуатировать автомобиль. Постановка вопроса в ходе принятия решений о сроке действия инвестиций всегда выглядит следующим образом:

*Следует ли эксплуатировать инвестиционный объект модернизации 1, 2, 3, ... или  $\tau$  лет?*

В последующем нужно различать два вида принятия решений о сроке действия инвестиции.

**Проблемы срока эксплуатации.** Вопрос об оптимальном сроке эксплуатации инвестиционного объекта модернизации можно задать перед осуществлением инвестиции. На примере таксопарка мы имеем дело с принятием решения о том, должны ли мы купить автомобиль типа  $A$ ,  $B$  и  $C$  вообще, и (предварительно) о том, на протяжении какого времени следует эксплуатировать этот инвестиционный объект. Значит, предприниматель мог бы купить, например, машину  $A$  и эксплуатировать ее в течение трех лет или купить машину  $B$  и использовать ее на протяжении четырех лет. Постановка проблемы выглядит следующим образом:

*Следует ли пока еще не осуществленную инвестицию эксплуатировать в течение 1, 2, 3, ... или  $\tau$  лет или лучше совсем от нее отказаться?*



**Проблемы замены.** Мы можем задать вопрос об оптимальном сроке эксплуатации и после того, как инвестиция уже осуществлена. Здесь имеется в виду принятие решений о том, должны ли мы проект приостановить сейчас или позже. Постановка проблемы выглядит следующим образом:

*Должен ли приобретенный инвестиционный объект модернизации эксплуатироваться еще в течение 1, 2, 3, ... или  $\tau$  лет или его сразу нужно приостановить?*

Например, хотя мы при приобретении инвестиционного объекта запланировали эксплуатировать его на протяжении  $n$  лет, но позже может оказаться более выгодным пересмотреть старые планы. Каждый может ошибаться, и никого нельзя заставить придерживаться возможных ошибочных решений.

Вопрос об оптимальном сроке эксплуатации инвестиционных объектов модернизации имеет практическое значение потому, что связанные с ним сальдо поступлений и выплат в течение данного промежутка времени постоянно меняются. Самым ясным образом это видно при анализе инноваций в производственной сфере. Здесь, например, нужно подумать о том, что оборудование или станки по мере своего устаревания всегда требуют все больше и больше ремонта. Далее, возможная выручка от продажи при ликвидации снижается с течением времени. Наконец, необходимо учесть, что с течением времени возникают новые инвестиционные возможности, которые раньше не были известны. Из совокупности всех этих факторов следует то, что наступает день, когда может стать невыгодно эксплуатировать определенный инвестиционный объект дольше этого момента времени.

Здесь перед последующими рассуждениями необходимо обсудить две идеи, которые ограничивают возможность использования описанного метода. С одной стороны, речь идет о количестве возможностей принятия решений, а с другой — о виде рынка капитала, с которым инвестор имеет дело.

**Количество возможностей принятия решения.** Если мы представляли бы время как непрерывную переменную, то тогда число вариантов срока использования было бы бесконечно велико. Мы можем измерять срок действия инвестиции в годах, в месяцах,

в неделях или даже в секундах. Но если мы выбираем очень детальное разграничение времени, то и совокупный плановый период содержит очень большое (в предельном случае бесконечно большое) число таких единиц времени, и каждая сумма этих единиц времени представляет возможную альтернативу действия инвестора.

На практике мы довольствуемся весьма грубым разграничением времени. При осуществлении долгосрочных прогнозов мы вообще не в состоянии даже приблизительно предсказать, как в течение временного периода, охватывающего, например, четыре года, будут изменяться потоки поступлений и выплат, если мы при этом требовали бы очень детального разграничения времени. Следовательно, общие трудности прогноза подразумевают относительно грубое разделение времени. Таким образом, они приводят к тому, что время воспринимается не как непрерывная, а как дискретная переменная. Ввиду этого количество возможностей существенно уменьшается.

*Время как объект принятия решений о сроке действия инвестиций в инновации не трактуется как непрерывная переменная. Вместо этого всегда предполагается, что срок использования активов инвестиционного объекта модернизации составляет один год или множество целых лет.*

**Вид рынка капитала.** Мы только тогда называем срок эксплуатации инвестиционного объекта оптимальным, когда он наилучшим образом соответствует финансовым целям инвестора. При этом в предыдущей главе мы учитывали прежде всего максимизацию остаточного имущества и доходов. Далее, мы установили, что стремление к имуществу и стремление к доходу в условиях несовершенного рынка капитала могут быть конкурирующими друг с другом целями. Но в противоположность этому на совершенных рынках рынка капитала никогда не могут возникнуть конфликты между целями стремления к остаточному имуществу и доходам. В условиях совершенного рынка капитала инвестор всегда достигает своего максимального финансового благосостояния тогда, когда он реализует альтернативы с наибольшим неотрицательным NPV.

*В последующих параграфах этой главы нами всегда предполагается совершенный рынок капитала.*

Постановка проблемы в ходе принятия решения о *сроке эксплуатации* инвестиционного объекта модернизации всегда выглядит следующим образом: должен ли еще не приобретенный инвестиционный объект в случае его покупки эксплуатироваться в течение 1, 2, 3, ... или  $t$  лет. Очевидно, что при анализе обсуждаемой здесь возможности выбора речь идет о подлинных альтернативах, т. к. мы не можем реализовывать ни один проект в течение как  $n_1$  лет, так и  $n_2$  лет, если  $n_1 \neq n_2$ .

Мы используем  $n$  как символ для обозначения срока эксплуатации инвестиционного объекта. Очевиден и тот факт, что оптимальный срок реализации одного проекта зависит от того, какие шансы и возможности капиталовложений имеются у инвестора после момента времени  $t = n$ . Поэтому мы будем различать два случая: однократные инвестиции и многократные инвестиции (“цепи инвестиций”).

## 7.2. Однократная инвестиция

Здесь инвестор стоит перед следующей проблемой: дан конечный плановый горизонт с  $\tau$  периодами. В пределах этого промежутка времени сколько лет следует эксплуатировать инвестиционный объект: 1, 2, 3, ... или  $\tau$  лет? При этом инвестор имеет цель максимизации своего финансового благосостояния и — напомним — он действует на совершенном рынке капитала. Следовательно, свойство определения длительности однократной инвестиции состоит в том, что по окончании оптимального срока эксплуатации инвестиционного объекта существуют лишь дополняющие инвестиции и заимствования. Эту идею можно выразить и по-другому: инвестор реализует проект до тех пор, пока это выгодно. После этого он вкладывает свои деньги до конца планового периода под расчетный процент.

Проблема принятия решения сама по себе легко разрешима. Оптимальный срок эксплуатации будет достигнут тогда, когда зависящий от срока эксплуатации NPV будет максимальным. Инвестор максимизирует свою прибыль тогда, когда он выбирает возможность с наибольшим NPV. Следовательно, критерий принятия решения выглядит следующим образом:

*Выбирать следует тот срок эксплуатации  $n$ , при котором достигается самый большой положительный NPV.*

Методику осуществления расчета зависящих от срока эксплуатации NPV можно показать на числовом примере.

**Пример 58.** Инвестор имеет плановый период  $\tau = 6$  лет. Расчетная ставка процента составляет 10% годовых. Лицо, принимающее решение, может осуществить инвестицию, которая порождает платежи согласно табл. 90 в том случае, если мы хотели бы эксплуатировать этот инвестиционный объект модернизации до конца планового периода. В этих платежах не учтена выручка от ликвидации, и они обозначены символом  $\tilde{z}_t$ . Кроме того, предполагается, что достижимая выручка от ликвидации объекта  $L_t$  с течением времени постоянно сокращается, как это показано в табл. 90.

Таблица 90

**Исходные данные для расчета срока эксплуатации  
(ден. ед.)**

$t$	0	1	2	3	4	5	6
$\tilde{z}_t$	-1 000	600	500	100	200	100	100
$L_t$	1 000	600	400	300	200	100	0

Далее мы покажем три способа решения, которые приводят к одинаковому результату. Первый способ решения в принципе соответствует той же концепции, которую мы описали в предыдущей главе при обсуждении решений по выбору проектов. Второй способ решения формально является более изящным и позволяет получить более полезные знания. Третий способ решения по методике расчета еще более прост и при его применении используется принцип динамического программирования.

**Первый способ решения.** Этот способ решения состоит из следующих трех стадий.

**Определение возможностей сроков эксплуатации.** Включая возможность вообще не инвестировать, инвестор имеет  $\tau + 1 = 7$  возможностей срока эксплуатации ( $n = 0, 1, 2, \dots, \tau$ ).

**Расчет денежных потоков для всех альтернатив.** Для всех возможностей срока пользования можно из вышеприведенной информации однозначно вывести денежные потоки. При этом действуют следующие правила:

$$\begin{aligned} z_t &= \tilde{z}_t, & \text{если } t < n; \\ z_t &= \tilde{z}_t + L_t, & \text{если } t = n; \\ z_t &= 0, & \text{если } t > n. \end{aligned}$$

Если мы соблюдаем эти правила, то для разных возможностей срока эксплуатации получаем приведенные в табл. 91 денежные потоки.

Таблица 91

**Денежные потоки альтернатив срока эксплуатации  
(ден. ед.)**

$n$	Моменты времени осуществления платежей						
	0	1	2	3	4	5	6
0	0						
1	-1 000	1 200					
2	-1 000	600	900				
3	-1 000	600	500	400			
4	-1 000	600	500	100	400		
5	-1 000	600	500	100	200	200	
6	-1 000	600	500	100	200	100	100

**Расчет NPV и принятие решения.** NPV возможностей срока эксплуатации  $\tau + 1 = 7$  можно рассчитать по принятой и выведенной в предыдущей главе формуле

$$NPV = \sum_{t=0}^n z_t(1+i)^{-t} = \sum_{t=0}^n \tilde{z}_t(1+i)^{-t} + L_n(1+i)^{-n}.$$

При расчетной ставке процента, равной 10%, мы получаем приведенные ниже в табл. 92 результаты.

Таблица 92

## NPV возможностей срока эксплуатации (ден. ед.)

$n$	0	1	2	3	4	5	6
NPV	0	90,91	289,26	259,2	307,01	294,6	288,95

Отсюда следует, что для инвестора оптимальной возможностью является начало реализации проекта в момент времени  $t = 0$  и его окончание в момент времени  $n = 4$ , т. к. в этом случае ему удастся достичь максимального возможного  $NPV = 307,01$  ден. ед.

**Второй способ решения.** Этот подход учитывает тот факт, что денежные потоки двух соседних альтернатив срока эксплуатации отличаются друг от друга своими предпоследним и последним элементами (см. табл. 91).

Если мы задаем вопрос о том, выгодно ли продление срока эксплуатации на дополнительный год, то тогда важным является лишь изменение зависящего от срока эксплуатации чистого приведенного дохода ( $\Delta NPV$ ). Это изменение чистого приведенного дохода, происходящее при переходе от одной возможности срока эксплуатации к другой, ближайшей по отношению к первой, называется временным предельным выигрышем.

Временным предельным выигрышем при переходе от срока эксплуатации, равного  $n$  лет, к сроку эксплуатации, равному  $n - 1$  год, является

$$\begin{aligned} \Delta NPV_n &= NPV_n - NPV_{n-1} = \\ &= \sum_{t=0}^n \tilde{z}_t(1+i)^{-t} + L_n(1+i)^{-n} - \sum_{t=0}^{n-1} \tilde{z}_t(1+i)^{-t} + L_{n-1}(1+i)^{-n+1} = \\ &= \underbrace{(\tilde{z}_n + L_n)(1+i)^{-n}}_{\substack{\text{чистый платеж} \\ \text{периода } n}} - \underbrace{L_{n-1}(1+i)^{-n+1}}_{\substack{\text{выручка} \\ \text{от ликвидации} \\ \text{периода } n-1}}, \end{aligned}$$

или, вербально, разность между дисконтированным общим поступлением текущего года и выручкой от ликвидации предыдущего года, дисконтированной на срок, меньший на один год.

*Продление срока эксплуатации инвестиционного объекта модернизации следует осуществлять до тех пор, пока временной предельный выигрыш положителен.*

Это же утверждение можно упростить, если мы умножим предельный выигрыш на множитель начисления сложных процентов  $(1 + i)^n$ . Тогда формула выглядит следующим образом:

$$\underbrace{(1 + i)^n \Delta \text{NPV}_n}_{\substack{\text{временной предельный выигрыш} \\ \text{с начисленными сложными процентами}}} = \tilde{z}_n + L_n - L_{n-1}(1 + i). \quad (43)$$

На основе этого уравнения оптимальное решение можно определить более быстро, чем при использовании описанного выше первого способа. Ведь мы можем сейчас также отметить следующее:

*Продление срока эксплуатации инвестиционного объекта модернизации следует осуществлять до тех пор, пока выручка от ликвидации с начислением (на один год) сложных процентов предыдущего года меньше чистого поступления этого года.*

Тогда этот способ решения можно подразделить на следующие стадии.

**Расчет временного предельного выигрыша.** Эти расчеты весьма просты, если мы работаем с предельными выигрышами, включающими начисленные сложные проценты в соответствии с формулой (42). Метод расчета изображен в табл. 93, которую нужно трактовать следующим образом: столбец 1 описывает варианты срока эксплуатации, столбец 2 — общие поступления последнего года, а столбец 3 — значения выручки от ликвидации предыдущего года. Информацию для этих трех столбцов можно почерпнуть прямо из условий задачи. Столбец 4 образуется из столбца 3 посредством начисления процентов за один год в размере 10%.

**Принятие решений на основе предельных выигрышей.** Столбец 5 показывает временные предельные выигрыши с начислением сложных процентов. Он образуется просто из разности между столбцами 2 и 4. Из столбца 5 видно, что предельный выигрыш впервые становится отрицательным в третьем году. Если бы и предельные выигрыши всех последующих годов были отрицательными,

Таблица 93

Временные предельные выигрыши при различных вариантах срока эксплуатации  
(ден. ед.)

Срок эксплуатации,	Чистое поступление последнего года,	Выручка от ликвидации предыдущего года,	Выручка от ликвидации предыдущего года с процентами за год,	Выручка от ликвидации предыдущего года с процентами	Временной предельный выигрыш с начислением сложных процентов,	Множитель дисконтирования,	Временной предельный выигрыш,
$n$	$\tilde{z}_n + L_n$	$L_{n-1}$	$L_{n-1}(1+i)$	$(1+i)^n \Delta NPV_n$	$(1+i)^{-n}$	$\Delta NPV_n$	$5 \times 6 = 7$
1	2	3	4	$2 - 4 = 5$	6		
1	1 200	1 000	1 100	100	0,9091	90,91	
2	900	600	660	240	0,8264	198,35	
3	400	400	440	-40	0,7513	-30,05	
4	400	300	330	70	0,683	<b>47,81</b>	
5	200	200	220	-20	0,6209	-12,42	
6	100	100	110	-10	0,5645	-5,64	



мы могли бы приостановить расчет уже в этом месте и сказать, что срок эксплуатации, равный 2 годам ( $n = 2$ ), является оптимальным. Такие условия (сначала положительные, а затем только отрицательные предельные выигрыши) в большинстве практических случаев верны, так что принятие решений может произойти без расчета NPV всех возможностей сроков эксплуатации.

Но в нашем случае в столбце 5 после отрицательного временного предельного выигрыша в объеме  $-40$  ден. ед. в  $n = 3$  следует положительный предельный выигрыш в объеме  $70$  ден. ед. в  $n = 4$ . Поэтому необходимо исследовать, компенсирует ли положительный предельный выигрыш отрицательный. Для этой цели значения столбца 5 необходимо с помощью множителя дисконтирования в столбце 6 привести к одному и тому же моменту времени в столбце 7. Тогда сразу можно увидеть, что выгодной является эксплуатация инвестиционного объекта модернизации в течение четырех лет, т. к. отрицательный предельный выигрыш в объеме  $-30,05$  ден. ед. более чем компенсируется положительным выигрышем  $47,81$  ден. ед.

**Третий способ решения.** Описываемый последним способ решения основан на использовании динамического программирования и по технике расчета является самым простым. В ходе применения этого способа проблему начинают решать с конца.

1. Поставьте себя в момент времени  $t = 5$ . Вы имеете возможность немедленно продать инвестиционный объект и получить сумму  $L_5 = 100$  ден. ед. или эксплуатировать объект еще один дополнительный год, что принесло бы вам в момент времени  $t = 6$  поступления величиной  $\tilde{z}_6 + L_6 = 100 + 0 = 100$  ден. ед. Следовательно, на момент времени  $t = 5$  вы при немедленной продаже объекта получаете  $L_5 = 100$  ден. ед., а при его дальнейшей эксплуатации —

$$\frac{\tilde{z}_6 + L_6}{1 + i} = \frac{100 + 0}{1,1} = 90,91 \text{ (ден. ед.)}.$$

Очевидно, лучше сразу продать этот объект. Введем вспомогательную переменную

$$H_5 = \max \left\{ L_5, \frac{\tilde{z}_6 + L_6}{1 + i} \right\},$$

тогда мы получим

$$H_5 = \max\{100; 90,91\} = 100 \text{ (ден. ед.)}.$$

2. Теперь рассмотрим момент времени  $t = 4$ . Немедленная продажа принесла бы  $L_4 = 200$  ден. ед., в то время как дальнейшая эксплуатация —

$$\frac{\tilde{z}_5 + H_5}{1 + i} = \frac{100 + 100}{1,1} = 181,82 \text{ (ден. ед.)}.$$

Лучше сразу продать объект — тогда вспомогательная переменная

$$H_4 = \max\left\{L_4, \frac{\tilde{z}_5 + H_5}{1 + i}\right\}$$

принимает значение

$$H_4 = \max\{200; 181,82\} = 200 \text{ (ден. ед.)}.$$

3. Теперь вернемся к моменту времени  $t = 3$ . Вспомогательная переменная принимает значение

$$\begin{aligned} H_3 &= \max\left\{L_3, \frac{\tilde{z}_4 + H_4}{1 + i}\right\} = \max\left\{300; \frac{200 + 200}{1,1}\right\} = \\ &= 363,64 \text{ (ден. ед.)}. \end{aligned}$$

Следовательно, нужно порекомендовать не осуществлять немедленную продажу.

4. Продолжаем расчет с поэтапным уменьшением индекса времени по той же схеме, пока не достигнем момента времени  $t = 0$ .

Соответствующие расчеты обобщены в табл. 94. И здесь получается, что самое лучшее — это эксплуатировать объект еще на протяжении четырех лет. Значения вспомогательных переменных можно увидеть в вышеприведенной таблице, если посмотреть на жирные цифры. Некоторые аналитики также могут предпочесть расчет в рамках графического изображения, приведенного на рис. 56.

Таблица 94

**Решение проблемы срока эксплуатации посредством  
осуществления обратного расчета (ден. ед.)**

$t$	$\tilde{z}_t$	$L_t$	Немедленная продажа	Дальнейшая эксплуатация
0	-1 000	1 000	1 000	<b>1 307,01</b>
1	600	600	600	<b>837,72</b>
2	500	400	400	<b>421,49</b>
3	100	300	300	<b>363,64</b>
4	200	200	<b>200</b>	181,82
5	100	100	<b>100</b>	90,91
6	100	0		

### 7.3. Цепи инвестиций и периоды планирования

Мы должны здесь в противоположность к предыдущему параграфу заниматься очередностью осуществления инвестиций или, как еще говорят, цепью инвестиций. В связи с этим надо различать между идентичными и неидентичными цепями инвестиций.

1. Цепь инвестиций называется идентичной, когда все отдельные проекты, включаемые в цепь, имеют один и тот же NPV. Это не обязательно означает, что все проекты имеют идентичные денежные потоки. Если, например, расчетная ставка процента составляет 10%, то в примере на рис. 57 речь идет об идентичной цепи, т. к. NPV как первого, так и второго проектов равняется нулю. Но в целях упрощения далее мы обсуждаем всегда особый случай, в котором все проекты порождают цепь идентичных денежных потоков, как, например, на рис. 58. Такие идентичные цепи имеют то свойство, что NPV отдельных проектов совпадают при любых расчетных ставках процента.

2. О неидентичных цепях инвестиций говорят тогда, когда NPV цепных проектов отличаются друг от друга. В том случае, если денежные потоки отдельных проектов не совпадают друг с другом,

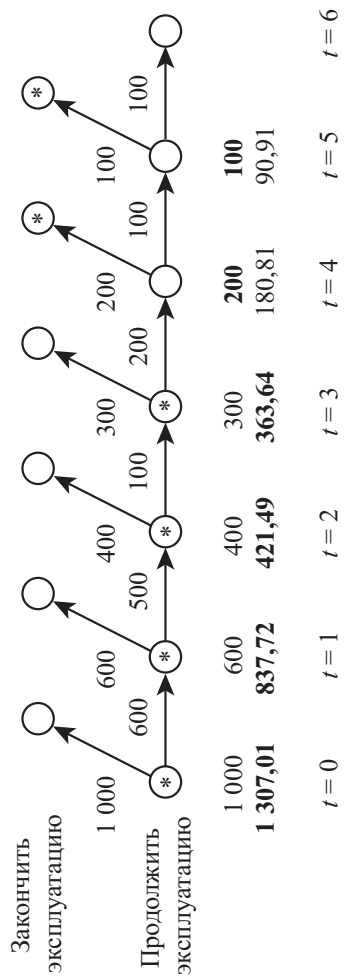


Рис. 56. Графическое решение проблемы срока эксплуатации

вероятность различия NPV весьма велика. Но она вовсе не стопроцентная. А именно, если расчетная ставка процента составляет 6%, тогда в примере на рис. 59 имеет место неидентичная цепь. NPV первого проекта составляет 37,77 ден. ед., в то время как второго — 36,7 ден. ед. А если расчетная ставка процента составляет 0%, то тогда NPV обоих проектов составляет 50 ден. ед., так что мы можем говорить об идентичной цепи.

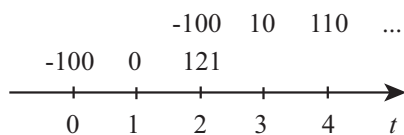


Рис. 57. Идентичная цепь инвестиций с неидентичными денежными потоками проектов

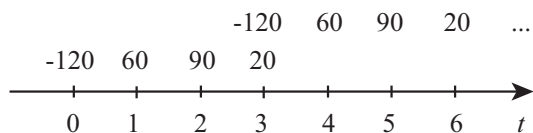


Рис. 58. Идентичная цепь инвестиций с идентичными денежными потоками проектов

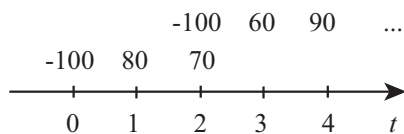


Рис. 59. Цепь инвестиций, неидентичная при ставке 6% и идентичная при ставке 0%

Помимо этих двух видов цепей инвестиций далее мы хотели бы провести различия между конечным плановым периодом времени (временное предприятие) и бесконечным плановым периодом (постоянное предприятие). Если мы комбинируем срок планового периода (конечный или бесконечный) и типы цепей инвестиций (идентичная или неидентичная) друг с другом, то получим четыре возможные ситуации планирования (табл. 95). Но из этих ситуаций в последующем будут исследоваться нами лишь две.

Таблица 95

**Плановые ситуации при многократных инвестициях**

		Цепь инвестиции	
		идентичная	неидентичная
Период планирования	конечный	цепной эффект	параграф 7.4
	бесконечный	параграф 7.5	неразумное предположение

Этот подход нуждается в пояснении. Во временном предприятии использование идентичных цепей инвестиций приводит к так называемому “цепному эффекту” или к “закону замещающих инвестиций” (general law of replacement). Ведь в конечной цепи оптимальный срок эксплуатации данного проекта всегда длиннее его “предшественника” (и короче, чем срок его “преемника”). Этот — вовсе не сразу ясный — феномен интенсивно и с пристрастием обсуждался в публикациях по теории инвестиций без выяснения практического значения этого обстоятельства. Идентичные цепи инвестиций, по-видимому, действительно встречаются редко. Поэтому как раз в случае временным предприятием, которое может “спрогнозировать” свой горизонт планирования, было бы лучше ограничиться анализом неидентичных цепей инвестиций.

По-другому обстоят дела в случае постоянного предприятия, т. е. в случае инвестора с бесконечным горизонтом планирования. Здесь кажется совсем неразумным вера в то, что инвестор может каким-то образом надежно прогнозировать денежные потоки десяти, двадцатого... и тем более тысячного проекта. В этой ситуации

более разумно предположить идентичные денежные потоки (идентичные цепи инвестиций).

#### 7.4. Конечный плановый период

Если мы рассмотрим случай инвестора с конечным плановым периодом и неидентичными цепями инвестиций, то тогда постановка проблемы выглядит следующим образом. Лицо, принимающее решение, может сегодня осуществить проект  $A$ , оптимальный срок реализации которого ему хочется установить сегодня. Непосредственно после окончания срока действия проекта  $A$  инвестору предлагается шанс реализации дальнейших проектов ( $B$ ,  $C$ ,  $D$  и т. д.). Естественно, и сроки действия этих “преемников” варьируют, так что необходимо одновременно установить сроки реализации всех проектов, если мы хотим определить срок действия объекта  $A$ . Следовательно, мы ищем оптимальную длительность цепи инвестиций.

Наиболее подходящую для цели инвестора стратегию, т. е. оптимальную очередность проектов во времени, при конечности планового периода всегда можно найти путем перебора всех вариантов. Это учет всех обозримых возможностей. При этом действует следующий критерий принятия решения:

*Реализовать следует ту очередность проектов и сроков их действия, благодаря которой достигается наибольший NPV цепи.*

**Пример 59.** Инвестор имеет плановый период  $\tau = 3$  года. Расчетная ставка процента 10% годовых.

1. Он может в момент времени  $t = 0$  начать реализацию проекта  $A$  и закончить ее в  $t = 1$ ,  $t = 2$  или  $t = 3$ .
2. Он может в момент времени  $t = 1$  начать реализацию проекта  $B$  и закончить ее в  $t = 2$  или  $t = 3$ .
3. Наконец, он мог бы в момент времени  $t = 2$  начать реализацию проекта  $C$  и закончить ее в  $t = 3$ .

Денежные потоки (без учета выручки от ликвидации) и зависящие от срока эксплуатации значения выручки от ликвидации предполагаются такими, как показано в табл. 96.

Какова продолжительность оптимальных сроков эксплуатации этих трех проектов? Или: какова оптимальная инвестиционная стратегия?

Таблица 96

**Денежные потоки и значения выручки от ликвидации  
(ден. ед.)**

<i>Планируемые платежи без учета выручки от ликвидации</i>				
<i>t</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Проект <i>A</i>	-1 000	600	500	400
Проект <i>B</i>		-800	600	500
Проект <i>C</i>			-1 200	1 400
<i>Значения выручки от ликвидации</i>				
Проект <i>A</i>	1 000	700	200	0
Проект <i>B</i>		800	250	0
Проект <i>C</i>			1 200	100

Сначала мы начнем с ознакомления со всеми возможными инвестиционными стратегиями. Нам удастся лучше всего сделать это с помощью изображенного на рис. 60 “дерева альтернатив”. Это дерево состоит из узлов и дуг. Все узлы одной горизонтальной плоскости принадлежат к одному и тому же моменту планового периода. Непрерывные дуги обозначают осуществление одного проекта (*A*, *B* или *C*), пунктирные дуги обозначают отказ от инвестиции (проект 0). Каждый путь от узла с момента времени  $t = 0$  к узлу момента времени  $t = 3$  обозначает определенную инвестиционную стратегию. Мы можем непосредственно вычислить, что существуют возможности 13-ти разных инвестиционных стратегий. Чистые денежные потоки всех стратегий можно легко вывести из приведенных в табл. 96 данных. Для этой цели обозначим инвестиционные стратегии порядковыми номерами, которые отражаются в принадлежащих моменту времени  $t = 3$  узлах (см. табл. 97).

После того, как мы определили чистые денежные потоки отдельных стратегий, можно легко вычислить их NPV. Такое вычисление осуществляется на основе известной формулы

$$NPV = \sum_{t=0}^{\tau} z_t(1+i)^{-t}.$$



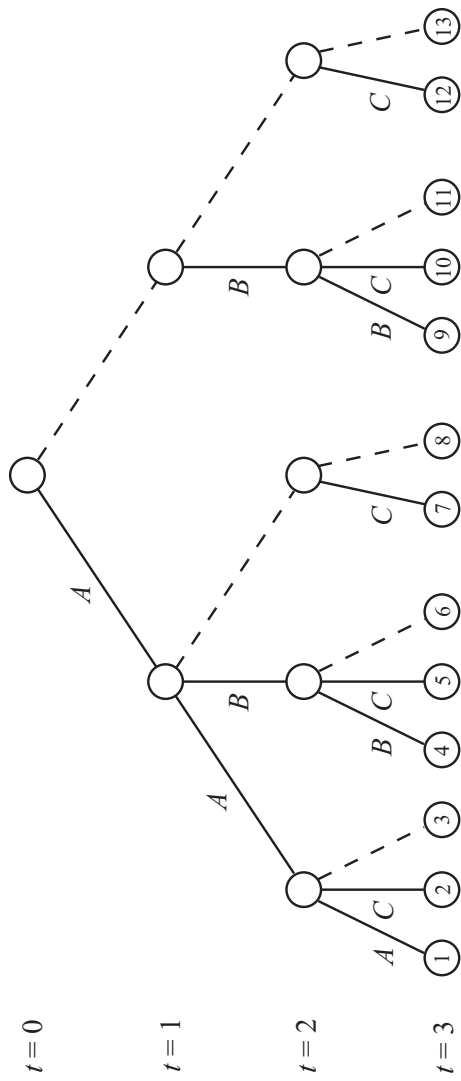


Рис. 60. "Дерево альтернатив" для описания неидентичных цепей инвестиций

Таблица 97  
 Денежные потоки и NPV альтернативных стратегий (ден. ед.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	NPV
Стратегия 1 (A-A-A)	-1 000	600	500	400	301,76
$z_t^A$	-1 000	600	500		
$L_2^A$			200		
$z_t^C$			-1 200	1 400	
$L_3^C$				100	
Стратегия 2 (A-A-C)	-1 000	600	-500	1 500	317,63
$z_t^A$	-1 000	600	500		
$L_2^A$			200	0	
Стратегия 3 (A-A-0)	-1 000	600	700	0	155,69
$z_t^A$	-1 000	600			
$L_1^A$		700			
$z_t^B$		-800	600	500	
$z_t^B$					
Стратегия 4 (A-B-B)	-1 000	500	600	500	<b>374,28</b>

Продолжение табл. 97

Момент времени $t$	0	1	2	3	NPV
$z_t^A$	-1 000	600			
$L_1^A$		700			
$z_t^B$		-800	600		
$L_2^B$			250		
$z_t^C$			-1 200	1 400	
$L_3^C$				100	
Стратегия 5 (A-B-C)	-1 000	500	-350	1 500	353,64
$z_t^A$	-1 000	600			
$L_1^A$		700			
$z_t^B$		-800	600		
$L_2^B$			250	0	
Стратегия 6 (A-B-0)	-1 000	500	850	0	191,7
$z_t^A$	-1 000	600			
$L_1^A$		700			
$z_t^C$			-1 200	1 400	
$L_3^C$				100	
Стратегия 7 (A-0-C)	-1 000	1 300	-1 200	1 500	365,65

Окончание табл. 97

Момент времени $t$	0	1	2	3	NPV
$z_t^A$	-1 000	600			
$L_1^A$		700	0	0	
Стратегия 8 (A-0-0)	-1 000	1 300	0	0	203,7
Стратегия 9 (0-B-B)	0	-800	600	500	170,58
$z_t^B$		-800	600		
$L_2^B$			250		
$z_t^C$			-1 200	1 400	
$L_3^C$				100	
Стратегия 10 (0-B-C)	0	-800	-350	1 500	149,94
$z_t^B$		-800	600		
$L_2^B$			250	0	
Стратегия 11 (0-B-0)	0	-800	850	0	-12
$z_t^C$			-1 200	1 400	
$L_3^C$				100	
Стратегия 12 (0-0-C)	0	0	-1 200	1 500	161,94
Стратегия 13 (0-0-0)	0	0	0	0	0

При этом мы получаем приведенные в последнем столбце табл. 97 результаты. Стратегия 4 с ее  $NPV = 374,28$  ден. ед. оказывается оптимальной. Следовательно, инвестор максимизирует свою долгосрочную прибыль, если он принимает решение в пользу этой стратегии. Это означает следующее. Надо начать проект  $A$  в  $t = 0$  и закончить его в  $t = 1$ . Затем следует начать в этот же момент времени проект  $B$  и реализовать его до конца планового периода  $t = 3$ .

Данный пример иллюстрирует основной принцип решения проблемы определения конечных сроков эксплуатации при конечном плановом периоде и неидентичных цепях инвестиций с помощью полного перебора. Так как количество возможных альтернатив с ростом числа плановых периодов скачкообразно растет (при  $\tau = 10$  лет было бы уже необходимо учитывать 10 946 альтернатив), при широкой постановке проблемы нам нельзя использовать полный перебор, а мы должны обратиться к подходящему методу операционных вычислений. Особенно здесь нужно подумать о методах определения самых длительных путей в сетевых планах.

## 7.5. Бесконечный плановый период

В противоположность нашим прежним рассуждениям (конечный плановый период, неидентичные цепи инвестиций) теперь мы хотим рассмотреть идентичные очередности инвестиций при бесконечном плановом периоде. Следовательно, постановка проблемы выглядит следующим образом: инвестор имеет дело с предприятием на продолжительное время и предполагает (т. к. не имеет лучшей информации), что все денежные потоки следующих друг за другом проектов идентичны друг другу. Сейчас нам нужно определить оптимальную во времени инвестиционную стратегию. Речь идет об оптимальном сроке эксплуатации всех реализуемых сегодня и в будущем инвестиционных объектов. Критерий принятия решения выглядит следующим образом:

*Реализовать следует бесконечную идентичную цепь инвестиций с теми (отдельными) сроками эксплуатации, которые "обещают" самый большой положительный NPV цепи.*

И здесь мы должны задать следующий вопрос:

*Каким образом можно рассчитать чистый приведенный доход бесконечной идентичной цепи инвестиций  $K(\text{NPV})$ ?*

Денежный поток идентичной цепи инвестиций, проекты которой имеют срок реализации, равный  $n$  лет, выглядит так, как это показано на рис. 61.

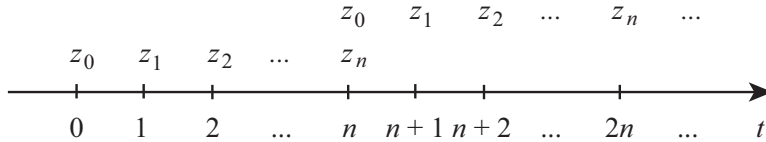


Рис. 61. Денежный поток бесконечной идентичной цепи инвестиций

Если мы обозначим чистый приведенный доход первого проекта как  $\text{NPV}_n$ , то чистый приведенный доход второго проекта, дисконтированный в 0, очевидно, равен  $\text{NPV}_n(1+i)^{-n}$ , третьего проекта —  $\text{NPV}_n(1+i)^{-2n}$  и т. д. Таким образом, чистый приведенный доход цепи, состоящей из  $m$  частей, оказывается равным

$$\begin{aligned} & \text{NPV}_n + \text{NPV}_n(1+i)^{-n} + \dots + \text{NPV}_n(1+i)^{-(m-1)n} = \\ & = \text{NPV}_n \left( 1 + (1+i)^{-n} + \dots + (1+i)^{-(m-1)n} \right) = \\ & = \text{NPV}_n \cdot \sum_{k=0}^{m-1} (1+i)^{-kn}. \end{aligned}$$

Предельное значение этого выражения для  $m \rightarrow \infty$  составляет

$$K(\text{NPV}_n) = \text{NPV}_n \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{m-1} (1+i)^{-kn}.$$

Используя формулу для суммы  $n$  первых членов геометрической прогрессии

$$S_n = \frac{b_1(q^n - 1)}{q - 1},$$

получаем

$$\begin{aligned}\lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{m-1} (1+i)^{-kn} &= \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{(1+i)^{nm}} - 1}{\frac{1}{(1+i)^n} - 1} = \frac{1}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}} = \\ &= \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}.\end{aligned}$$

После подстановки получаем

$$K(\text{NPV}_n) = \text{NPV}_n \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}.$$

Если мы в это уравнение введем множитель аннуитета

$$w_{n;i} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1},$$

то тогда после преобразований получим

$$K(\text{NPV}_n) = \frac{w_{n;i} \cdot \text{NPV}_n}{i}.$$

С помощью этой формулы можно легко рассчитать чистый приведенный доход бесконечно длинной идентичной цепи инвестиций.

*Сначала рассчитывается чистый приведенный доход первого проекта при сроке действия, равном  $n$  лет ( $\text{NPV}_n$ ), и умножается на соответствующий каждому сроку эксплуатации множитель аннуитета ( $w_{n;i}$ ). Таким образом, мы получаем зависящий от срока эксплуатации аннуитет. Деление на расчетную ставку процента  $i$  дает чистый приведенный доход бесконечной идентичной цепи инвестиций.*

Для уяснения использования этого метода расчета на практике обратимся к числовому примеру, который нами использовался выше при расчете оптимальных сроков эксплуатации однократных инвестиций.

**Пример 58** (продолжение). Инвестор имеет плановый период, равный  $\tau \rightarrow \infty$  лет. Он может реализовать идентичные инвестиции

в шести разных вариантах по срокам эксплуатации ( $n = 1, \dots, 6$ ) и ищет оптимальный срок эксплуатации. Денежные потоки при разных сроках эксплуатации выглядят так, как это показано в табл. 98. Расчетная ставка процента составляет 10% годовых.

Таблица 98

**Денежные потоки при разных сроках эксплуатации  
(ден. ед.)**

$n$	Моменты времени осуществления платежей						
	0	1	2	3	4	5	6
0	0						
1	-1 000	1 200					
2	-1 000	600	900				
3	-1 000	600	500	400			
4	-1 000	600	500	100	400		
5	-1 000	600	500	100	200	200	
6	-1 000	600	500	100	200	100	100

Решение проводится в табл. 99. В столбце 2 приведены зависящие от срока реализации чистые приведенные доходы первого проекта цепи  $NPV_n$ . Речь идет о тех же самых цифрах, что и вышеприведенном примере с однократными инвестициями. В том примере срок эксплуатации, равный четырем годам ( $NPV_4 = 307,01$  ден. ед.), оказался оптимальным. В столбце 3 таблицы показаны зависящие от времени множители аннуитета  $w_{n;i}$ . Цифры столбца 4 образуются посредством умножения зависящих от времени чистых приведенных доходов на эти множители и, таким образом, они являются зависящими от срока эксплуатации аннуитетами. Если мы разделим их на расчетную процентную ставку, то тогда получим искомые зависящие от срока эксплуатации чистые приведенные доходы бесконечно длительных идентичных цепей инвестиций; они приведены в столбце 5. При этом выясняется, что в случае бесконечного идентичного повторения проект следует реализовывать на протяжении не четырех, а лишь двух лет ( $K(NPV_2) = 1\,666,67$  ден. ед.).



Таблица 99

Расчет чистых приведенных доходов бесконечных идентичных цепей инвестиций (ден. ед.)

Срок эксплуата- ции, $n$	Чистый приведенный доход проекта, $NPV_n$	Значение множителя аннуитета, $w_{n,i}$	Эквивалентный аннуитет проекта, $w_{n,i} NPV_n$	Чистый приведенный доход цепи, $K(NPV_n)$
1	2	3	4	5
1	90,91	1,1	100	1 000
2	289,26	0,5762	<b>166,67</b>	<b>1 666,67</b>
3	259,2	0,4021	104,23	1 042,3
4	<b>307,01</b>	0,3155	96,85	968,54
5	294,6	0,2638	77,71	777,14
6	288,95	0,2296	66,35	663,45

## 7.6. Проблема замены инвестиционного объекта модернизации

Если бы инвестор никогда не ошибался в своих планах, т. е. если бы все платежи имели место в те моменты времени, на которые они были первоначально запланированы, то тогда проблема оптимального времени замены существующих инвестиционных объектов модернизации была бы уже решена посредством выбора срока эксплуатации. Не было бы необходимости после реализации проекта снова заниматься этой проблемой. Но в действительности такие ошибки планирования постоянно возникают. Поэтому разумно регулярно задавать вопрос об оптимальном времени замены уже существующих объектов.

Но проблема замены в чистом виде в обсуждаемом здесь смысле возникает лишь тогда, когда новый проект конкурирует со старым проектом (т. е. инвестор стоит перед дилеммой: либо старый объект, либо новый объект). Но, если новый объект может сосуществовать наряду со старым (т. е. такая дилемма отсутствует), то тогда речь идет о проблеме инвестиционного программного планирования, которое будет исследоваться нами в главе 9.

*В случае чистой проблемы замены задается вопрос о том, нужно ли сегодня заканчивать эксплуатацию старого инвестиционного объекта модернизации или нет.*

Отсюда можно было бы сделать заключение, что инвестор должен учитывать лишь две возможности. В действительности мы должны поставить вопрос о том, нужно ли заменять старый объект сегодня ( $t = 0$ ) или позже ( $t = 1, 2, \dots, \tau$ ). Из этого следует, что инвестор имеет  $\tau + 1$  возможностей замены и должен выбирать между ними. Ведь если замена в  $t = 1$  (в следующем году) менее выгодна, чем в  $t = 0$  (сегодня), то тогда из этого еще далеко не вытекает то, что замена старого объекта сегодня действительно оптимальна. Ведь замена в  $t = 2$  могла бы быть еще выгоднее. Следовательно, анализ не должен быть ограничен лишь двумя годами, если мы хотим избежать ошибочных решений.

При решении о сроке эксплуатации мы исследовали однократные и многократные инвестиции. В случае с многократными инвестициями мы, кроме того, различали между случаем конечного планово-

го периода с неидентичными цепями инвестиций и случаем бесконечного планового периода с идентичной очередностью инвестиций. В принципе, в ходе принятия решений о замене мы должны проделать то же самое. Но в действительности мы хотели бы ограничиться случаем бесконечного планового периода с идентичными цепями инвестиций. Этот выбор необходимо вкратце обосновать.

**Однократные инвестиции.** При осуществлении однократных инвестиций речь идет о том, что для уже существующих объектов не удастся найти “преемников”. Нам не нужно исследовать эту ситуацию, т. к. здесь нет “подлинной проблемы замены”. И без дальнейших объяснений видно, что эксплуатация старого объекта без “преемника” должна быть закончена тогда, когда временные предельные выигрыши от такой эксплуатации достаточно долго меньше нуля.

**Многократные инвестиции при конечном плановом горизонте.** Здесь речь идет о временном предприятии, которое ликвидируется в момент времени  $\tau$ . Эту ситуацию мы можем анализировать с помощью точно такого же инструментария, который мы описали выше при изучении решений о сроках эксплуатации. Там мы показали, как можно вычислить денежные потоки различных инвестиционных стратегий и после этого определить самую выгодную возможность с помощью “дерева решений” или метода полного перебора. Сейчас проблема состоит лишь в том, чтобы вычислить денежные потоки соответствующих стратегий замены. При этом мы будем, естественно, оперировать данными, которые соответствуют новым оценкам. Но формальный метод расчета оптимальных возможностей из-за этого никак не изменится.

**Многократные инвестиции при бесконечном плановом горизонте.** Проблема инвестора здесь выглядит следующим образом: почему надо бесконечно часто заменять уже существующие объекты на его “преемников”? Критерий принятия решения формулируется так:

*Следует выбирать для замены тот момент времени, в который удастся получить самый большой NPV за счет эксплуатации старых и бесконечно повторяющихся новых объектов.*

Для выведения формулы для замены старого инвестиционного объекта модернизации в момент времени  $t = n$  рекомендуется использовать следующие символы:

- $E(\text{NPV}_n)$  — чистый приведенный доход при замене в момент времени  $t = n$  (ден. ед.);
- $\text{NPV}_n^{\text{стар}}$  — чистый приведенный доход старых проектов при замене в момент времени  $t = n$  (ден. ед.);
- $K(\text{NPV}_n^{\text{нов}})$  — чистый приведенный доход бесконечно длительной цепи идентичных инвестиций последующих проектов при замене в момент времени  $t = n$  (ден. ед.);
- $L_t$  — выручка от ликвидации старого объекта при продаже в момент времени  $t$  (ден. ед.);
- $m$  — оптимальный срок действия последующего проекта (лет);
- $\tilde{z}_t^{\text{стар}}$  — платеж за счет использования старого объекта (без выручки от ликвидации) в момент времени  $t$  (ден. ед.);
- $\tilde{z}_t^{\text{нов}}$  — платеж за счет использования нового объекта (без выручки от ликвидации) в момент времени  $t$  (ден. ед.).

Оптимальным для замены моментом времени является тот момент времени  $n$ , в который зависящий от момента времени замены общий чистый приведенный доход

$$E(\text{NPV}_n) = \text{NPV}_n^{\text{стар}} + K(\text{NPV}_n^{\text{нов}})$$

является максимально возможным. Как мы можем рассчитать этот общий чистый приведенный доход? Для этого рассмотрим сначала чистый приведенный доход старого объекта ( $\text{NPV}_n^{\text{стар}}$ ) и затем чистый приведенный доход последующих проектов ( $K(\text{NPV}_n^{\text{нов}})$ ).

**Чистый приведенный доход старого проекта.** Если мы заменим старый объект в момент времени  $t = 0$ , то его чистый приведенный доход составит

$$\text{NPV}_0^{\text{стар}} = \tilde{z}_0^{\text{стар}} + L_0.$$

Если же мы подождем с заменой до момента времени  $t = n$ , то чистый приведенный доход старого объекта окажется равным

$$\text{NPV}_n^{\text{стар}} = \sum_{t=0}^n \tilde{z}_t^{\text{стар}}(1+i)^{-t} + L_n(1+i)^{-n}.$$

Эту формулу можно применять ко всем моментам времени от  $t = 0$  до  $t = n$ .

**Чистый приведенный доход последующих проектов.** Если мы заменим старый объект сразу, тогда в момент времени  $t = 0$  начнется бесконечная идентичная цепь осуществления новых проектов. Если оптимальный срок эксплуатации последующих проектов составляет  $m$  лет, то чистый приведенный доход цепи окажется равным

$$K(\text{NPV}_0^{\text{нов}}) = \frac{w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}}}{i}.$$

При этом чистый приведенный доход нового проекта составляет

$$\text{NPV}_m^{\text{нов}} = \sum_{t=0}^m z_m^{\text{нов}}(1+i)^{-t}.$$

Если задержать замену до момента времени  $t = n$ , то чистый приведенный доход цепи новых объектов необходимо дисконтировать за  $n$  лет. Тогда

$$K(\text{NPV}_n^{\text{нов}}) = \frac{w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}}}{i(1+i)^n}.$$

**Чистый приведенный доход совокупной альтернативы замены.** Таким образом, общий чистый приведенный доход зависящий от момента времени замены описывается формулой

$$\begin{aligned} E(\text{NPV}_n) &= \text{NPV}_n^{\text{стар}} + K(\text{NPV}_n^{\text{нов}}) = \\ &= \sum_{t=0}^n \tilde{z}_t^{\text{стар}}(1+i)^{-t} + L_n(1+i)^{-n} + \frac{w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}}}{i(1+i)^n}. \end{aligned}$$

Посредством этой формулы мы можем определить оптимальный момент времени замены. Мы должны принимать решения в пользу того момента времени замены  $n$  в который  $E(NPV_n)$  максимальна. Если оптимальным окажется другой момент времени, то сегодня не надо делать замену. Вместо этого мы должны осуществить оценку при очередном исследовании.

**Временной предельный выигрыш одной альтернативы замены.** Для практической работы последняя выведенная формула не очень пригодна. Ее использование связано с затруднениями. По этой причине мы должны искать упрощения техники расчета. Для этой цели мы рассматриваем разницу в чистом приведенном доходе  $\Delta E(NPV_n)$  аналогично тому, как мы это уже один раз осуществляли в ходе принятия решения о сроке эксплуатации объектов, приобретенных при осуществлении однократных инвестиций (параграф 7.2). А какова величина этого зависящего от момента времени замены предельного чистого приведенного дохода  $\Delta E(NPV_n)$ , если мы определим его как разность выгодностей между чистыми приведенными доходами в моменты времени  $n$  и  $n - 1$ ? Она составляет

$$\begin{aligned} \Delta E(NPV_n) &= E(NPV_n) - E(NPV_{n-1}) = \\ &= \sum_{t=0}^n \tilde{z}_t^{\text{стар}} (1+i)^{-t} + L_n (1+i)^{-n} + \frac{w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}}}{i(1+i)^n} - \\ &- \sum_{t=0}^{n-1} \tilde{z}_t^{\text{стар}} (1+i)^{-t} + L_n (1+i)^{-n+1} + \frac{w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}}}{i(1+i)^{n-1}}. \end{aligned}$$

Отсюда после преобразований можно получить, что

$$\Delta E(NPV_n) = (1+i)^{-n} \left( \underbrace{[\tilde{z}_n^{\text{стар}} + L_n - L_n(1+i)]}_{\substack{\text{временной предельный} \\ \text{выигрыш от эксплуатации} \\ \text{старого объекта}}} - \underbrace{w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}}}_{\substack{\text{новый аннуитет} \\ \text{от эксплуатации} \\ \text{нового объекта}}} \right).$$

В квадратной скобке представлено не что иное, как (начисленный методом сложного процента) временной предельный выигрыш от эксплуатации старого объекта (42), а после квадратных скобок — аннуитет от эксплуатации нового объекта:

$$\Delta E(\text{NPV}_n) = (1+i)^{-n} \left( (1+i)^n \Delta \text{NPV}_n^{\text{стар}} - w_{m,i} \text{NPV}_m^{\text{нов}} \right).$$

Ввиду того, что выгодно задержать замену старого объекта до тех пор, пока разность в чистом приведенном доходе  $\Delta E(\text{NPV}_n)$  является положительной, можно сделать следующий вывод:

*Замену уже существующего инвестиционного объекта модернизации не надо осуществлять до тех пор, пока временной предельный выигрыш от его эксплуатации больше среднего выигрыша (аннуитета) от эксплуатации нового объекта.*

Как использовать на практике это правило принятия решения и выведенную формулу для разности чистого приведенного дохода, поясним на следующем примере.

**Пример 60.** Инвестор с бесконечным плановым горизонтом предполагает, что выгодно заменить существующий объект модернизации сразу или не позже следующих четырех лет. Согласно его расчетам эксплуатация старого объекта связана с платежами и выручкой от ликвидации, представленными в табл. 100. Новый объект имеет оптимальный срок эксплуатации, равный 5 годам, и инвестор при этом ориентируется на платежи, показанные в табл. 100. Требуется определить, когда следует заменить старый объект, если расчетная ставка процента составляет 7% годовых.

Таблица 100

Данные для решения проблемы замены (ден. ед.)

Старый объект						
Момент времени $t$	0	1	2	3	4	
$\tilde{z}_t^{\text{стар}}$	1 200	1 050	1 050	900	800	
$L_t$	1 000	750	650	500	300	
Новый объект						
Момент времени $t$	0	1	2	3	4	5
$\tilde{z}_t^{\text{нов}}$	-2 000	1 500	1 200	1 500	1 000	900

Способ решения состоит из следующих трех стадий.

**Временные предельные выигрыши от эксплуатации старого объекта.** Сначала рекомендуется рассчитать временные предельные выигрыши от эксплуатации старого объекта  $((1+i)^n \times \Delta NPV_n^{\text{стар}}$ ). Этот расчет соответствует тому, который был представлен в табл. 93. Используя цифры нашего примера, мы получаем теперь числа, приведенные в табл. 101.

Таблица 101

**Временные предельные выигрыши от эксплуатации старого объекта (ден. ед.)**

$n$	$\tilde{z}_t^{\text{стар}} + L_n$	$L_{n-1}$	$L_{n-1}(1+i)$	$(1+i)^n \Delta NPV_n^{\text{стар}}$
1	1 800	1 000	1 070	730
2	1 700	750	802,5	897,5
3	1 400	650	695,5	704,5
4	1 100	500	535	565

**Аннуитет от эксплуатации нового объекта.** Аннуитет от эксплуатации нового объекта образуется из  $w_{5;7\%} NPV_5^{\text{нов}}$ . Чистый приведенный доход нового объекта составляет

$$NPV_5^{\text{нов}} = -2\,000 + \frac{1\,500}{1,07} + \frac{1\,200}{1,07^2} + \frac{1\,500}{1,07^3} + \frac{1\,000}{1,07^4} + \frac{900}{1,07^5} = 3\,079,03 \text{ (ден. ед.)}.$$

Так как при расчетной ставке процента 7% множитель аннуитета составляет

$$w_{5;7\%} = \frac{0,07 \cdot 1,07^5}{1,07^5 - 1} = 0,24389,$$

аннуитет оказывается равным

$$w_{5;7\%} NPV_5^{\text{нов}} = 0,24389 \cdot 3\,079,03 = 750,95 \text{ (ден. ед.)}.$$



### **Расчет и анализ разности чистого приведенного дохода.**

А теперь можно с легкостью рассчитать в табл. 102 разности чистого приведенного дохода  $\Delta E(NPV_n)$ . Столбец 1 содержит возможности от  $n = 1$  до  $n = 4$ . В столбце 2 представлены временные предельные выигрыши от эксплуатации старого объекта, полученные на первой стадии решения, а в столбце 3 — аннуитеты от эксплуатации нового объекта, полученные на второй стадии решения. В столбце 4 приведены разности чистого приведенного дохода для различных альтернатив момента времени замены, полученные из простой разности между столбцами 2 и 3.

Если бы все величины столбца 4 были отрицательными, то мы могли бы немедленно принять решение: заменить старый инвестиционный объект модернизации сразу (в  $n = 0$ ). В нашем примере мы имеем в момент времени  $n = 2$  положительную величину, так что возникает вопрос: является ли замена в момент времени  $n = 2$  более выгодной, чем немедленная замена? На этот вопрос мы можем ответить лишь после того, как сделаем сравнимыми разности чистого приведенного дохода столбца 4 посредством применения множителя дисконтирования, отраженного в столбце 5. Таким образом, в столбце 6 мы получаем дисконтированные в 0 разности чистого приведенного дохода ( $\Delta E(NPV_n)$ ) и можем сразу рассчитать, что отрицательная разность чистого приведенного дохода для  $n = 1$  более, чем компенсируется положительной разностью чистого приведенного дохода для  $n = 2$ . Следовательно, самое лучшее, что можно порекомендовать инвестору — дальнейшую эксплуатацию старого объекта и — самое позднее, через два года — новый поиск оптимального решения.

## **7.7. Оценка целесообразности замены оборудования**

Проблема замены старого оборудования на новое не может решаться старыми методами, которые использовались в планово-директивной экономике страны. Необходим переход к методикам, более адекватным современным рыночным условиям развивающегося российского рынка капитала. В данном случае основной акцент следует сделать на учет временной стоимости экономических решений, которые кроме того должны учитывать, во-первых, условия

Таблица 102

Зависящие от момента времени замены замены разности чистого приведенного дохода  
(ден. ед.)

Срок замены	Временной предельный выигрыш от эксплуатации старого объекта,	Эквивалентный аннуитет проекта эксплуатации нового объекта,	Разность чистых приведенных доходов замены объекта с процентами за весь срок,	Дисконтный множитель,	Предельный чистый приведенный доход замены объекта,
$n$	$(1+i)^n \Delta NPV_n^{\text{стар}}$	$w_{5,7\%} NPV_5^{\text{нов}}$	$(1+i)^n \Delta E(NPV_n)$	$(1+i)^{-n}$	$\Delta E(NPV_n)$
1	2	3	4	5	6
1	730	750,95	-20,95	0,9346	-19,58
2	897,5	750,95	146,55	0,8734	<b>128,01</b>
3	704,5	750,95	-46,45	0,8163	-37,91
4	565	750,95	-185,95	0,7629	-141,86

российского налогового законодательства, а, во-вторых, инфляцию в высокорисковой экономике России. В этом случае сам процесс принятия решения о необходимости замены старого производственного оборудования на новое должен быть организован в соответствии с современными условиями российского рынка.

Таким образом, в целях анализа целесообразности замены оборудования российской компании следует решить следующие вопросы:

1. Денежные потоки в данной экономической задаче необходимо сформировать с учетом особенностей российского налогового законодательства.

2. В денежных потоках необходимо учесть инфляцию, характерную для современной России.

3. Денежные потоки проекта эксплуатации нового оборудования и проекта замены старого оборудования целесообразно разделить.

4. В проекте эксплуатации нового оборудования необходимо спрогнозировать многократные повторяющиеся инвестиции при бесконечном плановом горизонте (перпетуитет), т. к., во-первых, не известен момент будущей ликвидации предприятия, а, во-вторых, невозможно спрогнозировать проекты ввода в действие новых будущих объектов оборудования, поскольку заранее не известны их будущие улучшенные технические возможности.

5. Проект замены старого оборудования следует оценивать только после оценки проекта эксплуатации нового оборудования, т. е. когда известны будущие денежные потоки цепи инвестиций в новое оборудование.

В результате можем предложить следующую последовательность проведения анализа целесообразности замены оборудования (рис. 62).

Проиллюстрируем методику анализа целесообразности замены оборудования на следующем примере.

**Пример 61.** Металлообрабатывающая компания 10 лет назад купила токарный станок стоимостью 3 млн руб. В момент покупки ожидаемый срок службы станка оценивался в 15 лет. Стоимость станка списывается по методу линейной амортизации. Таким образом, ежегодные амортизационные отчисления составляют 200 тыс. руб., а его нынешняя балансовая стоимость — 1 млн руб.

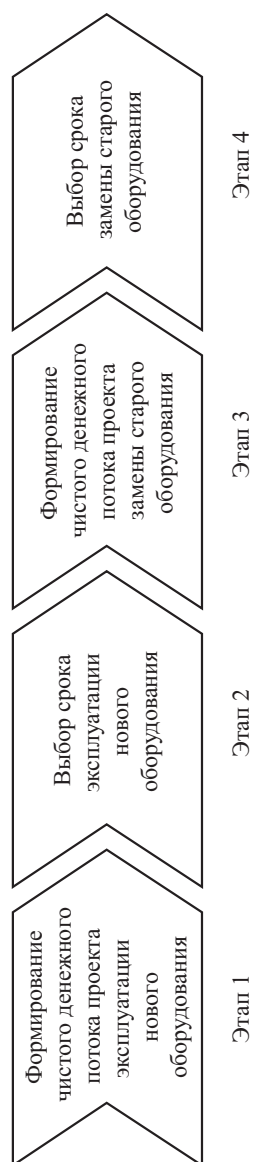


Рис. 62. Этапы проведения анализа целесообразности замены оборудования

Технический директор компании сообщает, что можно купить новый токарный станок за 4 млн руб. (включая транспортировку и установку), который будет уменьшать трудовые и сырьевые затраты настолько, что операционные затраты сократятся с 7 до 4 млн руб. в год. Это уменьшение затрат приведет к увеличению валовой прибыли на  $7 - 4 = 3$  млн руб. При этом, начиная со 2-го года эксплуатации станка, появятся затраты на его техническое обслуживание и ремонт, которые каждый год будут снижать увеличение валовой прибыли на 10%.

По оценкам компании, прогнозная ликвидационная стоимость нового станка будет снижаться на 40% в год. Реальная рыночная стоимость старого станка в настоящее время равна 281 568 руб., которая также будет снижаться на 40% в год. В случае приобретения нового оборудования старое целесообразно продать. Проект замены оборудования является проектом средней степени риска. Потребность в чистом оборотном капитале (дополнительных оборотных средствах за вычетом прироста кредиторской задолженности, NWC) составит 1 млн руб. на момент замены. Для этого его можно изъять из работы старого оборудования. Новый станок планируется амортизировать за 5 лет нелинейным методом. Средневзвешенная цена капитала компании составляет 35% в год. Прогнозируемый годовой темп инфляции — 25%.

### **Этап 1 — Формирование чистого денежного потока проекта эксплуатации нового оборудования**

В табл. 103 представлен алгоритм формирования чистого денежного потока проекта эксплуатации нового оборудования. Здесь и далее рассчитывается дифференциальный (приростный) денежный поток, т. е. денежный выигрыш проекта эксплуатации нового оборудования по сравнению с проектом замены старого оборудования. При этом на данном этапе пока рассчитывается номинальный денежный поток, т. е. без учета инфляции.

Приведем построчное описание таблицы.

*Строка 1* — «Цена нового оборудования» ( $P^{\text{нов}}$ ). Отражает покупную цену нового оборудования, включая все расходы на установку и транспортировку.

Таблица 103

Формирование чистого денежного потока проекта эксплуатации нового оборудования (руб.)

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
1. $P^{\text{нов}}$	-4 000 000					
2. $\Delta NWC$	-1 000 000					
3. $z_0^{\text{нов}}$	-5 000 000					
4. $\Delta C(1 - T)$		2 400 000	2 160 000	1 944 000	1 749 600	1 574 640
5. $D^{\text{нов}}$		1 996 802	999 997	500 799	250 799	251 603
6. $D^{\text{стар}}$		200 000	200 000	200 000	200 000	200 000
7. $\Delta D$		1 796 802	799 997	300 799	50 799	51 603
8. $\Delta D \cdot T$		359 360	159 999	60 160	10 160	10 321
9. $z_t^{\text{нов}}$		2 759 360	2 319 999	2 004 160	1 759 760	1 584 961
10. $L^{\text{нов}}$	4 000 000	2 400 000	1 440 000	864 000	518 400	311 040
11. $B^{\text{нов}}$	4 000 000	2 003 198	1 003 201	502 402	251 603	
12. Tax		-79 360	-87 360	-72 320	-53 359	-62 208
13. $\Delta NWC$	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
14. $L_t^{\text{нов}}$	1 000 000	3 320 640	2 352 640	1 791 680	1 465 041	1 248 832

Окончание табл. 103

	Год 6	Год 7	Год 8	Год 9	Год 10
1. $P^{\text{нов}}$					
2. $\Delta \text{NWC}$					
3. $z_0^{\text{нов}}$					
4. $\Delta C(1 - T)$	1 417 176	1 275 458	1 147 913	1 033 121	929 809
5. $D^{\text{нов}}$					
6. $D^{\text{стар}}$					
7. $\Delta D$					
8. $\Delta D \cdot T$					
9. $z_t^{\text{нов}}$	1 417 176	1 275 458	1 147 913	1 033 121	929 809
10. $L^{\text{нов}}$	186 624	111 974	67 185	40 311	24 186
11. $B^{\text{нов}}$					
12. Tax	-37 325	-22 395	-13 437	-8 062	-4 837
13. $\Delta \text{NWC}$	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
14. $L_t^{\text{нов}}$	1 149 299	1 089 579	1 053 748	1 032 249	1 019 349

*Строка 2* — “Увеличение чистого оборотного капитала” ( $\Delta NWC$ ). Здесь показаны инвестиции на увеличение NWC. Они будут возмещены в конце срока действия проекта. Никаких налоговых выплат не производится.

*Строка 3* — “Все инвестиции” ( $\bar{z}_0^{\text{нов}}$ ). Здесь показан суммарный отток денежных средств в момент начала эксплуатации нового оборудования. Компания оплачивает его покупку, транспортировку и установку на общую сумму 4 млн руб., и еще 1 млн руб. вкладывается в NWC.

*Строка 4* — “Снижение расходов с учетом налогов” ( $\Delta C(1-T)$ ). В результате замены оборудования снижаются операционные затраты на 3 млн руб. в год, т. е. уменьшается отток денежных средств. Но, начиная со 2-го года эксплуатации станка, появляются затраты на его техническое обслуживание и ремонт, которые каждый год будут снижать экономию операционных затрат на 10%. При этом необходимо учесть налог, уплачиваемый с прироста сальдо денежного потока. Таким образом, чистый прирост денежных средств в 1-й год составит  $3\,000\,000(1-T) = 3\,000\,000(1-0,2) = 2\,400\,000$  (руб.), а в последующие годы он будет снижаться на 10% ежегодно.

*Строка 5* — “Амортизация нового оборудования” ( $D^{\text{нов}}$ ). Поскольку срок полезного использования нового станка в компании устанавливается равным 5 годам, данное амортизируемое имущество согласно главы 25 НК РФ попадает в третью амортизационную группу, к которой при использовании нелинейного метода амортизации применяется норма амортизации — 5,6% в месяц. Тогда балансовая стоимость оборудования через год составит  $4\,000\,000(1 - 0,056)^{12} = 2\,003\,198$  (руб.), а амортизация за год —  $4\,000\,000 - 2\,003\,198 = 1\,996\,802$  (руб.). Аналогично можно рассчитать амортизацию в следующие 4 года.

*Строка 6* — “Амортизация старого оборудования” ( $D^{\text{стар}}$ ). Старый станок 10 лет назад был поставлен на баланс по цене 3 млн руб. Срок его полезного использования был установлен равным 15 годам. Амортизация линейная, поэтому в ближайшие 5 лет ежегодные амортизационные отчисления составляют 200 тыс. руб.

*Строка 7* — “Изменения в амортизационных отчислениях” ( $\Delta D$ ). Сальдо амортизационных отчислений для нового и старого



оборудования (строка 5 минус строка 6) варьирует по годам ввиду разных методов амортизации.

*Строка 8* — “Экономия на налогах” ( $\Delta D \cdot T$ ). Изменение в амортизационных отчислениях приводит к экономии на налогах, которая равна произведению изменения амортизационных отчислений  $\Delta D$  на налоговую ставку  $T$ . Например, для 1-го года это составит  $1\,796\,802 \cdot 0,2 = 359\,360$  (руб.).

*Строка 9* — “Чистый денежный поток от инвестиции” ( $\tilde{z}_t^{\text{нов}}$ ). Здесь приведены сальдо операционных денежных потоков по годам анализируемого периода, которые получаются суммированием данных строк 4 и 8.

*Строка 10* — “Ликвидационная стоимость нового оборудования” ( $L^{\text{нов}}$ ). По оценкам компании, прогнозная ликвидационная стоимость нового станка будет снижаться на 40% в год. При этом прогнозируется снижение его реальной рыночной стоимости лишь на 25%. Но для того, чтобы перейти к номинальному денежному потоку, т. е. очищенному от инфляции, необходимо разделить реальную рыночную стоимость на 1,25, т. к. прогнозируемый годовой темп инфляции составляет 25%. Таким образом, получаем коэффициент снижения прогнозной ликвидационной стоимости, равный  $(1 - 0,25) : 1,25 = 0,6$ , что составляет снижение на 40% в год. Этот результат можно трактовать как снижение производственной (технологической) ценности оборудования, состоящей из его физического износа и морального старения.

*Строка 11* — “Балансовая стоимость нового оборудования” ( $B^{\text{нов}}$ ). Вычисление данной величины был приведено выше в пояснении к строке 5.

*Строка 12* — “Налог на доход от ликвидации нового оборудования” (Tax). Данная величина рассчитывается с разности ликвидационной и балансовой стоимости и составляет, например, в 1-й год  $(2\,400\,000 - 2\,003\,198)0,2 = 79\,360$  (руб.). Полученная цифра представляет собой отток средств, поэтому показывается в строке 12 со знаком минус.

*Строка 13* — “Возмещение чистого оборотного капитала” ( $\Delta NWC$ ). Вложение 1 млн руб. в NWC было показано как отток денежных средств в момент  $t = 0$ . Эта сумма, а также ликвидацион-

ная стоимость нового оборудования будут возмещены в конце срока эксплуатации нового оборудования, оптимальное значение которого пока еще не известно. Дебиторская задолженность будет погашена, товарно-материальные запасы не требуют возобновления — это приводит в приросту денежных средств в размере 1 млн руб. в момент завершения проекта эксплуатации нового оборудования.

*Строка 14 — “Чистый денежный поток от ликвидации” ( $L_t^{\text{нов}}$ ).* Здесь показано сальдо денежного потока с учетом всех операций по завершению проекта. Оно вычисляется как сумма строк 10, 12 и 13.

Заметим, что включение возмещения NWC в чистую ликвидационную стоимость оборудования является принципиальным отличием представленной нами методики от классического подхода к оценке чистой ликвидационной стоимости. Это сделано с целью полностью изолировать чистый инвестиционный денежный поток от всех операций по завершению проекта.

## **Этап 2 — Выбор срока эксплуатации нового оборудования**

На основе данных табл. 103 можно рассчитать общий чистый денежный поток, который получается как сумма строк 3, 9 и 14 и варьирует для разных сроков эксплуатации нового оборудования. Результаты представлены в табл. 104.

Выбрать оптимальный срок эксплуатации нового оборудования можно двумя различными способами:

1. Можно рассматривать проект эксплуатации нового оборудования как однократную инвестицию. Но тогда в этом случае исключается оценка возможности замены в будущем уже нового оборудования, т. к. при таком варианте расчета вообще не имеет значения, будет в будущем заменяться новое оборудование или нет.

2. Можно рассматривать проект эксплуатации нового оборудования как многократную инвестицию. При таком варианте расчета уже учитывается оценка возможности замены в будущем уже нового оборудования. Однако в проекте эксплуатации нового оборудования необходимо прогнозировать многократные повторяющиеся инвестиции при бесконечном плановом горизонте (перпетуитет), т. к.,

Таблица 104

**Общий чистый денежный поток при разных сроках  
эксплуатации нового оборудования (руб.)**

<i>n</i>	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
1	-5 000 000	6 080 000				
2	-5 000 000	2 759 360	4 672 639			
3	-5 000 000	2 759 360	2 319 999	3 795 840		
4	-5 000 000	2 759 360	2 319 999	2 004 160	3 224 801	
5	-5 000 000	2 759 360	2 319 999	2 004 160	1 759 760	2 833 793
6	-5 000 000	2 759 360	2 319 999	2 004 160	1 759 760	1 584 961
7	-5 000 000	2 759 360	2 319 999	2 004 160	1 759 760	1 584 961
8	-5 000 000	2 759 360	2 319 999	2 004 160	1 759 760	1 584 961
9	-5 000 000	2 759 360	2 319 999	2 004 160	1 759 760	1 584 961
10	-5 000 000	2 759 360	2 319 999	2 004 160	1 759 760	1 584 961

Окончание табл. 104

<i>n</i>	Год 6	Год 7	Год 8	Год 9	Год 10
1					
2					
3					
4					
5					
6	2 566 475				
7	1 417 176	2 365 037			
8	1 417 176	1 275 458	2 201 661		
9	1 417 176	1 275 458	1 147 913	2 065 370	
10	1 417 176	1 275 458	1 147 913	1 033 121	1 949 158

во-первых, не известен момент будущей ликвидации предприятия, а, во-вторых, невозможно спрогнозировать проекты ввода в действие новых будущих объектов оборудования, поскольку заранее не известны их будущие технические возможности.

Таким образом, выбирая второй способ расчета оптимального срока эксплуатации нового оборудования, предполагаем, что изобретенные в будущем новые токарные станки подобного производственного профиля будут иметь технические характеристики по крайней мере не хуже того, который внедряется сейчас в производство.

В этом случае следует применять метод эквивалентного аннуитета, в котором критерий принятия решения выглядит следующим образом:

*Необходимо реализовать бесконечную идентичную цепь инвестиций с теми отдельными сроками эксплуатации, которые обеспечивают самый большой положительный чистый приведенный доход.*

В параграфе 7.5 была получена формула расчета чистого приведенного дохода бесконечной идентичной цепи инвестиций:

$$K(\text{NPV}_n) = \frac{w_{n;i} \cdot \text{NPV}_n}{i}, \quad (44)$$

где  $w_{n;i}$  — множитель аннуитета, вычисляемый по формуле

$$w_{n;i} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1};$$

$\text{NPV}_n$  — чистый приведенный доход проекта сроком  $n$  лет (руб.);  
 $i$  — годовая ставка дисконта (цена капитала) (%).

Таким образом, числитель формулы (43) представляет собой эквивалентный аннуитет, который дисконтируется в итоге как perpetuitet, т. е. вечная рента.

Чтобы воспользоваться формулой (43), необходимо вычислить сначала годовую цену капитала  $i$  для анализируемой компании. Ранее нами указывалось, что средневзвешенная цена капитала компании составляет 35% в год, а прогнозируемый годовой темп инфляции — 25%. Поскольку для проекта эксплуатации нового оборудования мы рассчитывали в табл. 104 и 105 номинальный чистый денежный поток, необходимо в дальнейшем учесть темп инфляции. Это позволяет сделать формула Фишера:

Таблица 105

Расчет чистых приведенных доходов бесконечных идентичных целей  
инвестиций (руб.)

Срок эксплуатации станка, $n$	Чистый приведенный доход проекта, $NPV_n$	Значение множителя аннуитета, $w_n, 8\%$	Эквивалентный аннуитет проекта, $w_n, 8\% NPV_n$	Чистый приведенный доход цели, $K(NPV_n)$
1	629 630	1,08	680 000	8 500 000
2	1 560 998	0,560769	875 359	10 941 988
3	2 557 248	0,388034	992 299	12 403 740
4	3 505 280	0,301921	1 058 318	13 228 975
5	4 357 063	0,250456	1 091 253	13 640 663
6	5 124 444	0,216315	1 108 494	13 856 175
7	5 814 196	0,192072	<b>1 116 744</b>	<b>13 959 300</b>
8	6 367 926	0,174015	1 108 115	13 851 438
9	6 831 818	0,16008	1 093 637	13 670 463
10	7 218 274	0,149029	1 075 732	13 446 650

$$i = \frac{1+r}{1+h} - 1, \quad (45)$$

где  $i$  — реальная ставка (%);  
 $r$  — номинальная ставка (%);  
 $h$  — темп инфляции (%).

Подставляя наши данные в формулу (44), получаем, что реальная цена капитала компании

$$i = \frac{1+0,35}{1+0,25} - 1 = 0,08,$$

т. е. 8% годовых.

Дисконтируя по найденной ставке общий чистый денежный поток при разных сроках эксплуатации нового оборудования, отраженный в строках табл. 104, можно в итоге по формуле (43) вычислить чистый приведенный доход бесконечной идентичной цепи инвестиций ( $K(NPV_n)$ ) для каждого срока эксплуатации оборудования. Это сделано в табл. 105.

Как показывают данные табл. 105, наибольший чистый приведенный доход бесконечной идентичной цепи инвестиций ( $K(NPV_n)$ ) получается в случае, когда проект эксплуатации нового оборудования повторяется каждые 7 лет. Если не выполнять подобных расчетов, а принимать решение только на основе результатов критерия  $NPV_n$ , то можно прийти к ошибочному выводу, что новое оборудование следует эксплуатировать как можно дольше.

Таким образом, на данном этапе получили важный для дальнейшего анализа вывод, что оптимальный срок эксплуатации нового оборудования — 7 лет.

### **Этап 3 — Формирование чистого денежного потока проекта замены старого оборудования**

В табл. 106 представлен алгоритм формирования чистого денежного потока проекта замены старого оборудования. Здесь, как и в табл. 103, рассчитывается дифференциальный (приростный) денежный поток, т. е. денежный выигрыш от введенного 10 лет назад в эксплуатацию оборудования по сравнению с использовавшимся до

Таблица 106

**Формирование чистого денежного потока проекта замены старого оборудования (руб.)**

	Год -1	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
1. $z_t^{\text{стар}}$		1 500 000	1 350 000	1 215 000	1 093 500	984 150	885 735
2. $L_t^{\text{стар}}$	281 568	1 68 941	101 364	60 819	36 491	21 895	13 137
3. $B_t^{\text{стар}}$	1 200 000	1 000 000	800 000	600 000	400 000	200 000	
4. Тах	183 686	166 212	139 727	107 836	75 621	35 621	-2 627
5. $\Delta NWC$	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
6. $L_t^{\text{стар}}$	1 465 254	1 335 153	1 241 091	1 168 655	1 112 112	1 057 516	1 010 510



этого. В табл. 106 также рассчитывается номинальный денежный поток, т. е. без учета инфляции.

Приведем построчное описание таблицы.

*Строка 1* — “Чистый денежный поток от инвестиции” ( $\tilde{z}_t^{\text{стар}}$ ). Здесь приведены сальдо операционных денежных потоков старого оборудования по годам анализируемого периода, которые каждый год уменьшаются на 10%.

*Строка 2* — “Ликвидационная стоимость старого оборудования” ( $L^{\text{стар}}$ ). По оценкам компании, в настоящий момент, т. е. в  $t = 0$ , текущая рыночная стоимость старого оборудования составляет 168 941 руб., а его прогнозная ликвидационная стоимость будет снижаться на 40% в год.

*Строка 3* — “Балансовая стоимость старого оборудования” ( $B^{\text{стар}}$ ). Старый станок 10 лет назад был поставлен на баланс по цене 3 млн руб. Срок его полезного использования был установлен равным 15 годам. Амортизация линейная, поэтому ежегодные амортизационные отчисления составляют 200 тыс. руб. Тогда текущая балансовая стоимость технологической линии равна  $3\,000\,000 - 200\,000 \times 10 = 1\,000\,000$  (руб.).

*Строка 4* — “Налог на доход от ликвидации старого оборудования” (Tax). Данная величина рассчитывается с разности ликвидационной и балансовой стоимости и составляет, например, в текущем году сумму  $(168\,941 - 1\,000\,000)0,2 = -166\,212$  (руб.), что является для компании экономией на налогах величиной 166 212 руб.

*Строка 5* — “Возмещение чистого оборотного капитала” ( $\Delta\text{NWC}$ ). На момент замены из работы старого оборудования изымается чистый оборотный капитал (NWC) величиной 1 млн руб. и направляется в работу нового оборудования. При этом оптимальное значение срока замены оборудования пока еще не известно.

*Строка 6* — “Чистый денежный поток от ликвидации” ( $L_t^{\text{стар}}$ ). Здесь показано сальдо денежного потока с учетом всех операций по завершению проекта замены старого оборудования. Оно вычисляется как сумма строк 2, 4 и 5.

## Этап 4 — Выбор срока замены старого оборудования

Старый станок можно заменить на новый либо сейчас, либо несколько позже, например, через несколько лет. Чтобы вычислить оптимальный срок замены, можно использовать следующий подход.

В параграфе 7.6 была получена формула расчета зависящего от момента времени предельного чистого приведенного дохода замены оборудования:

$$\begin{aligned} \Delta E(\text{NPV}_n) &= E(\text{NPV}_n) - E(\text{NPV}_{n-1}) = \\ &= (1+i)^{-n} \left( \underbrace{[\tilde{z}_n^{\text{стар}} + L_n - L_n(1+i)]}_{\substack{\text{временной предельный} \\ \text{выигрыш от эксплуатации} \\ \text{старого объекта}}} - \underbrace{w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}}}_{\substack{\text{новый аннуитет} \\ \text{от эксплуатации} \\ \text{нового объекта}}} \right) = \quad (46) \\ &= (1+i)^{-n} \left( (1+i)^n \Delta \text{NPV}_n^{\text{стар}} - w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}} \right), \end{aligned}$$

где  $E(\text{NPV}_n)$  и  $E(\text{NPV}_{n-1})$  — чистые приведенные доходы при замене в моменты времени  $n$  и  $n-1$  (руб.);

$\tilde{z}_n^{\text{стар}}$  — чистый инвестиционный денежный поток старого оборудования (без выручки от ликвидации) в момент времени  $n$  (руб.);

$L_n^{\text{стар}}$  и  $L_{n-1}^{\text{стар}}$  — чистые денежные потоки от ликвидации старого оборудования в моменты времени  $n$  и  $n-1$  (руб.);

$m$  — оптимальный срок эксплуатации нового оборудования (лет);

$\Delta \text{NPV}_n^{\text{стар}} = \text{NPV}_n^{\text{стар}} - \text{NPV}_{n-1}^{\text{стар}}$  — изменение чистого приведенного дохода при переходе от срока эксплуатации старого оборудования, равного  $n$  лет, к сроку, равному  $n-1$  год (руб.).

Ввиду того, что выгодно задержать замену старого оборудования до тех пор, пока разность чистых приведенных доходов  $E(\text{NPV}_n)$  и  $E(\text{NPV}_{n-1})$  является положительной, можно сформулировать следующий критерий принятия решения:

*Замену старого оборудования не надо осуществлять до тех пор, пока временной предельный выигрыш от его эксплуатации больше среднего выигрыша (эквивалентного аннуитета) от эксплуатации нового оборудования.*

Расчет величины  $\Delta E(\text{NPV}_n)$  по формуле (45) для разных сроков замены старого оборудования представлен в табл. 107. Для этого

Таблица 107

Расчет предельных чистых приведенных доходов замены оборудования (руб.)

Срок замены станка,	Общий чистый денежный поток проекта замены старого станка, $z_n^{\text{стар}} + L_n^{\text{стар}}$	Чистый денежный поток от ликвидации старого станка в предстоящем году, $L_{n-1}^{\text{стар}}$	Чистый денежный поток от ликвидации старого станка с процентами за год, $L_{n-1}^{\text{стар}}(1+i)$	Временной предельный выигрыш от эксплуатации старого станка, $(1+i)^n \Delta \text{NPV}_n^{\text{стар}}$
0	2 835 153	1 465 254	1 582 474	1 252 679
1	2 591 091	1 335 153	1 441 965	1 149 126
2	2 383 655	1 241 091	1 340 378	1 043 277
3	2 205 612	1 168 655	1 262 147	943 465
4	2 041 666	1 112 112	1 201 081	840 585
5	1 896 245	1 057 516	1 142 117	754 128

Окончание табл. 107

Срок замены старого станка, $n$	Эквивалентный аннуитет проекта эксплуатации нового станка, $w_{7,8\%} \cdot NPV_7^{нов}$	Разность чистых приведенных доходов замены станка с процентами за весь срок, $(1+i)^n \Delta E(NPV_n)$	Дисконтный множитель, $(1+i)^{-n}$	Предельный чистый приведенный доход замены станка, $\Delta E(NPV_n)$
0	1116744	135935	1	135935
1	1116744	32382	0,925926	<b>29983</b>
2	1116744	-73467	0,857339	-62986
3	1116744	-173279	0,798832	-137554
4	1116744	-276159	0,73503	-202985
5	1116744	-362616	0,680583	-246790

используются данные табл. 106 и результаты этапа 2 “Выбор срока эксплуатации нового оборудования”.

Результаты табл. 107 показывают, что предельный чистый приведенный доход замены старого станка на новый положителен до 1-го года включительно. Это означает, что замену станка выгоднее произвести не сейчас, а лишь через год.

Таким образом, получили, что для металлообрабатывающей компании наиболее выгодным вариантом модернизации (технического перевооружения) производства является замена старого станка на новый через год при условии периодической замены в будущем нового станка как минимум на такой же каждые 7 лет.

В заключение сформулируем наиболее важные выводы:

1. В современных условиях российской экономики существует реальная необходимость в создании методики анализа целесообразности замены оборудования, которая учитывала бы особенности деятельности российских компаний.

2. Денежные потоки в данной задаче необходимо формировать с учетом особенностей российского налогового законодательства.

3. В денежных потоках необходимо учитывать инфляцию, характерную для современной России. Для этого можно сначала рассчитывать номинальные потоки, а затем использовать формулу Фишера для вычисления реальной цены капитала компании.

4. В качестве денежных потоков проекта эксплуатации нового оборудования и проекта замены старого оборудования удобнее использовать дифференциальные (приростные) потоки, которые для проектов целесообразно разделять.

5. В проекте эксплуатации нового оборудования необходимо прогнозировать многократные повторяющиеся инвестиции при бесконечном плановом горизонте (перпетуитет), т. к., во-первых, не известен момент будущей ликвидации предприятия, а, во-вторых, невозможно спрогнозировать проекты ввода в действие новых будущих объектов оборудования, поскольку заранее не известны их будущие технические возможности.

6. Проект замены старого оборудования следует оценивать только после оценки проекта эксплуатации нового оборудования, т. е. когда известны денежные потоки цепи инвестиций в новое оборудование.

7. Для рассматриваемой металлообрабатывающей компании наиболее выгодным вариантом модернизации (технического перевооружения) производства является замена старого токарного станка на новый через год при условии периодической замены в будущем нового станка как минимум на такой же каждые 7 лет. Дополнительное условие обусловлено предположением, что изобретенные в будущем новые токарные станки подобного производственного профиля будут иметь технические характеристики по крайней мере не хуже того, который через год будет внедряться в производство.

### **7.8. Механизм постепенного обновления парка оборудования**

Представленная в предыдущем параграфе методика может быть применена как для оценки целесообразности замены одной единицы оборудования, так и для обновления всего парка оборудования предприятия. Однако в практике ведения бизнеса достаточно часто бывают ситуации, когда для одновременной замены всего парка оборудования недостаточно средств. В таком случае необходимо создание экономического механизма, который позволял бы постепенно обновлять различные единицы оборудования с наибольшей экономической выгодой для предприятия.

Для бесперебойной работы оборудования в таком режиме следует периодически проводить капитальные ремонты всего оборудования с заменой вышедших из строя машин на новые модели. Проводить капитальный ремонт данных машин нецелесообразно, во-первых, по причине их значительного технического износа и, во-вторых, по причине их более дорогого капитального ремонта по сравнению с другими. При этом заменять такие машины на новые устаревшие модели неразумно, т. к. это приведет к техническому отставанию производства от потребностей рынка потребителей продукции.

Чтобы решить указанную проблему, можно усовершенствовать *модель предупредительного и восстановительного ремонтов оборудования* М. Старра. Данная модель считается фундаментальной при сопоставлении стратегий предупредительного и восстановительного текущих ремонтов. Она рекомендует производить капитальный

и текущий ремонт на основе календарного расписания или ждать выхода оборудования из строя. Ответ на этот вопрос, естественно, зависит от особенностей оборудования и соответствующих затрат. Опишем данную модель.

Пусть  $M$  — число одинаковых машин, используемых в определенном производственном процессе;  $K_1$  — стоимость предупредительного ремонта одной машины;  $K_2$  — средняя стоимость устранения одного ее отказа; (Можно считать, что  $K_1 < K_2$ , ибо в противном случае предупредительный ремонт производить не следует.)  $p_r$  — вероятность того, что отказ машины возникнет в месяце  $r$  после предыдущего ремонта ( $r \geq 1$ ).

Вычислим затраты на предупредительный ремонт и устранение отказа ( $S_r$ ) для случая, когда применяется такой порядок текущего ремонта, при котором предупредительный ремонт запланирован в конце каждого  $r$ -го месяца. Тогда все  $M$  машин будут обслужены в порядке предупредительного ремонта при затратах  $K_1$ . В то же время при каждом случайном отказе машины потребуются израсходовать сумму  $K_2$ . Следовательно, если обозначить через  $F_r$  общее среднее число отказов машины в течение  $r$  месяцев, то

$$S_r = K_1 M + K_2 F_r, \quad r \geq 1.$$

Величины  $F_1$  и  $F_r$ , когда  $r \geq 2$ , согласно модели М. Старра находятся по формулам

$$F_1 = M p_1, \tag{47}$$

$$F_r = (-1)^{r-1} M \begin{vmatrix} -1 & 0 & \cdots & 0 & p_1 \\ p_1 & -1 & \cdots & 0 & p_1 + p_2 \\ p_2 & p_1 & \cdots & 0 & p_1 + p_2 + p_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{r-2} & p_{r-3} & \cdots & -1 & p_1 + p_2 + \cdots + p_{r-1} \\ p_{r-1} & p_{r-2} & \cdots & p_1 & p_1 + p_2 + \cdots + p_r \end{vmatrix}, \tag{48}$$

где  $r \geq 2$ .

После нахождения величин  $F_1$  и  $F_r$ , когда  $r \geq 2$ , по формулам (46) и (47) могут быть найдены общие суммы затрат за  $r$  месяцев. Для вычисления суммы среднемесячных расходов рассматрива-

ем величины  $S_r/r$ . Найдя наименьшую из них, получим оптимальную периодичность предупредительного ремонта. Например, если минимальные среднемесячные расходы составляют  $S_3/3$ , то периодичность предупредительного ремонта равна трем месяцам.

В настоящее время серьезным недостатком этой модели является то, что она не учитывает временную стоимость денег. Чтобы решить эту проблему, необходимо вычислять не среднемесячные расходы  $S_r/r$ , а современную стоимость будущих расходов  $S_r$  в настоящий момент времени ( $PV(S_r)$ ).

Кроме того, вместо предупредительного ремонта будем рассматривать капитальный ремонт, а вместо восстановительного ремонта — приобретение машины новой модели взамен вышедшей из строя. Таким образом,  $K_1$  это будет стоимость капитального ремонта одной машины, а  $K_2$  — стоимость устранения одного ее отказа, т. е. замены на новую модель.

Современную стоимость будущих затрат на капитальный ремонт и устранение отказа можно оценить для 2-х различных случаев.

1. *Капитальный ремонт и замена в году  $n$ :*

$$PV(S_n) = (K_1M + K_2F_n)(1 + i)^{-n}, \quad (49)$$

где  $i$  — годовая ставка дисконта (цена капитала) (%).

2. *Капитальный ремонт и замена в месяце  $r$ :*

$$PV(S_r) = (K_1M + K_2F_r)(1 + i_r)^{-r},$$

где  $i_r = \sqrt[r]{1 + i} - 1$  — ставка дисконта (цена капитала) за месяц (%).

**Пример 61** (продолжение). Металлообрабатывающая компания 10 лет назад купила 10 одинаковых токарных станков стоимостью 3 млн руб. каждый. В настоящее время можно купить подобный токарный станок новой модели за 4 млн руб. (включая транспортировку и установку). Однако из-за ограниченных финансовых возможностей компания рассматривает вариант постепенного обновления парка оборудования. В настоящий момент капитальный ремонт одного старого станка обойдется в 2 млн руб. Реальная цена капитала компании, рассчитанная по формуле Фишера, равна 8% годовых.

Заметим, что в данном случае не следует учитывать в общей величине инвестиций в новый станок потребность в чистом оборотном



капитала (NWC), поскольку при замене старого станка на новый этот капитал можно изъять из работы старого станка в таком же объеме. А разделять денежные потоки по проекту эксплуатации нового оборудования и проекту замены старого оборудования нет необходимости, потому что замена старого станка на новый не является инвестиционным проектом — старый станок в момент отказа в любом случае заменяется на новый.

Из технических характеристик старого оборудования известно, что вероятность отказа одного станка за год составляет  $p_1 = 0,01$ . Тогда, полагая бесперебойную работу станка в году  $n$  как прямое событие  $A_n$ , а его отказ как противоположное событие  $\bar{A}_n$ , обозначим их вероятности как  $P(A_n)$  и  $P(\bar{A}_n) = p_n$ . При этом в нашем случае  $P(A_n) = 0,99^n$ , а  $p_n = P(\bar{A}_n) = 1 - 0,99^n$ . Вычисляя эти вероятности за период в 7 лет, получаем данные табл. 108.

Таблица 108

**Расчет вероятностей бесперебойной работы  
и отказа станка**

Год, $n$	Вероятность бесперебойной работы, $P(A_n)$	Вероятность отказа, $p_n = P(\bar{A}_n)$
1	0,99	0,01
2	0,9801	0,0199
3	0,970299	0,029701
4	0,960596	0,039404
5	0,95099	0,04901
6	0,94148	0,05852
7	0,932065	0,067935

По формулам (46) и (47) можно найти значения  $F_1$  и  $F_n$ , когда  $n \geq 2$ . Так, например, в 3-м году

$$F_3 = M \begin{vmatrix} -1 & 0 & p_1 \\ p_1 & -1 & p_1 + p_2 \\ p_2 & p_1 & p_1 + p_2 + p_3 \end{vmatrix} =$$

$$= 10 \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0,01 \\ 0,01 & -1 & 0,0299 \\ 0,0199 & 0,01 & 0,059601 \end{vmatrix} = 0,601.$$

Определитель 3-го порядка в пакете *Matlab* вычисляется следующим образом:

```
>> M=[-1 0 0.01; 0.01 -1 0.0299; 0.0199 0.01 0.059601];
>> det(M)
ans =
    0.0601
```

Рассчитывая подобным образом все значения  $F_n$  и подставляя их в формулу затрат в  $n$ -м году

$$S_n = K_1 M + K_2 F_n,$$

вычисляем затем по формуле (48) современную стоимость затрат на капитальный ремонт и устранение отказа для каждого года в табл. 109.

Таблица 109

**Расчет современных стоимостей затрат на капитальный ремонт и устранение отказа (млн руб.)**

Год, $n$	Среднее число отказов станка, $F_n$	Затраты на кап. ремонт и устранение отказа, $S_n$	Дисконтный множитель, $(1+i)^{-n}$	Современная стоимость затрат, $PV(S_n)$
1	0,1	20,4	0,925926	18,889
2	0,3	21,2	0,857339	18,176
3	0,601	22,404	0,793832	17,785
4	1,005	24,02	0,73503	<b>17,655</b>
5	1,515	26,06	0,680583	17,736
6	2,135	28,54	0,63017	17,985
7	2,87	31,48	0,58349	18,368

Как показывают данные табл. 109, наименьшая современная стоимость затрат на капитальный ремонт всего парка оборудования (токарных станков) и устранение отказа одного станка, т. е. его замены на новую модель, получается в случае проведения капитального ремонта всего парка оборудования каждые 4 года. Такая стратегия постепенного обновления парка оборудования позволит получить металлообрабатывающей компании наибольшую финансовую выгоду.

Однако подобный процесс постепенного обновления может серьезно затянуться, поэтому в будущем необходимо перейти на другую систему замены оборудования, например, на описанную в предыдущем параграфе.

## 7.9. Задачи

### Задача 1

Плановый период инвестора составляет 7 лет. Он владеет сегодня ликвидными средствами величиной 1 200 ден. ед. и намерен максимизировать свое остаточное имущество при постоянных изъятиях 40 ден. ед. Он хочет выбрать проект модернизации оборудования, оптимальный срок действия которого нужно определять.

Инвестиция в проект приводит к единовременному оттоку средств в сумме 2 000 ден. ед. Далее в последующих годах ожидаются постоянные поступления ежегодно по 700 ден. ед. В момент времени  $t = 2$  впервые возникает необходимость выплат за ремонт величиной 100 ден. ед. Эти выплаты увеличиваются каждый год на 100 ден. ед. Наконец, предполагается, что выручка от ликвидации в случае продажи активов проекта ежегодно снижается на 20%.

1. Чему равны денежные потоки альтернатив решения?
2. Рынок капитала является несовершенным, причем проценты по заимствованию составляют 12% годовых, а проценты по инвестированию — 7% годовых. Какой срок эксплуатации самый лучший?
3. Рынок капитала является совершенным, а расчетная ставка составляет 10% годовых. Какой срок эксплуатации теперь оптимален?
4. Какова величина временного предельного выигрыша в момент времени  $n = 3$ , и что означает эта цифра?

5. Плановый период инвестора бесконечен. Рынок капитала является совершенным (расчетная ставка равна 10% годовых), и инвестор планирует бесконечно повторять этот проект. Какой срок эксплуатации в этом случае оптимален?

**Р е ш е н и е**

1. Сначала нам необходимо определить платежи без учета значений выручки от ликвидации (табл. 110). Выручка от ликвидации в момент времени  $t$  в рамках этой задачи равна  $L_t = 2000 \cdot 0,8^t$ . В совокупности существует 8 альтернатив решения с приведенными в табл. 111 денежными потоками.

2. Применяя правило расчета остаточного имущества (параграф 6.5), рассчитаем  $C_7$  для каждой из 8 альтернатив срока эксплуатации. Так, например, для срока 0 лет получаем, что

$$\begin{aligned} C_0 &= 1200 - 40 = 1160; \\ C_1 &= -40 + 1160 \cdot 1,07 = 1201,2; \\ C_2 &= -40 + 1201,2 \cdot 1,07 = 1245,28; \\ C_3 &= -40 + 1245,28 \cdot 1,07 = 1292,45; \\ C_4 &= -40 + 1292,45 \cdot 1,07 = 1342,93; \\ C_5 &= -40 + 1342,93 \cdot 1,07 = 1396,93; \\ C_6 &= -40 + 1396,93 \cdot 1,07 = 1454,72; \\ C_7 &= -40 + 1454,72 \cdot 1,07 = 1516,55. \end{aligned}$$

Аналогично для срока 1 год получаем, что

$$\begin{aligned} C_0 &= 1200 - 40 - 2000 = -840; \\ C_1 &= -40 + 2300 - 840 \cdot 1,12 = 1319,2; \\ C_2 &= -40 + 1319,2 \cdot 1,07 = 1371,54; \\ C_3 &= -40 + 1371,54 \cdot 1,07 = 1427,55; \\ C_4 &= -40 + 1427,55 \cdot 1,07 = 1487,48; \\ C_5 &= -40 + 1487,48 \cdot 1,07 = 1551,6; \\ C_6 &= -40 + 1551,6 \cdot 1,07 = 1620,22; \\ C_7 &= -40 + 1620,22 \cdot 1,07 = 1693,63. \end{aligned}$$

Таблица 110

Выплаты без учета значений выручки от ликвидации (ден. ед.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	4	5	6	7
Выплаты за приобретение	-2 000							
Чистые поступления		700	700	700	700	700	700	700
Заплаты на ремонт			-100	-200	-300	-400	-500	-600
Сумма $\tilde{z}_t$	-2 000	700	600	500	400	300	200	100

Таблица 111

Денежные потоки альтернатив срока эксплуатации (ден. ед.)

$n$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0							
1	-2 000	2 300						
2	-2 000	700	1 880					
3	-2 000	700	600	1 524				
4	-2 000	700	600	500	1 219			
5	-2 000	700	600	500	400	955		
6	-2 000	700	600	500	400	300	724	
7	-2 000	700	600	500	400	300	200	519

Рассчитанные подобным образом остаточные стоимости 8 альтернатив срока эксплуатации приведены в табл. 112, откуда видно, что срок эксплуатации, равный 6 годам, оптимален, если рынок капитала является несовершенным.

3. В условиях совершенного рынка капитала решающую роль играют чистые приведенные доходы альтернатив сроков эксплуатации. Если мы при этом используем идею временных предельных чистых приведенных доходов, то расчеты соответствуют приведенным в табл. 113. Опять срок эксплуатации, равный 6 годам, является оптимальным.

4. Начисленная на основе метода сложных процентов временная предельная прибыль в момент времени  $n = 3$  (столбец 5 табл. 113) образуется из

$$\tilde{z}_3 + L_3 - L_2(1 + i) = 500 + 1\,024 - 1\,408 = 116 \text{ (ден. ед.)},$$

или с учетом дисконтирования (столбец 6 табл. 113):

$$(1 + i)^{-n}(\tilde{z}_3 + L_3 - L_2(1 + i)) = 0,7513 \cdot 116 = 87,15 \text{ (ден. ед.)}.$$

В дисконтированной форме временная предельная прибыль содержит информацию о том, на какую сумму увеличится NPV, если мы будем эксплуатировать инвестиционный объект модернизации на протяжении трех лет вместо того, чтобы использовать его два года.

5. Если нужно исходить из бесконечной очередности идентичных инвестиций, то в условиях совершенного рынка капитала решающую роль играют зависящие от срока эксплуатации NPV идентичных инвестиционных цепей. Они определяются в табл. 114. Оптимальный срок эксплуатации теперь составляет лишь 3 года.

## Задача 2

Пусть рассчитаны применительно к однократной инвестиции для моментов времени от  $n = 1$  до  $n = 6$  следующие относящиеся к  $t = 0$  временные предельные выигрыши: 100, -50, -30, 90, -20, -100 ден. ед.

Таблица 112

Остаточные стоимости при разных сроках эксплуатации (ден. ед.)

$n$	0	1	2	3	4	5	6	7
$C_T$	1 516,55	1 693,63	1 909,57	2 111,96	2 263,27	2 353,51	<b>2 378,18</b>	2 336,62

Таблица 113

Расчет предельных чистых приведенных доходов (ден. ед.)

$n$	$\tilde{z}_n + L_n$	$L_{n-1}$	$L_{n-1}(1+i)$	$(1+i)^n \Delta NPV_n$	$\Delta NPV_n$	$NPV_n$
1	2	3	4	5	6	7
1	2 300	2 000	2 200	100	90,91	90,91
2	1 880	1 600	1 760	120	99,17	190,08
3	1 524	1 280	1 408	116	87,15	277,24
4	1 219,2	1 024	1 126,4	92,8	63,38	340,62
5	955,4	819,2	901,1	54,24	33,68	374,3
6	724,3	655,4	720,9	3,39	1,91	<b>376,21</b>
7	519,4	524,3	576,7	-57,29	-29,4	346,82

Таблица 114

**Расчет чистых приведенных доходов  
бесконечных идентичных цепей  
инвестиций (ден. ед.)**

$n$	$NPV_n$	$w_{n;10\%}$	$w_{n;10\%} NPV_n$	$K(NPV_n)$
1	90,91	1,1	100	1 000
2	190,08	0,5762	109,52	1 095,24
3	277,24	0,4021	<b>111,48</b>	<b>1 114,8</b>
4	340,62	0,3155	107,46	1 074,55
5	374,3	0,2638	98,74	987,39
6	376,21	0,2296	86,38	863,81
7	346,82	0,2054	71,24	712,38

1. Какой срок эксплуатации является оптимальным?

2. В момент времени  $t = 3$  поступления по проекту, включая выручку от ликвидации, составляют 960 ден. ед. При расчетной ставке 8% чему равна выручка от ликвидации в момент времени  $t = 2$ ?

3. Какова величина NPV проекта при трехгодичном сроке его эксплуатации?

**Р е ш е н и е**

1. Эксплуатацию инвестиционного объекта необходимо закончить, если временные предельные прибыли станут устойчиво отрицательными. Некоторые признаки указывают на то, что это случится уже через один год, т. к. для момента времени  $n = 2$  и  $n = 3$  были рассчитаны отрицательные предельные прибыли. Однако они компенсируются высокой положительной предельной прибылью в момент времени  $n = 4$ . Правда после этого следуют лишь потери. Вследствие этого лучше всего эксплуатировать инвестиционный объект в течение четырех лет.

2. Дисконтированная временная предельная прибыль для  $n = 3$  согласно постановке задачи составляет

$$(1 + i)^{-3}(\tilde{z}_3 + L_3 - L_2(1 + i)) = -30 \text{ (ден. ед.)}.$$



Если ставка процента составляет  $i = 8\%$ , а инвестиционные поступления, включая выручку от ликвидации, в момент времени  $n = 3$  равны 960 ден. ед., то мы через подстановку получаем, что

$$1,08^{-3}(960 - L_2 \cdot 1,08) = -30,$$

откуда после преобразований

$$L_2 = \frac{960 + 30 \cdot 1,08^3}{1,08} = 923,88 \text{ (ден. ед.)}.$$

3. Величина NPV проекта при трехгодичном сроке его эксплуатации составляет

$$NPV_3 = 100 - 50 - 30 = 20 \text{ (ден. ед.)}.$$

### Задача 3

Денежный поток инновационного проекта без учета выручки от ликвидации равен  $(\tilde{z}_0, \dots, \tilde{z}_5) = (-100; 30; 30; 40; 40; 50)$ . Расчетная ставка процента составляет 11%. Какое влияние на оптимальный срок эксплуатации окажет изменение ежегодного снижения выручки от ликвидации (исходя из 100 ден. ед.) с 25% до 10%?

**Р е ш е н и е.** Просчитаем вариант ежегодного снижения выручки от ликвидации на 25%. По годам ликвидационная стоимость составит

$$(L_0, \dots, L_5) = (100; 75; 56,25; 42,19; 31,64; 23,73).$$

В совокупности существует 6 альтернатив решения с представленными в табл. 115 денежными потоками. Чистые приведенные доходы для 6 альтернатив равны

$$(NPV_0, \dots, NPV_5) = (0; -5,41; -2,97; 11,47; 27,81; 50,73).$$

Аналогично можно рассчитать чистые приведенные доходы для 6 альтернатив в случае ежегодного снижения выручки от ликвидации на 10%. Таким образом, все результаты сводим в табл. 116.

Таблица 115

**Денежные потоки альтернатив срока эксплуатации  
(ден. ед.)**

<i>n</i>	0	1	2	3	4	5
0	0					
1	-100	105				
2	-100	30	86,25			
3	-100	30	30	82,19		
4	-100	30	30	40	71,64	
5	-100	30	30	40	40	73,73

Таблица 116

**NPV при разных сроках эксплуатации (ден. ед.)**

Срок эксплуатации, <i>n</i>	Снижение выручки от ликвидации	
	25%	10%
0	0	0
1	-5,41	8,11
2	-2,97	17,12
3	11,47	33,93
4	27,81	50,19
5	<b>50,73</b>	<b>71,69</b>

Из данных табл. 116 видно, что независимо от того, снижается ли ежегодно ликвидационная стоимость объекта на 25% или на 10%, оптимальный срок его эксплуатации составляет 5 лет. Интересно также, что при быстром снижении значений выручки от ликвидации объект должен эксплуатироваться по меньшей мере 3 года, чтобы быть вообще рентабельным. Здесь более короткие сроки эксплуатации менее выгодны из-за отрицательных NPV, чем полный отказ от проекта.

#### Задача 4

Чистый приведенный доход инвестиции при шестилетнем сроке действия при расчетной ставке 9% составляет 100 млн руб. Какова величина чистого приведенного дохода бесконечно длительной цепи идентичных инвестиций с одним и тем же чистым приведенным доходом?

**Решение.** Цепной чистый приведенный доход находится по формуле

$$K(\text{NPV}_n) = \frac{w_{n;i} \text{NPV}_n}{i} = \frac{i(1+i)^n \text{NPV}_n}{((1+i)^n - 1)i} = \frac{(1+i)^n \text{NPV}_n}{(1+i)^n - 1}.$$

По данным задачи получаем, что

$$K(\text{NPV}_6) = \frac{1,09^6 \cdot 100}{1,09^6 - 1} = 247,689 \text{ (млн руб.)}.$$

#### Задача 5

Инвестор намерен заменить существующий объект модернизации в следующем году ( $n = 1$ ). Благодаря эксплуатации этого объекта инвестора получает сегодня поступления величиной 500 ден. ед., а в следующем году — 600 ден. ед. К этому следует добавить предполагаемую выручку от ликвидации величиной 2 500 ден. ед. Чистый приведенный доход (первой) инвестиции-“преемницы” составляет при расчетной ставке 6% годовых и четырехгодичном сроке эксплуатации 1 200 ден. ед. Такая последующая инвестиция повторяется бесконечно часто. Если бы мы вывели объект из эксплуатации сегодня, то получили бы выручку от ликвидации в объеме 2 650 ден. ед.

1. Какова величина чистого приведенного дохода намеченного инвестором действия?

2. Правильно ли поступит инвестор, если он подождет с заменой старого объекта один год?

3. Чему должна быть равна выручка от ликвидации в следующем году, чтобы было безразлично, заменим ли мы инвестиционный объект модернизации сразу или лишь через год?

Р е ш е н и е

1. Общий чистый приведенный доход зависящей от момента времени замены описывается формулой

$$\begin{aligned} E(\text{NPV}_n) &= \text{NPV}_n^{\text{стар}} + K(\text{NPV}_n^{\text{нов}}) = \\ &= \sum_{t=0}^n \tilde{z}_t^{\text{стар}} (1+i)^{-t} + L_n (1+i)^{-n} + \frac{w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}}}{i(1+i)^n}. \end{aligned}$$

Если мы осуществим замену в момент времени  $n = 1$ , то получим

$$\begin{aligned} E(\text{NPV}_1) &= \tilde{z}_0^{\text{стар}} + \frac{\tilde{z}_1^{\text{стар}} + L_1}{1+i} + \frac{w_{4;i} \text{NPV}_4^{\text{нов}}}{i(1+i)} = \\ &= \tilde{z}_0^{\text{стар}} + \frac{1}{1+i} \left( \tilde{z}_1^{\text{стар}} + L_1 + \frac{(1+i)^4 \text{NPV}_4^{\text{нов}}}{(1+i)^4 - 1} \right) = \\ &= 500 + \frac{1}{1,06} \left( 600 + 2500 + \frac{1,06^4 \cdot 1200}{1,06^4 - 1} \right) = 8869,65 \text{ (ден. ед.)}. \end{aligned}$$

2. Теперь нужно рассчитать общий чистый приведенный доход для случая немедленной замены. Здесь мы получаем

$$\begin{aligned} E(\text{NPV}_0) &= \tilde{z}_0^{\text{стар}} + L_0 + \frac{w_{4;i} \text{NPV}_4^{\text{нов}}}{i} = \\ &= \tilde{z}_0^{\text{стар}} + L_0 + \frac{(1+i)^4 \text{NPV}_4^{\text{нов}}}{(1+i)^4 - 1} = \\ &= 500 + 2650 + \frac{1,06^4 \cdot 1200}{1,06^4 - 1} = 8921,83 \text{ (ден. ед.)}. \end{aligned}$$

Поэтому лучше списать старый объект модернизации сразу, чем ждать один год.

3. Теперь мы ищем критическое значение выручки от ликвидации  $L_1$ , при котором обе стратегии замены дают одинаковый чистый приведенный доход

$$E(\text{NPV}_1) = E(\text{NPV}_0).$$

Формула расчета зависящего от момента времени предельного чистого приведенного дохода замены в общем случае имеет вид

$$\Delta E(\text{NPV}_n) = (1+i)^{-n} \left( \tilde{z}_n^{\text{стар}} + L_n - L_n(1+i) - w_{m;i} \text{NPV}_m^{\text{нов}} \right).$$

Предельный чистый приведенный доход замены в момент времени  $n = 1$  должен быть равен нулю, т. е.

$$\Delta E(\text{NPV}_1) = (1+i)^{-1} \left( \tilde{z}_1^{\text{стар}} + L_1 - L_0(1+i) - w_{4;i} \text{NPV}_4^{\text{нов}} \right) = 0,$$

откуда после преобразований находим

$$L_1 = L_0(1+i) - \tilde{z}_1^{\text{стар}} + w_{4;i} \text{NPV}_4^{\text{нов}}$$

или с данными этой задачи

$$L_1 = 2650 \cdot 1,06 - 600 + \frac{0,06 \cdot 1,06^4}{1,06^4 - 1} 1200 = 2555,31 \text{ (ден. ед.)}.$$

## Глава 8

### Инновационные решения в условиях неопределенности

#### 8.1. Концепции анализа влияния условий осуществления проекта на его эффективность

В отличие от бухгалтерского учета, имеющего дело с реально осуществленными операциями и реально полученными цифрами, бюджетирование капитала оперирует с ожидаемыми цифрами, и, следовательно, любые исходные данные для дальнейших построений основаны на оценках будущих событий. А поскольку ожидания могут не оправдаться, то и эффект от проекта можно оценить лишь с определенной долей условности.

Существуют четыре основных подхода к оценке влияния изменчивости исходных данных на результирующий показатель эффективности инновационного проекта:

- 1) анализ чувствительности;
- 2) имитационное моделирование;
- 3) анализ дерева решений;
- 4) анализ сценариев.

#### 8.2. Анализ чувствительности

Результат инвестиционного расчета (значение “на выходе”) зависит от нескольких значений “на входе”. Так, например, на такие

- значения “на выходе”, как
  - остаточное имущество,
  - уровень изъятия,
  - NPV проекта;
- влияют следующие значения “на входе”:
  - денежные потоки инвестиций,
  - проценты по займам и инвестициям либо расчетные ставки,
  - базовые платежи,
  - запланированные изъятия и остаточное имущество.

Названные здесь значения “на входе” зависят, в свою очередь, от других переменных, которые можно назвать производными значениями “на входе”. Так, например, денежный поток инвестиции определяется ожидаемым объемом сбыта, чистой ценой продажи, ставкой заработной платы, ценой на сырье и т. д. А если некоторые или все данные “на входе” ненадежны, то возникает вопрос о том, насколько чувствительно реагирует результат расчета на изменение значений “на входе”. Это постановка основной проблемы анализа чувствительности.

*При анализе чувствительности задают вопрос о том, насколько чувствительно (сильно) реагируют значения “на выходе” инвестиционного расчета на изменения одного или нескольких значений “на входе”.*

Анализ чувствительности можно осуществить либо в отношении одного, либо в отношении нескольких значений “на входе”.

**Анализ чувствительности в отношении одного значения “на входе”.** Если в целом  $x$  данных “на входе” значимы для расчета интересующей нас целевой величины, то при этой форме анализа чувствительности  $x - 1$  таких значений принимаются как надежные, и только одно-единственное — как неопределенное. При этом необходимо пройти четыре стадии:

1. Выбор предположенных в качестве неопределенных значений “на входе” (например, объем сбыта, цена продажи, длительность проекта, цены производственных факторов).

2. Формулировка модели для расчета интересующих нас значений “на выходе” в зависимости от анализируемого значения “на входе”.

3. Определение интервала колебания значения “на выходе” через установку границ, за которые целевая величина не должна перешагнуть или которые она не должна достичь.

4. Аналитическое или числовое определение вытекающего из этого интервала колебания для анализируемого значения “на входе”.

**Пример 62.** Пусть инвестор владеет ликвидными средствами величиной  $M_0 = 800$  ден. ед., имеет плановый период  $n = 3$  года и действует на несовершенном рынке капитала с постоянными ставками процентов по инвестированию  $h = 10\%$  годовых и по заимствованию  $s = 20\%$  годовых. Его целью является максимизация

уровня своих изъятий при постоянной временной структуре ( $Y$ ) и при заранее заданном остаточном имуществе  $C_n = 800$  ден. ед. Этот инвестор планирует инвестиции в инновационный проект, которые приведут сегодня с определенностью к выплатам величиной  $z_0 = -1\,000$  ден. ед. (единовременные инвестиционные расходы). Далее, в следующие три года инвестор учитывает гарантированные объемы сбыта в сумме  $Q_1 = 120$  ед.,  $Q_2 = 100$  ед. и  $Q_3 = 80$  ед. новой техники. Он полагает, что текущие расходы предприятия на единицу продукции гарантированно составят величину  $c = 5$  ден. ед. Минимальный доход, в котором он нуждается для удовлетворения своих потребительских запросов, составляет  $\underline{Y} = 50$  ден. ед. Максимально ему нужно  $\bar{Y} = 200$  ден. ед.

Вопрос формулируется следующим образом: внутри какого интервала должна колебаться цена продукта  $P$ , чтобы  $\underline{Y}$  не был бы достигнут, а  $\bar{Y}$  не оказался бы превышен?

Чтобы ответить на этот вопрос, мы можем поступить следующим образом.

1. В качестве ненадежных данных “на входе” нам следует трактовать цену продукта  $P$ .

2. Упрощенный вариант денежного потока проекта в зависимости от цены продукта вытекает из формул

$$\begin{aligned} z_0 &= -1\,000; \\ z_1 &= Q_1(P - c); \\ z_2 &= Q_2(P - c); \\ z_3 &= Q_3(P - c). \end{aligned}$$

Все остальные данные для расчета уровня дохода, а именно, базовые платежи, плановый период, проценты по заимствованию и по инвестированию, вектор структуры дохода, а также желаемое остаточное имущество заданы.

3. Интервал колебания значения “на выходе”  $Y$  дан при  $\underline{Y}$  и  $\bar{Y}$ . Теперь мы ищем допустимый интервал колебания для  $P$ , что гарантирует уровень изъятия между 50 и 200 ден. ед.

4. Так как невозможно разработать явную формулу для уровня изъятий одной инвестиции при условии несовершенного рынка капитала (параграф 6.8), анализ чувствительности нельзя осуществить



алгебраически. Мы должны работать с цифрами. Искомый интервал колебания лежит между  $\bar{P}$  и  $\underline{P}$ , причем при  $\bar{P}$  достигается уровень доходов в сумме  $\bar{Y} = 200$  ден. ед., а  $\underline{P}$  снизит уровень доходов до  $\underline{Y} = 50$  ден. ед. Как  $\bar{P}$ , так и  $\underline{P}$  должны быть определены аналогично вышеописанным моделям дохода с помощью поиска вручную (например, методом линейной интерполяции) или с помощью разработанной именно для этого случая поисковой программы.

В данном примере мы получаем цены  $\bar{P} \approx 11,094$  ден. ед. и  $\underline{P} \approx 8,963$  ден. ед., что сразу можно проверить:

- При цене  $\bar{P} = 11,094$  ден. ед. денежный поток выглядит как

$$z_0 = -1000; \quad z_1 = 731,32; \quad z_2 = 609,43; \quad z_3 = 487,54,$$

и инвестор достигает уровня изъятий в сумме  $\bar{Y} = 200$  ден. ед., как это демонстрирует следующий расчет:

$$\begin{aligned} C_0 &= 800 - 200 - 1000 = -400; \\ C_1 &= -200 + 731,32 - 1,2 \cdot 400 = 51,32; \\ C_2 &= -200 + 609,43 + 1,1 \cdot 51,32 = 465,88; \\ C_3 &= -200 + 487,54 + 1,1 \cdot 465,88 = 800. \end{aligned}$$

- Если цена составляет  $\underline{P} \approx 8,963$  ден. ед., то тогда отсюда будет получен денежный поток с суммами

$$z_0 = -1000; \quad z_1 = 475,6; \quad z_2 = 396,33; \quad z_3 = 317,06,$$

и доход инвестора равен  $\underline{Y} = 50$  ден. ед., как показывает следующий расчет:

$$\begin{aligned} C_0 &= 800 - 50 - 1000 = -250; \\ C_1 &= -50 + 475,6 - 1,2 \cdot 250 = 125,6; \\ C_2 &= -50 + 396,33 + 1,1 \cdot 125,6 = 484,49; \\ C_3 &= -50 + 317,06 + 1,1 \cdot 484,49 = 800. \end{aligned}$$

Следовательно, такое значение “на входе”, как “цена продажи”, в данном случае не должна быть меньше 8,963 ден. ед. и больше

11,094 ден. ед., если инвестор хочет, чтобы его изъятия из бизнеса находились ежегодно между значениями 50 и 200 ден. ед.

Другими важными значениями “на входе”, которые могут значительно повлиять на результат расчета, помимо цены продажи, могут быть, к примеру, объемы сбыта и длительность проекта. В рамках вопроса о критическом значении длительности проекта речь идет о том, чтобы выяснить, как минимально долго следует эксплуатировать инвестиционный объект, чтобы достичь определенного результата — окупаемости проекта.

**Анализ чувствительности в отношении нескольких значений “на входе”.** Как правило, мы можем исходить из того, что “на входе” не определены не одно, а несколько значений. В этих случаях анализа чувствительности лишь в отношении одного-единственного фактора уже недостаточно. Но при формализованном подходе в анализе чувствительности из-за перехода к нескольким значениям “на входе” вообще ничего не изменяется. Опять необходимо пройти четыре стадии:

1. Выбор предположенных в качестве неопределенных значений “на входе” (например, объема сбыта и цены продажи).

2. Формулировка инвестиционной модели для расчета интересующих нас значений “на выходе” в зависимости от анализируемого значения “на входе”.

3. Определение интервала колебания значения “на выходе” через установку его верхних или нижних границ.

4. Аналитическое или числовое определение вытекающих отсюда интервалов колебания значений “на входе”.

Теперь мы опять продемонстрируем метод на простом примере.

**Пример 63.** Инвестор с плановым периодом  $n = 2$  года действует на совершенном рынке капитала, на котором господствует расчетная ставка  $i = 7\%$  годовых. Инвестор анализирует NPV инновационного проекта, предполагающего единовременный отток средств в размере  $z_0 = -800$  ден. ед. и определенные удельные текущие расходы (т. е. расходы на единицу продукции) в размере  $c = 4$  ден. ед. Цена продукта  $P$  и объем сбыта  $Q$  не зависят друг от друга и являются негарантированными величинами.

Вопрос формулируется следующим образом: какая комбинация  $P$  и  $Q$  гарантирует инвестору NPV, по меньшей мере равный нулю? (При этом мы исходим из постоянного во времени объема сбыта.)

Формула NPV в общем виде выглядит как

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n z_t(1+i)^{-t},$$

и в этом особом случае

$$\text{NPV} = z_0 + \frac{Q(P-c)}{1+i} + \frac{Q(P-c)}{(1+i)^2}.$$

Значения NPV,  $z_0$ ,  $c$  и  $i$  заданы. Отсюда получаем

$$-800 + \frac{Q(P-4)}{1,07} + \frac{Q(P-4)}{1,07^2} = 0.$$

Теперь мы ищем допустимые комбинации  $P$  и  $Q$ , которые возможны согласно последнему уравнению. Преобразование дает

$$915,92 = 1,07Q(P-4) + Q(P-4) = 2,07Q(P-4);$$
$$P = \frac{442,47343}{Q} + 4.$$

Полученная кривая показана на рис. 63. Для ее построения в пакете *Matlab* использовался следующий текст программы:

```
>> x=25:0.001:250
>> y=442.47343./x+4
>> plot(x,y)
>> grid on
>> xlabel('\itQ')
>> ylabel('\itP')
```

На рис. 63 показан результат программы. Выше кривой находятся все комбинации “цена — объем”, при которых инвестор в данном примере достиг бы положительного NPV. Если “на входе” необходимо исследовать больше двух переменных, то результаты анализа

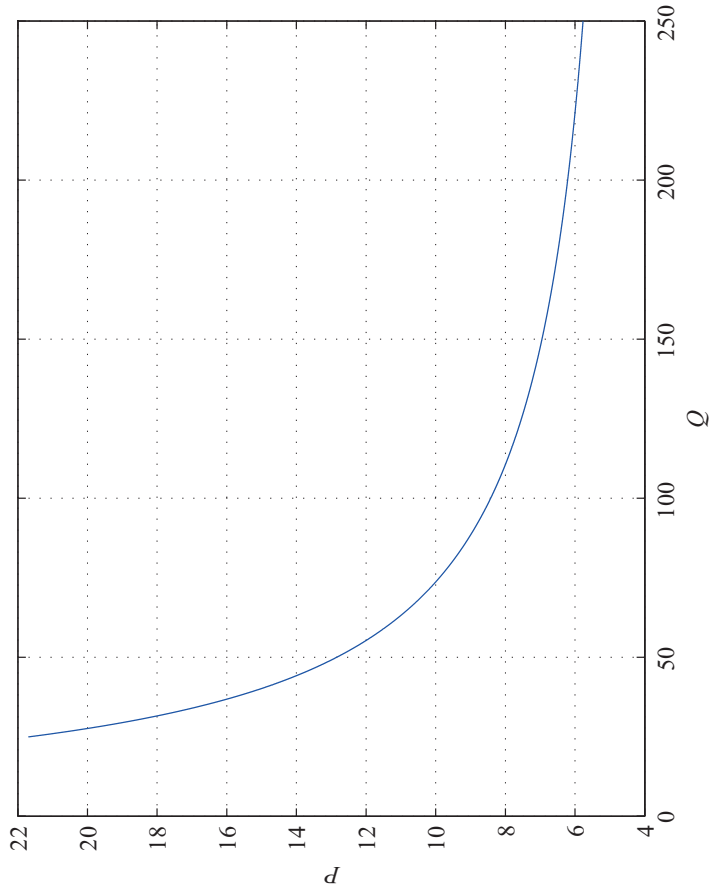


Рис. 63. Анализ чувствительности NPV проекта к цене продажи  $P$  и объему сбыта  $Q$

чувствительности уже не удастся проиллюстрировать в двумерном пространстве. В этом случае рекомендуется обозначить интервалы колебания переменных “на входе” и проследивать воздействия таких колебаний на результаты “на выходе” в форме таблицы.

**Критика метода.** Анализ чувствительности непригоден для работы с проблемами принятия решений в условиях неопределенности. Несмотря на это мы можем назвать его полезным. Дело в том, что он обеспечивает информацию о том, является ли неопределенность значимой или нет для решения рассматриваемой проблемы.

Если мы выясним, что область колебания значений “на выходе” так мала, что не влияет на принятие решения в пользу той или иной инновационной альтернативы, то, очевидно, мы можем решить данную проблему посредством методов, основанных на идее, согласно которой ожидания гарантированно сбудутся. Если, наоборот, неопределенность окажется значимой, то анализ чувствительности не даст нам сведений о том, что нам следует делать дальше. Но тогда мы, очевидно, можем ограничиться при наших рассуждениях значениями “на входе”, которые являются существенными для проблемы принятия решения.

### 8.3. Имитационное моделирование методом Монте-Карло

Цель анализа риска состоит в том, чтобы вывести распределение вероятностей значения “на выходе” инвестиционного расчета (например, остаточного имущества, уровня изъятий, NPV и т. д.) из надежных и ненадежных сведений посредством значимых данных “на входе”.

Анализ риска может осуществляться или с помощью аналитических методов или с помощью имитационного компьютерного моделирования. Далее мы ограничимся изложением второго способа, т. к. применение аналитических методов привязано к особым и весьма ограничительным условиям. Напротив, использование имитационного моделирования с помощью ЭВМ основывается на менее радикальных допущениях. Этот метод был предложен *Герцем* и с тех

пор нашел много последователей. Метод состоит из следующих шести стадий.

1. Выбор данных “на входе”, трактуемых как ненадежные (например, объем сбыта, цена продажи, выплаты персоналу, другие текущие эксплуатационные расходы, постоянные расходы, связанные с проектом, выручка от ликвидации и т. д.).

2. Оценка распределения вероятностей ненадежных данных “на входе”. Это могло бы выглядеть при непрерывно распределенном значении “на входе” (например, цены продажи) таким образом, как изображено на рис. 64. Лицо, принимающее решение, считает, что цена продукта находится между 2,5 ден. ед. и 4,5 ден. ед. Оно может назвать для трех интервалов цены вероятности и при этом предполагает для всех цен внутри этих интервалов одинаковую вероятность (табл. 117).

Таблица 117

**Распределение вероятностей непрерывного значения “на входе” (цены продажи)**

<i>Интервал</i>	<i>Вероятность</i>
От 2,5 ден. ед. до менее чем 3,2 ден. ед.	0,167
От 3,2 ден. ед. до менее чем 4 ден. ед.	0,5
От 4 ден. ед. до менее чем 4,5 ден. ед.	0,333

3. Генерирование данных “на вход”. На этой стадии анализа риска из надежных и ненадежных данных “на входе” с помощью имитационного метода Монте-Карло осуществляется набор значений “на входе”, зная которые, можно рассчитать интересующие инвестора целевые величины (например, NPV, остаточное имущество, уровень изъятий из бизнеса).

При этом создание ненадежных данных “на входе” происходит следующим образом: на первой стадии мы производим равно распределенные псевдослучайные числа  $r$  между 0 и 1, т. е.  $0 \leq r \leq 1$ . На второй стадии эти случайные числа преобразуются в нужные значения “на входе” согласно распределению вероятностей каждой величины “на входе” с помощью подходящих формул. Значит, если

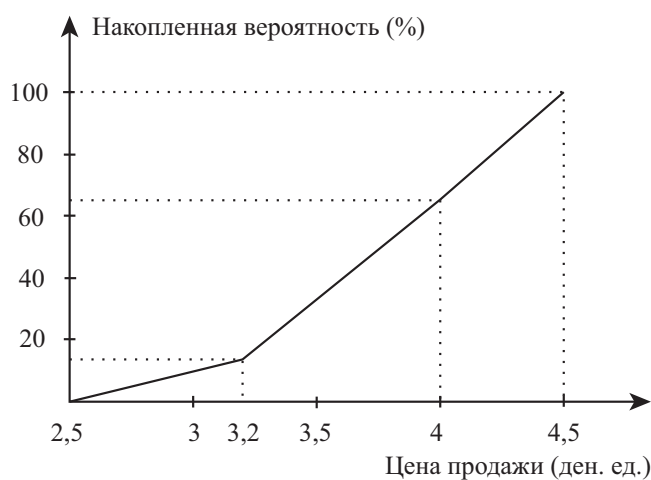


Рис. 64. Распределение вероятностей непрерывного значения “на входе” (цены продажи)

нам нужны данные о, например, 100 ценах продажи, которые соответствуют представленному на рис. 64 распределению, то тогда мы выберем 100 случайных цифр и преобразуем из них

$$17 \text{ по формуле } p_i = 2,5 + 0,7r_i,$$

$$50 \text{ по формуле } p_i = 3,2 + 0,8r_i,$$

$$33 \text{ по формуле } p_i = 4 + 0,5r_i$$

в случайно распределенные цены продажи. Все ЭВМ сегодня оснащены генераторами случайных чисел, которые имеют подходящие статистические свойства (прежде всего, большой период и малую ранговую корреляцию).

4. Расчет целевого для инвестора значения “на выходе” (например, NPV и т. д.) на основе генерированных на третьей стадии данных “на входе”.

5. Продолжение стадий 3 и 4, осуществляемое до тех пор, пока не стабилизируется распределение целевых величин. Таким образом,

мы получим распределение частоты значения “на выходе” и приостановим имитацию тогда, когда среднее арифметическое целевой величины и ее относительная частота при дальнейших имитациях уже существенно не изменятся.

б. Определение относительной частоты значения “на выходе”. Эти относительные частоты соответствующих целевых величин приблизительно совпадают с искомыми распределениями вероятностей.

**Пример 64.** Проиллюстрируем, как применять метод Монте-Карло для анализа рисков инновационных проектов.

**Рамочные условия, надежные данные “на входе”.** Инвестор имеет ликвидные средства в объеме  $M_0 = 14\,000$  ден. ед. Других базовых платежей нет. Его плановый период  $\tau = 5$  лет, при этом инвестор намерен максимизировать уровень ежегодных изъятий при заданном остаточном имуществе в сумме 14 000 ден. ед. Изъятия каждый год должны повышаться на 5%. В момент времени  $t = 0$  изъятия не будут осуществляться. Рынок капитала несовершенный, причем проценты по инвестированию составляют 5% в год, а по заимствованию — 8% в год. Инвестор может выбирать между двумя инновационными альтернативами — проектом  $A$  и проектом  $B$ , которые предполагают единовременный отток средств в сумме 22 000 и 26 500 ден. ед. соответственно.

**Ненадежные данные “на входе”.** Возвратные потоки обеих инвестиций неизвестны с определенностью. Но денежный поток в момент времени  $t$  всегда зависит от следующих шести факторов:

$FC_t$  — условно-постоянные производственные расходы (ден. ед.);

$m_t$  — расходы на производственный материал на единицу продукции (ден. ед.);

$u_t$  — расходы на зарплату на единицу продукции (ден. ед.);

$n$  — срок эксплуатации инвестиционных объектов (лет);

$P_t$  — цена продажи единицы продукции (ден. ед.);

$Q_t$  — объем сбыта продукции (шт.).



Обо всех величинах “на входе” существуют лишь ненадежные сведения, о деталях которых мы скажем далее. Но всегда верна связь:

$$z_t = \begin{cases} (P_t - m_t - u_t) Q_t - FC_t, & \text{если } t \leq n, \\ 0, & \text{если } t > n, \end{cases}$$

или вербально: возвратный поток равен удельному маргинальному доходу, умноженному на объем сбыта, за вычетом постоянных производственных расходов до тех пор, пока рассматриваемый проект реализуется. Более конкретно, инвестор предполагает о ненадежных факторах следующее.

**Условно-постоянные производственные расходы.** Независимые от объема производства текущие расходы в ходе эксплуатации проекта будут на протяжении лет однозначно увеличиваться. Инвестор может задать диапазон, внутри которого будут находиться выплаты в отдельные годы (табл. 118). Но он может уточнить вероятности отдельных областей этих диапазонов. Значит, каждая величина внутри данных интервалов имеет одинаковую вероятность.

Таблица 118

**Распределение постоянных производственных расходов (ден. ед.)**

Момент времени $t$	Проект А	Проект В
1	2 800 ÷ 3 200	1 600 ÷ 1 900
2	2 900 ÷ 3 200	1 700 ÷ 2 000
3	3 000 ÷ 3 400	1 700 ÷ 2 000
4	3 300 ÷ 3 700	1 800 ÷ 2 200
5	3 900 ÷ 4 600	2 200 ÷ 2 500

**Расходы на материалы и зарплату на единицу продукции.** В отношении текущих расходов на единицу продукции инвестор имеет различную информацию. Он может разделить значимый диапазон на три области и оценить их вероятности (табл. 119).

Таблица 119

**Распределение текущих расходов на единицу продукции  
(ден. ед.)**

<i>Расходы на материалы</i>							
<i>t</i>		<i>Проект А</i>			<i>Проект В</i>		
1	$m_i$	15 ÷ 18	18 ÷ 22	22 ÷ 26	22 ÷ 24	24 ÷ 26	26 ÷ 27
	$p_i$	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,2
2	$m_i$	24 ÷ 26	26 ÷ 28	28 ÷ 30	15 ÷ 18	18 ÷ 22	22 ÷ 25
	$p_i$	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
3	$m_i$	17 ÷ 18	18 ÷ 22	22 ÷ 26	22 ÷ 24	24 ÷ 26	26 ÷ 27
	$p_i$	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3
4	$m_i$	20 ÷ 22	22 ÷ 25	25 ÷ 27	15 ÷ 18	18 ÷ 22	22 ÷ 25
	$p_i$	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3
5	$m_i$	15 ÷ 18	18 ÷ 22	22 ÷ 26	15 ÷ 18	18 ÷ 22	22 ÷ 26
	$p_i$	0,4	0,4	0,2	0,1	0,4	0,5
<i>Расходы по заработной плате</i>							
1	$u_i$	20 ÷ 25	25 ÷ 28	28 ÷ 32	25 ÷ 28	28 ÷ 30	30 ÷ 34
	$p_i$	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
2	$u_i$	27 ÷ 29	29 ÷ 32	32 ÷ 36	19 ÷ 23	23 ÷ 27	27 ÷ 32
	$p_i$	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
3	$u_i$	20 ÷ 25	25 ÷ 28	28 ÷ 32	25 ÷ 28	28 ÷ 30	30 ÷ 34
	$p_i$	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
4	$u_i$	20 ÷ 23	23 ÷ 26	26 ÷ 28	19 ÷ 23	23 ÷ 27	27 ÷ 32
	$p_i$	0,5	0,4	0,1	0,3	0,4	0,3
5	$u_i$	20 ÷ 25	25 ÷ 28	28 ÷ 32	20 ÷ 25	25 ÷ 28	28 ÷ 32
	$p_i$	0,5	0,4	0,1	0,1	0,4	0,5

**Срок эксплуатации инвестиционных объектов.** Применительно к проекту *A* ожидается, что срок его эксплуатации может варьировать между тремя и пятью годами. А проект *B*, по мнению инвестора, будет реализовываться, по меньшей мере, 4 года. Более конкретно, предполагаются значения вероятностей, представленные в табл. 120.

Таблица 120

**Вероятности сроков реализации проектов**

	Проект <i>A</i>	Проект <i>B</i>
$n = 3$	0,1	0
$n = 4$	0,3	0,3
$n = 5$	0,6	0,7

**Цена продажи продукта.** На обоих видах оборудования производится единый с точки зрения клиента продукт, вероятностные распределения цен продажи которого в отдельные моменты времени планового периода характеризуются данными, приведенными в табл. 121.

**Объем сбыта продукции.** Предполагается, что цены продукта и объем сбыта зависят друг от друга. Исследования рынка дают повод предположить, что можно увеличить сбыт, если снизить цены. Но функциональная зависимость между ценой и объемом сбыта точно неизвестна (рис. 65).

В теории управления запасами функциональная зависимость между обеими величинами изображается с помощью функции “цена — объем сбыта”. Чем выше цена  $P$ , тем меньше объем сбыта  $Q$ . Если мы исходим из того, что рассматриваемая функция, к примеру, линейна, то ее можно описать посредством формулы

$$P = a - bQ. \quad (50)$$

При этом график функции “цена — объем сбыта” пересекает ось  $P$  в точке  $a$ , а  $b$  — коэффициент наклона графика к оси  $Q$ . Параметры

$a$  и  $b$  для инвестора из нашего числового примера являются ненадежными данными. Однако лицо, принимающее решения, может предоставить следующие сведения: диапазоны объемов сбыта, которые можно ожидать в том случае, если инвестор в определенный момент времени планового периода может установить максимальную цену ( $P_{\max}$ ) в соответствии с табл. 121. Эти диапазоны находятся между  $Q_{\min}$  и  $Q_{\max}$  на рис. 65. Их конкретные значения приведены в табл. 122. Но о конкретных вероятностях значений инвестор ничего не может сказать. Значит, все значения одинаково вероятны. Кроме того, инвестор может назвать приблизительный наклон графика функции “цена — объем сбыта”. Но и здесь он может лишь описать соответствующие диапазоны (табл. 123).

Таблица 121

**Распределение цен продаж  
продукта (ден. ед.)**

$t$		Цены продаж продукта		
1	$P_i$ $p_i$	75 ÷ 90 0,3	90 ÷ 105 0,5	105 ÷ 120 0,2
2	$P_i$ $p_i$	75 ÷ 85 0,2	85 ÷ 95 0,4	95 ÷ 110 0,4
3	$P_i$ $p_i$	75 ÷ 82 0,2	82 ÷ 90 0,5	90 ÷ 100 0,3
4	$P_i$ $p_i$	70 ÷ 75 0,2	75 ÷ 85 0,5	85 ÷ 100 0,3
5	$P_i$ $p_i$	70 ÷ 75 0,2	75 ÷ 85 0,5	85 ÷ 100 0,3

Из всей этой информации мы можем в случае данного примера, осуществив имитационное моделирование, вывести конкретное множество объемов сбыта. При этом необходимо пройти следующие стадии.

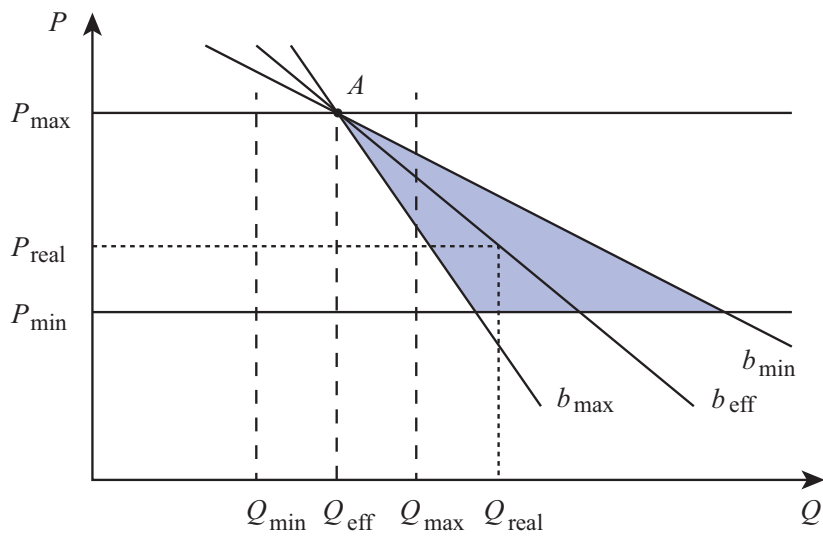


Рис. 65. Зависимость объема сбыта от цены продажи в рамках анализа риска

Таблица 122

**Распределение объема сбыта (шт.)  
при использовании наивысшей цены**

Момент времени $t$	Объем сбыта
1	180 ÷ 250
2	180 ÷ 250
3	200 ÷ 250
4	200 ÷ 250
5	200 ÷ 250

Таблица 123

**Распределение коэффициентов наклона  
графика функции “цена — объем сбыта”**

Момент времени $t$	Коэффициенты наклона
1	от $-0,15$ до $-0,22$
2	от $-0,2$ до $-0,25$
3	от $-0,2$ до $-0,25$
4	от $-0,22$ до $-0,25$
5	от $-0,22$ до $-0,25$

- Генерирование случайной величины между  $Q_{\min}$  и  $Q_{\max}$ . Посредством этого мы получаем  $Q_{\text{эф}}$ , т. е. эффективный (фактический) объем сбыта, при использовании наивысшей цены  $P_{\max}$  этого периода (точка  $A$  на рис. 65).
- Генерирование случайной величины между  $b_{\min}$  и  $b_{\max}$ . Таким образом, мы получаем  $b_{\text{эф}}$ , т. е. эффективный (фактический) коэффициент наклона функции “цена — объем сбыта” для данного периода.
- Создание эффективной функции “цена — объем сбыта” как линейной функции с коэффициентом наклона  $b_{\text{эф}}$ , проходящей через точку  $A$  на рис. 65, с помощью формулы (49).
- Генерирование случайной величины для цены, находящейся между  $P_{\min}$  и  $P_{\max}$ , в соответствии с приведенными в табл. 121 вероятностями ( $P_{\text{real}}$ ).
- Выведение соответствующего объема сбыта ( $Q_{\text{real}}$ ) с помощью эффективной функции “цена — объем сбыта”.

Этот метод показывает, что в рамках анализа риска можно предположить ненадежность не только независимых друг от друга факторов (как, например,  $m_t$  и  $u_t$ ), но и зависимых друг от друга данных “на входе” (в данном случае —  $P_t$  и  $Q_t$ ).

**Результаты.** В качестве результатов имитационного моделирования были выведены представленные в табл. 124 распределения частоты уровней доходов обоих проектов. В данном примере было достаточно 500 имитационных экспериментов, т. к. относительные частоты при увеличении этой цифры изменились лишь незначительно. Если мы проинтерпретируем относительные частоты как обоснованные значения оценки вероятностей, то из табл. 124 без труда можно получить следующую информацию для каждого инновационного проекта.

**Математическое ожидание уровня дохода.** Если мы обозначим среднее значение данного класса  $Y_s$  и вероятности попадания в данный класс  $p_s$ , то математическое ожидание определяется как

$$E[Y] = \sum_{s=1}^S Y_s p_s.$$

В данном случае при реализации проекта  $A$  мы получаем ожидаемый доход в сумме  $E[Y_A] = 2\,005,1$  ден. ед. и для проекта  $B$  — доход  $E[Y_B] = 2\,401,65$  ден. ед. То есть проект  $B$  прибыльней проекта  $A$ .

**Разброс уровня дохода.** Среднеквадратическое отклонение уровня дохода находится как корень из дисперсии, т. е.

$$D[Y] = \sum_{s=1}^S (Y_s - E[Y])^2 p_s \quad \Rightarrow \quad \sigma[Y] = \sqrt{D[Y]}.$$

В данном случае для проекта  $A$  мы получаем значение  $\sigma[Y_A] = 772,16$  ден. ед., а для проекта  $B$  — значение  $\sigma[Y_B] = 810,13$  ден. ед. Эта информация позволяет сделать выбор между этими двумя альтернативами. Чем больше среднеквадратическое отклонение дохода от его ожидаемого значения, тем выше риск. Следовательно, наиболее рискованный проект  $B$ , а наименее рискованный проект  $A$ . Однако, это не совсем так. Для более точной оценки риска используют коэффициент вариации дохода, который вычисляется по формуле

$$CV = \frac{\sigma[Y]}{E[Y]}.$$

Таблица 124

**Распределение частоты уровней доходов при 500 иммиграциях  
для каждого проекта**

Уровень доходов $Y$ (ден. ед.)	Средина (ден. ед.)	Проект А		Проект В	
		абсолютная частота	относительная частота	абсолютная частота	относительная частота
от -1083,11 до -713,88	-898,5	0	0	1	0,002
от -713,88 до -344,65	-529,27	2	0,004	1	0,002
от -344,65 до 24,57	-160,04	2	0,004	1	0,002
от 24,57 до 393,8	209,18	9	0,018	5	0,01
от 393,8 до 763,02	578,41	17	0,034	6	0,012
от 763,02 до 1132,25	947,64	38	0,076	14	0,028
от 1132,25 до 1501,48	1316,86	55	0,11	41	0,082
от 1501,48 до 1870,7	1686,09	83	0,166	57	0,114



Окончание табл. 124

Уровень доходов Y (ден. ед.)	Средина (ден. ед.)	Проект А		Проект В	
		абсолютная частота	относительная частота	абсолютная частота	относительная частота
от 1 870,7 до 2 239,93	2 055,32	91	0,182	61	0,122
от 2 239,93 до 2 609,16	2 424,54	91	0,182	103	0,206
от 2 609,16 до 2 978,38	2 793,77	63	0,126	85	0,17
от 2 978,38 до 3 347,61	3 162,99	36	0,072	75	0,15
от 3 347,61 до 3 716,83	3 532,22	12	0,024	34	0,068
от 3 716,83 до 4 086,06	3 901,45	1	0,002	11	0,022
от 4 086,06 до 4 455,29	4 270,67	0	0	4	0,008
от 4 455,29 до 4 824,51	4 639,9	0	0	1	0,002
		500	1	500	1

Он показывает риск, приходящийся на единицу дохода, и по этой причине является более оптимальным критерием его оценки. Известно, что значение коэффициента вариации больше единицы говорит о высоком риске, а значение меньше единицы — о небольшом риске. Рассчитывая его для каждого проекта, получаем, что  $CV_A = 0,385$ , а  $CV_B = 0,337$ . Следовательно, наибольшим риском обладает проект  $A$ , а не проект  $B$ .

Полезно также суммировать найденные с помощью имитационного моделирования вероятности и изобразить их в системе координат, при этом уровень доходов откладывается по оси абсцисс, а накопленные вероятности — по оси ординат (рис. 66). В итоге мы получаем имитационные распределения вероятностей применительно к обоим проектам. В обсуждаемом здесь примере значения функции инвестиций  $B$  почти на всем протяжении интервала доходов меньше соответствующих значений функции инвестиций  $A$ . Следовательно, если при любой вероятности задать вопрос, какой уровень дохода в наилучшем случае обещает инвестиция, то проект  $A$  почти всегда окажется менее привлекательным. Поэтому мы можем констатировать, что по критерию стохастического доминирования второго порядка нужно предпочесть проект  $B$ .

**Критика метода.** Анализ рисков проектов с использованием имитационного моделирования методом Монте-Карло имеет следующие преимущества и недостатки.

- Данный метод ориентируется на основополагающую модель принятия решения. Это позволяет учесть большое число альтернативных будущих ситуаций без необходимости явного отражения всех возможных вариантов будущего развития событий в рамках матрицы результатов, составление которой требует больших затрат.
- Из результатов анализа риска методом Монте-Карло можно извлечь информацию, которая позволяет принять решение на основе классического принципа “доходность — риск”.
- Данный метод позволяет обработать ненадежные данные как в отношении независимых друг от друга, так и зависящих друг от друга факторов.



Рис. 66. Имитационное распределение вероятностей уровня дохода при осуществлении двух разных проектов

- Имитационное моделирование можно осуществлять лишь с помощью компьютеров.

На основе преимущественно положительных свойств данного метода анализа риска на практике он применяется все чаще, прежде всего при рассмотрении больших инновационных проектов.

#### 8.4. Последовательные инновационные решения

В рамках последовательных инновационных решений речь идет о том, чтобы выбрать оптимальную очередность инвестиций в инновации в потоке времени. Приведем классический пример: должен ли инвестор купить сегодня мощное новое оборудование или он должен сначала установить небольшие производственные мощности и позже, если это окажется необходимым, расширить их?

Для представления основных проблем последовательных инновационных решений в условиях риска и методов их решения целесообразно начать с простого примера.

**Пример 65.** Рассмотрим поведение инвестора с плановым периодом  $n = 2$  года и базовым денежным потоком  $(M_0, M_1, M_2) = (65; -10; 90)$ . Инвестор стремится к максимальным постоянным изъятиям при остаточном имуществе в объеме 140 ден. ед. Рынок капитала является несовершенным при ставках процентов по заимствованию 12% годовых и ставках процентов по инвестированию 6% годовых.

**Возможности инвестиций и дезинвестиций.** Инвестор может в момент времени  $t = 0$  установить либо малый объект ( $K$ ), либо большой ( $G$ ). В момент времени  $t = 1$  он может или расширить малый объект ( $KG$ ), или уменьшить большой объект ( $GK$ ), или вообще ничего не делать ( $NT$ ). При осуществлении этих мероприятий в моменты времени  $t = 0$  и  $t = 1$  возникают платежи, приведенные в табл. 125.

Таблица 125

**Инвестиционные платежи (ден. ед.)**

		$t = 0$	$t = 1$
Малый объект	$K$	-50	
Большой объект	$G$	-90	
Расширить малый объект	$KG$		-25
Уменьшить большой объект	$GK$		20
Ничего не делать	$NT$		0

**Негарантированные возвратные потоки.** Значения будущих возвратных потоков не являются гарантированными. Они зависят, с одной стороны, от динамики спроса, а с другой — от решений инвестора о своей политике вложений капитала. Возвратные потоки, которые можно ожидать в моменты времени  $t = 1$  и  $t = 2$ , можно увидеть в табл. 126. Вероятность того, что спрос в первом периоде будет низким, составляет  $P(N) = 60\%$ . Вероятность, что он будет в этом периоде высоким, равна  $P(H) = 40\%$ . Если мы зададим инвестору вопрос о том, как он оценивает вероятности благоприятной и неблагоприятной динамики спроса во втором периоде, то он вынесет свой вердикт в зависимости от того, какая динамика фактически

имела место в первом периоде. Следовательно, он назовет условные вероятности (табл. 127). Для объяснения символики следует отметить, что  $P(N/H)$  — это вероятность наступления низкого спроса во втором периоде в случае, если спрос в первом периоде был высоким, и так далее.

Таблица 126

**Возвратные потоки (ден. ед.)**

		Инвестиционный объект	
		малый	большой
Спрос	низкий	50	50
	высокий	50	100

Таблица 127

**Вероятности спроса**

Спрос в первом периоде	Спрос во втором периоде
низкий $P(N) = 0,6$	низкий $P(N/N) = 0,5$ высокий $P(H/N) = 0,5$
высокий $P(H) = 0,4$	низкий $P(N/H) = 0,2$ высокий $P(H/H) = 0,8$

Цифры табл. 127 можно иллюстративно изобразить с помощью дерева ситуаций в соответствии с рис. 67. Обведенные цифры в правом краю этого рисунка означают вероятности, с которыми ожидаются четыре конечные ситуации:

- $S_1$  — спрос всегда является низким;
- $S_2$  — спрос сначала является низким, а потом высоким;
- $S_3$  — спрос сначала является высоким, а потом низким;
- $S_4$  — спрос всегда является высоким.

Здесь мы имеем дело с обязательными вероятностями, которые мы получили из оценок вероятностей инвестора посредством перемножения данных “вдоль дуг”. Обязательная вероятность того, что

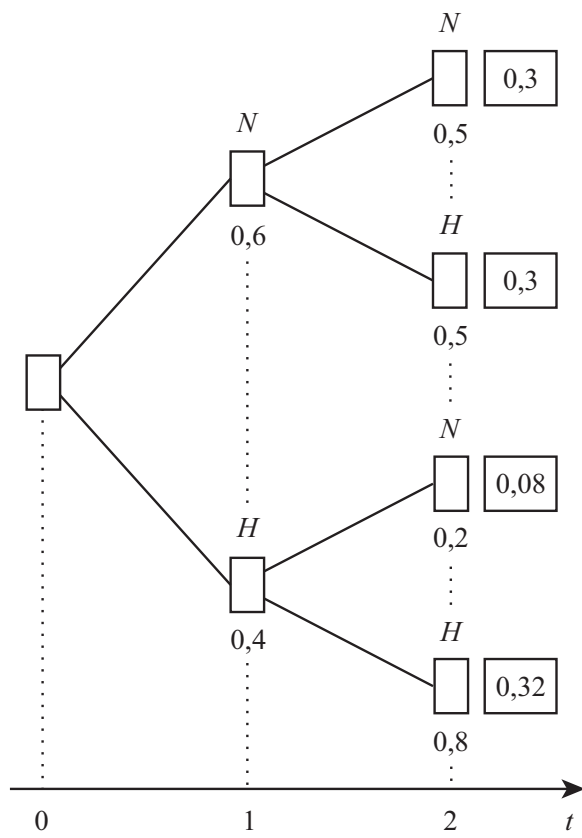


Рис. 67. Дерево ситуаций для последовательной проблемы принятия решений

спрос является сначала высоким, а потом низким, составляет в соответствии с этим подходом  $P(H)P(N/H) = 0,4 \cdot 0,2 = 0,08$ . Теперь проблема принятия решения полностью описана.

### 8.5. Жесткое планирование

При жестком планировании мы ограничимся частью совместно реализуемых альтернатив действий. Значит, при этой форме планирования некоторыми инновационными стратегиями сознательно пренебрегают. Поэтому возможно, что мы не найдем в действительности самую выгодную альтернативу действий. Какие же альтернативы учитываются при жестком планировании в рассуждениях?

*Жесткое планирование означает следующее: в рамках последовательного принятия решения в условиях риска учитываются лишь те альтернативы, которые существуют и тогда, когда имеет место определенность.*

Выясним для себя это на числовом примере. Если не существовало бы неопределенности в отношении спроса в моменты времени  $t = 1$  и  $t = 2$ , то инвестор мог бы выбирать между четырьмя альтернативами (инновационными стратегиями), представленными в табл. 128.

Таблица 128

#### Инновационные альтернативы (стратегии) при жестком планировании

$A_1$	$K + NT$	постройка малого объекта в $t = 0$ без расширения мощности в $t = 1$
$A_2$	$K + KG$	постройка малого объекта в $t = 0$ с расширением мощности в $t = 1$
$A_3$	$G + NT$	создание большого объекта в $t = 0$ без уменьшения мощности в $t = 1$
$A_4$	$G + GK$	создание большого объекта в $t = 0$ с уменьшением мощности в $t = 1$

Данные альтернативы, естественно, существуют и тогда, когда в отношении динамики спроса имеет место неопределенность. Но тогда существуют еще и иные, до сих пор не представленные возможности действий.

В нашем числовом примере найти оптимальную альтернативу удастся при менее сложной структуре с помощью матрицы решений. Она состоит при четырех альтернативах и четырех будущих ситуациях из 16 клеток. Сначала необходимо определить денежные потоки. Отсюда необходимо рассчитать при учете упомянутых в предыдущем параграфе данных уровни постоянных изъятий  $Y$  (см. параграф 6.8). Получаем следующие величины:

*Альтернатива 1*

$$S_1 : - 50; 50; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 18,54;$$

$$S_2 : - 50; 50; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 18,54;$$

$$S_3 : - 50; 50; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 18,54;$$

$$S_4 : - 50; 50; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 18,54.$$

*Альтернатива 2*

$$S_1 : - 50; 50 - 25; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 10,29;$$

$$S_2 : - 50; 50 - 25; 100 \quad \Longrightarrow \quad Y = 25,37;$$

$$S_3 : - 50; 50 - 25; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 10,29;$$

$$S_4 : - 50; 50 - 25; 100 \quad \Longrightarrow \quad Y = 25,37.$$

*Альтернатива 3*

$$S_1 : - 90; 50; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 3,92;$$

$$S_2 : - 90; 50; 100 \quad \Longrightarrow \quad Y = 18,8;$$

$$S_3 : - 90; 100; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 20,24;$$

$$S_4 : - 90; 100; 100 \quad \Longrightarrow \quad Y = 35,4.$$

*Альтернатива 4*

$$S_1 : - 90; 50 + 20; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 10,45;$$

$$S_2 : - 90; 50 + 20; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 10,45;$$



$$S_3 : -90; 100 + 20; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 26,77;$$

$$S_4 : -90; 100 + 20; 50 \quad \Longrightarrow \quad Y = 26,77.$$

А теперь мы можем построить матрицу решений (табл. 129).

Таблица 129

**Матрица решений при жестком планировании  
(ден. ед.)**

	$S_1$ $p_1 = 0,3$	$S_2$ $p_2 = 0,3$	$S_3$ $p_3 = 0,08$	$S_4$ $p_4 = 0,32$
$A_1$ ( $K + NT$ )	18,54	18,54	18,54	18,54
$A_2$ ( $K + KG$ )	10,29	25,37	10,29	25,37
$A_3$ ( $G + NT$ )	3,92	18,8	20,24	35,4
$A_4$ ( $G + GK$ )	10,45	10,45	26,77	26,77

Какая из четырех альтернатив с точки зрения инвестора является оптимальной, зависит от его отношения к риску. Мы могли бы применить к анализу этой матрицы решений как классическое правило принятия решений на основе принципа “доходность — риск”, так и принцип *Бернулли*, основанный на сравнении математических ожиданий значений полезности:

$$E[U(x_j)] \geq E[U(x_k)] \quad \Longrightarrow \quad A_j \succeq A_k.$$

Если предполагается, что лицо, принимающее решение, ориентируется на математическое ожидание уровня изъятий, то решение будет принято в пользу альтернативы  $A_3$  (табл. 130). Поэтому инвестор при жестком планировании (и применении принципа математического ожидания) в нашем числовом примере принимает решение в пользу установки большого инвестиционного объекта.

## 8.6. Гибкое планирование

В противоположность к жесткому планированию при гибком планировании учитываются все альтернативы инвестора.

Таблица 130

**Принятие решения на основе принципа Бернулли (ден. ед.)**

	$E[Y] = \sum_{s=1}^S Y_s p_s$
$A_1 (K + NT)$	18,54
$A_2 (K + KG)$	19,64
$A_3 (G + NT)$	<b>19,76</b>
$A_4 (G + GK)$	16,98

*Гибкое планирование означает следующее: в рамках последовательного принятия решения в условиях риска анализируются все альтернативы действий, особенно те, при которых в случае различий в будущем развитии событий происходят разные реакции.*

Дополнительные возможности действий в рамках нашего числового примера приводят инвестора к альтернативам, представленным в табл. 131.

Таблица 131

**Иновационные альтернативы (стратегии) при гибком планировании**

$A_5$	$K + NT$ $K + KG$	если спрос в первом периоде является высоким, если спрос в первом периоде является низким
$A_6$	$K + KG$ $K + NT$	если спрос в первом периоде является высоким, если спрос в первом периоде является низким
$A_7$	$G + NT$ $G + GK$	если спрос в $t = 1$ является высоким, если спрос в первом периоде является низким
$A_8$	$G + GK$ $G + NT$	если спрос в первом периоде является высоким, если спрос в первом периоде является низким

Дополнительные альтернативы, при которых последовательные меры зависят от того, как изменяется спрос в первом периоде, не были учтены при жестком планировании. При поиске самых выгодных

из полученных 8 альтернатив мы можем идти двумя путями. Мы можем делать то же самое, что было осуществлено выше при описании жесткого планирования, разработав полную матрицу решений. Либо мы можем использовать методику рекурсивной оптимизации, например, метод “обратного счета” (rollback), который далее будет нами описан. В каждом случае мы придем к выводу, согласно которому  $A_6$  является самой лучшей альтернативой (табл. 132).

Таблица 132

**Принятие решения на основе принципа Бернулли  
(ден. ед.)**

	Спрос в первом периоде		$E[Y] = \sum_{s=1}^S Y_s p_s$
	высокий	низкий	
$A_5 (K + \dots)$	NT	KG	18,11
$A_6 (K + \dots)$	KG	NT	<b>20,06</b>
$A_7 (G + \dots)$	NT	GK	19,76
$A_8 (G + \dots)$	GK	NT	17,52

Отсюда, согласно табл. 132, следует, что инвестор должен принять решение в пользу альтернативы  $A_6$ . Это означает следующее: он должен установить сегодня малый объект и расширить его, если спрос изменяется благоприятно, но отказаться от такого расширения, если спрос в первом периоде является низким. Следовательно, принятие решения в пользу установки большого объекта при жестком планировании является субоптимальным.

Рис. 68 описывает наш числовой пример в форме дерева решений. У корня дерева начинаются две дуги решения  $K$  и  $G$ . На концах обеих дуг решений находятся (начерченные в виде круга) узлы, которые символизируют возникновение случайных событий, в нашем случае — изменения спроса. В узлах начинаются (изображенные пунктиром) дуги случайностей  $H$  и  $N$  первого периода, которые показывают наступление высокого или низкого спроса с соответствующими вероятностями. На концах этих дуг находятся (начертанные в виде прямоугольников) узлы решений, в которых начинаются дуги

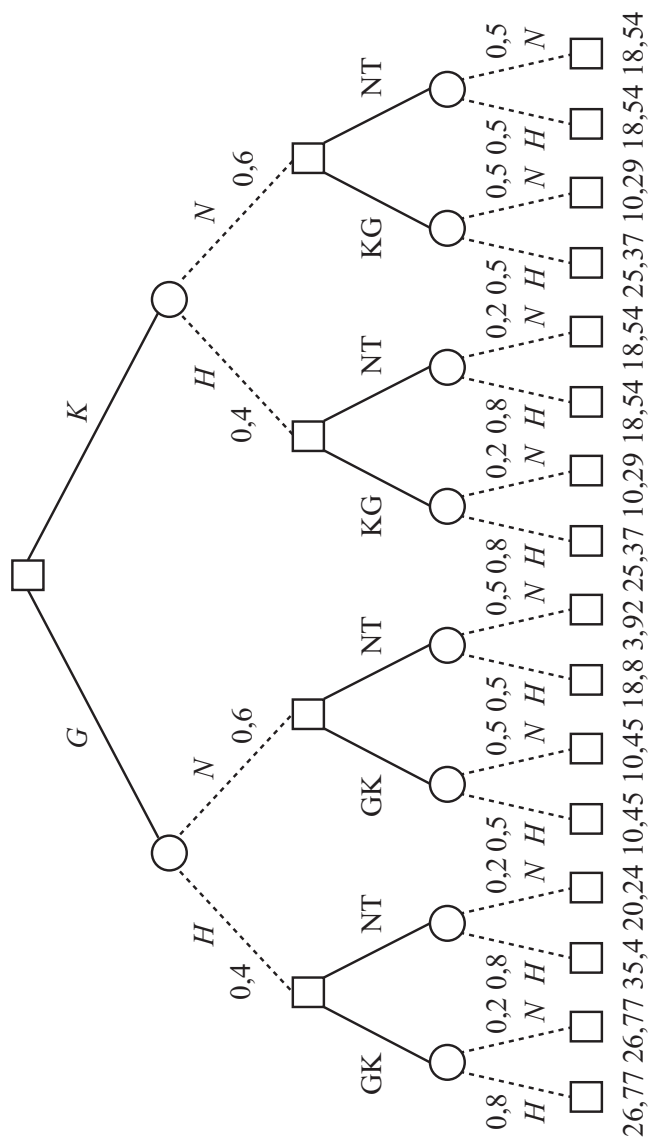


Рис. 68. Дерево решений для описания последовательного принятия решения в условиях риска

решений NT, KG и GK следующего периода. После них снова действует случайность, при которой инвестор сталкивается с низким или высоким спросом во втором периоде.

Дерево решений имеет в совокупности 16 конечных узлов. Каждый путь от корня дерева до конечных узлов можно уподобить двум ходам при игре в шахматы, в которой один шахматный игрок является инвестором, а другой игрок — случайностью, и каждый из этих путей приводит к определенному денежному потоку. Например, путь  $K \rightarrow H \rightarrow KG \rightarrow N$  связан с денежным потоком  $(-50; 50 - 25; 50)$ , а путь  $K \rightarrow H \rightarrow KG \rightarrow H$  — с денежным потоком  $(-50; 50 - 25; 100)$ . Таким образом, каждый денежный поток одного из 16 путей дуг соответствует определенному уровню  $Y$ , который записан в виде результата соответствующей “очередности шахматного хода” в конечных узлах. Проблема принятия решения инвестором состоит в определении того, является ли  $K$  или  $G$  лучшим ходом, открывающим игру. Чтобы найти самую лучшую исходную инвестицию, мы применяем метод обратного счета, который основывается на тех же принципах, что и динамическое программирование.

**Первый ход.** Начинаем с самого последнего по времени решения и зададим вопрос о том, какие решения являются самыми выгодными в момент времени  $t = 1$ , если к этому моменту спрос оказывается равным определенной величине. Приводимые ниже расчеты начинаются в ветви решений рис. 69 в правой части снизу и перемещаются влево вверх.

- *Ситуация — низкий спрос*

$$E[Y_{NT}] = 0,5 \cdot 18,54 + 0,5 \cdot 18,54 = 18,54;$$

$$E[Y_{KG}] = 0,5 \cdot 25,37 + 0,5 \cdot 10,29 = 17,83.$$

Значит, “не делать ничего” выгодно, а “расширение” малого объекта невыгодно. Поэтому мы вычеркиваем дугу решения KG.

- *Ситуация — высокий спрос*

$$E[Y_{NT}] = 0,8 \cdot 18,54 + 0,2 \cdot 18,54 = 18,54;$$

$$E[Y_{KG}] = 0,8 \cdot 25,37 + 0,2 \cdot 10,29 = 22,35.$$

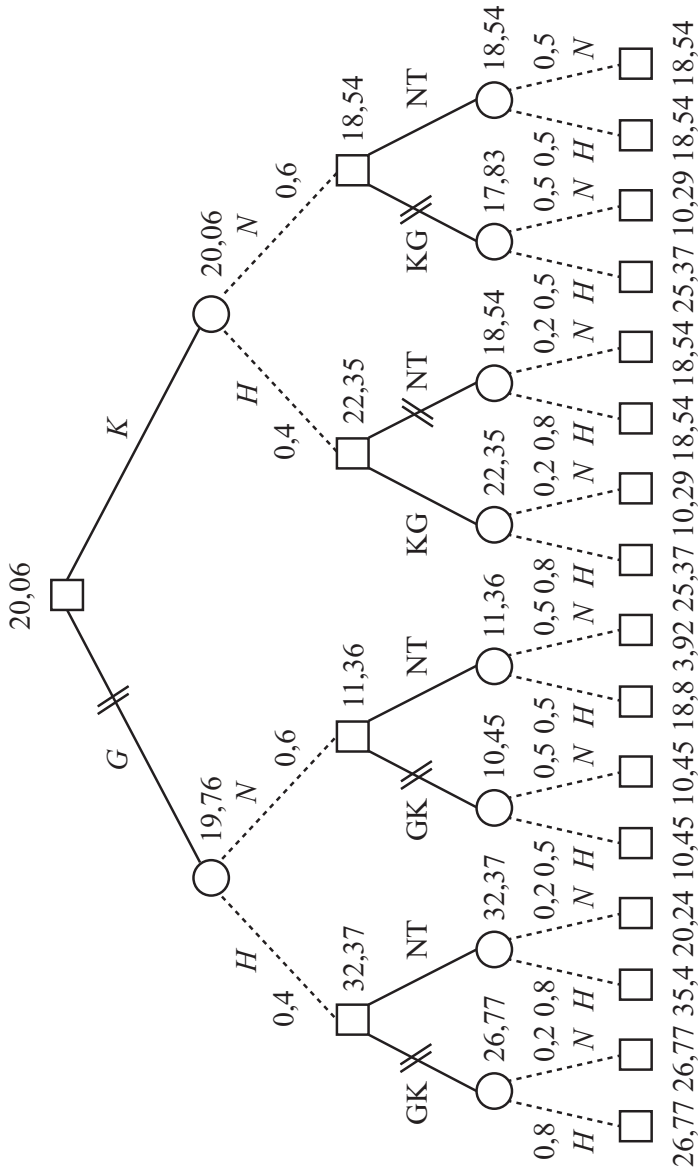


Рис. 69. Рекурсивный расчет оптимальной исходной инвестиции (метод обратного счета)

Значит, “расширение малого объекта” лучше, чем “не делать ничего”. Поэтому вычеркивается дуга решения NT.

- *Ситуация — низкий спрос*

$$E[Y_{NT}] = 0,5 \cdot 18,8 + 0,5 \cdot 3,92 = 11,36;$$
$$E[Y_{GK}] = 0,5 \cdot 10,45 + 0,5 \cdot 10,45 = 10,45.$$

Нужно вычеркнуть дугу решения GK.

- *Ситуация — высокий спрос*

$$E[Y_{NT}] = 0,8 \cdot 35,4 + 0,2 \cdot 20,24 = 32,37;$$
$$E[Y_{GK}] = 0,8 \cdot 26,77 + 0,2 \cdot 26,77 = 26,77.$$

Опять нужно вычеркнуть дугу решения GK.

**Второй ход.** Теперь мы рассмотрим решения, которые нужно принять по времени на один период раньше. При этом в отношении последующих решений предполагается, что реализуются каждый раз самые лучшие планы. Обозначенные пунктиром дуги решения не учитываются. Поэтому

$$E[Y_K] = 0,4 \cdot 22,35 + 0,6 \cdot 18,54 = 20,06;$$
$$E[Y_G] = 0,4 \cdot 32,37 + 0,6 \cdot 11,36 = 19,76.$$

Оптимальным является принятие решения в пользу малого объекта. Дуга решения G вычеркивается. Значит, инвестор должен принять решение установить малый объект, чтобы затем расширить его (дуга решения KG), если спрос в первом периоде является высоким, и ничего не делать (дуга решения NT), если спрос является низким.

## 8.7. Критика гибкого планирования

**Затраты на планирование.** Мы установили, что при жестком планировании инновационные альтернативы инвестора не учитываются исчерпывающим образом, т. к. оказывается не построенной полная система возможных решений. В этом смысле гибкое планирование концептуально превосходит жесткое планирование. Но о таком

превосходстве можно однозначно говорить только в том случае, если мы пренебрегаем затратами на планирование, а такие затраты при гибком планировании могут очень быстро принимать большие значения. Обоснование данного тезиса состоит в том, что в противоположность нашему простому числовому примеру, инвесторы в каждый момент времени имеют не только две, а существенно больше возможностей принятия решений. Далее, в противоположность нашему числовому примеру, такая стохастическая величина, как спрос, может принимать не только значения “высокие” и “низкие”, но и различные промежуточные значения. К этому следует добавить, что в практике принятия решения неопределенным является не только спрос, но и бесчисленное множество других переменных, так что нужно было бы работать с чрезмерно разветвленным деревом ситуаций.

**Метод решения.** Какие методы решения в принципе существуют для анализа дерева решений?

- Полный перебор всех альтернатив действий применяется лишь для достижения полноты. В ситуациях принятия решения, которые близки к действительности, такой подход непригоден.
- Метод обратного счета на основе дерева решения, естественно, более эффективен. Но его возможности не безграничны. По сравнению с тотальным перечислением этот метод имеет следующий недостаток. Оптимальность последовательных решений определяется на основе математических ожиданий. Это означает следующее:

*Или необходимо предполагать, что инвестор нейтрален к риску и придерживаться принципа  $\mu$ :*

$$E[x_j] \geq E[x_k] \implies A_j \succeq A_k,$$

*или необходимо предполагать, что инвестор готов применить принцип Бернулли:*

$$E[U(x_j)] \geq E[U(x_k)] \implies A_j \succeq A_k.$$



Существуют еще два метода, которые также предполагают, что инвестор действует согласно принципу  $\mu$  или принципу Бернулли.

- Динамическое программирование тоже работает рекурсивно и родственно методу обратного счета, при этом оно в отдельных случаях может быть более мощным.
- Превосходящим все эти методики решения считается частично целочисленное линейное программирование на базе дерева ситуаций (называемое также методом дерева ситуаций), хотя и этот метод имеет свои ограничения, если необходимо учитывать относительно большое число ситуаций окружающей среды за один субпериод.

Если применение всех методов порождает трудности нахождения оптимального решения при удовлетворительных затратах, то придется снизить свои требования и искать подходящее упрощение проблем планирования. *Индерфурт* показал, что в качестве стратегий таких упрощений можно использовать жесткое планирование и эвристические методы решения.

### **8.8. Оценка инновационного проекта с учетом возможности его прекращения**

Особенностью современной практики осуществления инвестиций в инновации в России является то, что проекты, выгодные по формальным критериям, часто не доводятся до завершения или задерживаются на длительные сроки, что превращает их в убыточные. Причины отказа от проекта могут быть вынужденными, могут быть добровольными, а вероятность остановки проекта на каком-либо из этапов его осуществления присутствует почти всегда.

Наиболее серьезными причинами вынужденного отказа от проектов являются следующие.

- Незрелость российского законодательства и механизмов его претворения в жизнь. Это мешает развитию прогрессивных

форм проектного финансирования и приводит к нестабильности правил, на основе которых строятся отношения между спонсорами, инвесторами, кредиторами проекта и органами государственной власти.

В частности, это является причиной того, что крупные инвесторы в России, стремясь застраховаться от законодательного риска, ищут формальной и неформальной поддержки органов государственного управления. Это, однако, ставит их проекты в зависимость от конкретного лица или группы лиц, которые в данный момент находятся у власти, и порождает риск остановки проекта при смене или корректировке политического курса.

- Отсутствие информации, позволяющей с определенной степенью достоверности судить об истинных целях участников проекта и их способности справиться с возложенными на них задачами.

В результате, когда выявляется невозможность для кого-либо из спонсоров или исполнителей проекта обеспечить выполнение своих обязательств, проект утрачивает жизнеспособность, а механизмов ее возвращения путем перекрестных обязательств, выплаты дефицитных платежей и т. п. при этом часто не создается.

- Характер проекта и естественные условия его осуществления.

Традиционно наиболее рисковыми считаются проекты, которые либо являются полностью инновационными, либо не удовлетворяют современным техническим стандартам. Оборудование и сам технологический процесс на многих российских предприятиях не только не отвечают современным требованиям к производительности, но и не обеспечивают необходимую безопасность для персонала.

Аварии — все более значимый фактор, способный привести к неожиданному прекращению в осуществлении проектов.

**Реальный пут-опцион на отказ от бизнеса.** Когда речь идет о добровольных причинах прекращения проекта, мы имеем дело с ситуацией *исполнения реального опциона на отказ от бизнеса*.

Мотивами отказа от бизнеса являются выявившаяся в процессе осуществления проекта несостоятельность, техническая неосуществимость в том виде, в котором это ожидалось, а также развитие событий по пессимистическому сценарию в отношении доходов и расходов проекта.

Возможность отказа от проекта на определенном этапе его осуществления называется реальным пут-опционом.

Такое название возникло потому, что ситуация покупки пут-опциона на финансовом рынке во многом напоминает ситуацию, в которой оказывается инвестор, имеющий возможность отказаться от проекта и продать свою долю по фиксированной цене или по предварительно оцененной ликвидационной стоимости.

Действительно, пут-опцион — это контракт, позволяющий продать определенное количество базисного актива (например, акций какой-то компании) по фиксированной цене (цене исполнения) через определенное время или в течение определенного времени.

Если рыночная цена акций за время действия опциона упадет ниже цены исполнения контракта, то такой опцион выгодно исполнить, т. к. это даст возможность продать базисный актив по завышенной (по сравнению с рыночной) цене. Понятно, что сама возможность такой продажи должна иметь цену, иначе контракт был бы невыгоден другой стороне.

Цена опциона называется премией и зависит от вероятности исполнения контракта — чем она больше, там больше премия.

А что же такое реальный опцион? Это та же возможность продать базисный актив (проект, долю в бизнесе) по ликвидационной стоимости (цене исполнения) через некоторое время после начала проекта. При каких обстоятельствах это может произойти?

Очевидно, в случае если оценка приведенной стоимости будущих доходов от проекта (т. е. рыночная ценность действующего объекта) окажется меньше ликвидационной стоимости активов проекта. То есть, как и в случае обычного опциона: при цене исполнения большей, чем рыночная цена базисного актива.

И так же как и в предыдущем случае, сама возможность выйти из бизнеса должна иметь ценность, которая должна быть прибавлена к ожидаемому эффекту от проекта (в виде “побочного эффекта”).

Иными словами, пойти на осуществление проекта и одновременно иметь возможность выйти из него — все равно, что осуществить комбинированную стратегию одновременной покупки базисного актива и опциона на его продажу.

**Традиционный подход к оценке реальных пут-опционов.** Рассмотрим, каким образом в расчеты по обоснованию инновационного решения можно было бы ввести вероятность прерывания его осуществления.

Для примера возьмем ситуацию реального опциона, т. е. возможности добровольного отказа от проекта, предполагая, что многие выводы, сделанные нами, будут справедливы и для случая вынужденного прекращения проекта.

Представление об опционе на отказ от бизнеса появилось относительно недавно. Вкратце суть теории реальных опционов на отказ от бизнеса можно свести к следующему.

Проект может быть выгоден при благоприятном стечении обстоятельств и невыгоден — при неблагоприятном. В последнем случае его осуществление останавливается, имущество распродается, т. е. извлекается ликвидационная стоимость.

Таким образом, вместо того чтобы продолжать нерентабельный бизнес, получая низкие доходы, мы как бы реализуем “пут-опцион” на продажу данного бизнеса, извлекая из него более высокую ликвидационную стоимость. Кратко рассмотрим предлагаемую методику оценки подобного опциона.

Пусть ценность бизнеса в случае благоприятного стечения обстоятельств равна  $H$ , в случае неблагоприятного —  $M$ :  $H \gg M$ . Вероятности каждого из исходов равны  $1 - p$  и  $p$ . Инвестор имеет возможность в случае неблагоприятного развития ситуации продать бизнес по ликвидационной стоимости  $L$ :  $H > L > M$ .

В благоприятном случае возможность продажи бизнеса не реализуется и цена такой возможности равна нулю. В неблагоприятном случае эта возможность реализуется и инвестор получает доход  $L - M$ .

Отсюда на сегодняшний момент цена опциона (возможности) на отказ от бизнеса равна приведенной величине математического ожидания полученных доходов, т. е.

$$P = \frac{(1-p) \cdot 0 + p(L-M)}{(1+r_f)^t},$$

где  $r_f$  — ставка безрисковой доходности (%);

$t$  — время, через которое станет ясно, по какому пути пойдут события (лет).

В качестве ставки дисконта берется  $r_f$ , потому что вероятности  $p$  и  $1-p$  являются *риск-нейтральными*.

Риск-нейтральные вероятности — это не то же самое, что объективные вероятности, которые мы обычно используем, когда оцениваем возможность будущего события. Это лишь математические условности, которые позволяют дисконтировать денежные потоки по безрисковым ставкам.

Цена бизнеса в данном случае равна

$$V = \frac{(1-p)H + pM}{(1+i)^t},$$

где  $i$  — ставка доходности с таким же уровнем риска, как и данный проект (%).

**Предлагаемый методологический подход к оценке реальных пут-опционов.** В настоящее время у специалистов существуют сомнения в возможности применения риск-нейтрального подхода, предполагающего высокую степень эффективности рынка, к условиям развивающегося, информационно неэффективного рынка РФ.

Если риск-нейтральные вероятности заменить на объективные, то указанная методика оценки опциона представляется не совсем корректной. В результате ее применения цена бизнеса оказывается заниженной, а ценность опциона — завышенной. Прежде всего, в случае неблагоприятного стечения обстоятельств рискованный бизнес вообще не продолжается, и поэтому его цена в этом случае равна не  $M$ , а нулю. Опцион же на отказ от бизнеса дает в этом случае доход не  $L-M$ , а всю величину  $L$ .

Поэтому в данном простом примере следовало бы рассчитывать:

- ценность опциона как

$$P = \frac{pL}{(1+r_f)^t},$$

где  $r_f$  — ставка дисконта, соответствующая риску получения ликвидационной стоимости, либо безрисковая ставка, если получение стоимости ликвидации гарантировано (%);

- ценность бизнеса по формуле

$$V = \frac{(1-p)H}{(1+i)^t}.$$

Проиллюстрируем предлагаемый подход на простом примере.

**Пример 66.** Всемирно известная корпорация  $F$  по производству сигарет планирует открыть в российском городе  $K$  свой филиал. Для производства сигарет предполагается использовать местное сырье. Однако, чтобы придать этому сырью определенные свойства, необходимо осуществить проект, начать который нужно уже сейчас.

По оценке менеджеров российской компании, данный проект будет приносить различные доходы в зависимости от того, по какому сценарию будут развиваться события.

Если филиал компании  $F$  будет открыт, то предприятие по производству сырья будет приносить ежегодный денежный поток 120 млн руб., начиная со 2-го года (расчет производится в постоянных ценах).

Если филиал не откроется, то предприятие может продавать сырье российским потребителям, однако ежегодный денежный поток проекта не превысит 30 млн руб.

Пессимистичный и оптимистичный сценарии в настоящее время рассматриваются как равновероятные, хотя уже через год можно ожидать полной ясности в вопросе о присутствии компании  $F$  на российском рынке. Однако начинать проект придется, как уже было сказано, в нулевом периоде, т. е. в условиях неопределенности.

Оценка ликвидационной стоимости проекта через год — 420 млн руб. в ценах нулевого периода. Средневзвешенная стоимость капитала в реальной оценке составляет 12% годовых, безрисковая ставка — 4% годовых.

Каков ожидаемый экономический эффект от проекта, если учесть, что сегодня в него необходимо вложить 640 млн руб.?

Через год перпетуитетная ценность бизнеса может быть равна:

а) в случае открытия филиала —

$$H = \frac{CF_{\text{opt}}}{WACC} = \frac{120}{0,12} = 1\,000 \text{ (млн руб.)};$$

б) в случае пессимистичного развития событий —

$$M = \frac{CF_{\text{pes}}}{WACC} = \frac{30}{0,12} = 250 \text{ (млн руб.)}.$$

1. Определим ценность будущего предприятия в оценке на сегодняшний момент, используя традиционный подход к расчету реальных пут-опционов:

• оценка бизнеса —

$$V = \frac{(1-p)H + pM}{1+i} = \frac{(1-0,5)1\,000 + 0,5 \cdot 250}{1,12} = 558,06 \text{ (млн руб.)};$$

• оценка опциона —

$$P = \frac{(1-p) \cdot 0 + p(L-M)}{1+r_f} = \frac{(1-0,5) \cdot 0 + 0,5(420-250)}{1,04} = 81,73 \text{ (млн руб.)};$$

• ожидаемый эффект от проекта —

$$E[\text{NPV}] = 558,06 + 81,73 - 640 = -0,21 \text{ (млн руб.)} < 0,$$

т. е. проект убыточен.

2. Оценим проект, используя предлагаемый выше подход к расчету премии за реальный пут-опцион:

• ценность бизнеса —

$$V = \frac{(1-p)H}{1+i} = \frac{(1-0,5)1\,000}{1,12} = 446,43 \text{ (млн руб.)};$$

- премия за опцион —

$$P = \frac{pL}{1 + r_f} = \frac{0,5 \cdot 420}{1,04} = 201,92 \text{ (млн руб.)};$$

- ожидаемый эффект от проекта —

$$E[\text{NPV}] = 446,43 + 201,92 - 640 = 8,35 \text{ (млн руб.)} > 0,$$

т. е. проект не кажется убыточным.

Рассмотрим отдельно ценность бизнеса и ценность опциона, предполагая, что вероятность прерывания проекта  $p$  известна.

**Эффект от проекта с учетом возможности его прерывания.** Пусть существует некоторый проект, приносящий денежный поток  $(CF_0, CF_1, CF_2, \dots, CF_n)$ . Если бы не было вероятности  $p$  отказа от проекта, то критерий NPV был бы равен

$$\text{NPV} = CF_0 + \sum_{t=1}^n CF_t \prod_{\tau=1}^t \frac{1}{1 + i_\tau}.$$

Предположим, что вероятность отказа от бизнеса в году  $\tau$  равна  $p_\tau$ . Тогда с учетом приведенных выше рассуждений получим, что

$$\text{NPV} = CF_0 + \sum_{t=1}^n CF_t \prod_{\tau=1}^t \frac{1 - p_\tau}{1 + i_\tau}.$$

Таким образом, стандартная функция финансовой математики  $\nu = \frac{1}{1 + i}$  с учетом вероятности прерывания бизнеса превращается в функцию  $\nu_p = \frac{1 - p}{1 + i}$ .

Нетрудно вывести аналогичные формулы и для других функций финансовой математики с учетом  $p$ -фактора (в данном случае  $p$  — средняя вероятность прекращения потока платежей в расчете на единичный интервал времени). Эти функции представлены в табл. 133.



**Основные функции финансовой математики без учета и с учетом вероятности прерывания потока платежей**

Функция	Формула без учета $p$ -фактора	Формула с учетом $p$ -фактора
Современная стоимость единичного платежа	$v^n = \frac{1}{(1+i)^n}$	$v_p^n = \left( \frac{1-p}{1+i} \right)^n$
Современная стоимость аннуитета	$a_{n;i} = \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$	$a_{n;i;p} = \frac{(1+i)^n - (1-p)^n}{(1+i)^n(i+p)} (1-p)$
Современная стоимость perpetuity-тета	$a_i = \frac{1}{i}$	$a_{i;p} = \frac{1-p}{i+p}$
Будущая стоимость аннуитета	$s_{n;i} = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$	$s_{n;i;p} = \frac{(1+i)^n - (1-p)^n}{i+p} (1-p)$

Приведем вывод формул для  $a_{n;i;p}$ ,  $a_{i;p}$  и  $s_{n;i;p}$ .

$$\begin{aligned}
 a_{n;i;p} &= \sum_{t=1}^n \left( \frac{1-p}{1+i} \right)^t = \\
 &= \left[ S_n = \frac{b_1(q^n - 1)}{q - 1}; \quad b_1 = \frac{1-p}{1+i}; \quad q = \frac{1-p}{1+i} \right] = \\
 &= \frac{\frac{1-p}{1+i} \left( \left( \frac{1-p}{1+i} \right)^n - 1 \right)}{\frac{1-p}{1+i} - 1} = \frac{\left( \frac{1-p}{1+i} \right)^n - 1}{1 - \frac{1+i}{1-p}} = \\
 &= \frac{((1-p)^n - (1+i)^n)(1-p)}{(1+i)^n(1-p-1-i)} = \frac{(1+i)^n - (1-p)^n}{(1+i)^n(i+p)}(1-p). \\
 a_{i;p} &= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\left( \frac{1-p}{1+i} \right)^n - 1}{1 - \frac{1+i}{1-p}} = \left[ \frac{1-p}{1+i} < 1 \right] = \frac{1}{\frac{1+i}{1-p} - 1} = \\
 &= \frac{1-p}{1+i-1+p} = \frac{1-p}{i+p}. \\
 s_{n;i;p} &= a_{n;i;p}(1+i)^n = \frac{(1+i)^n - (1-p)^n}{(1+i)^n(i+p)}(1-p)(1+i)^n = \\
 &= \frac{(1+i)^n - (1-p)^n}{i+p}(1-p).
 \end{aligned}$$

**Премия за реальный опцион на отказ от проекта.** По завершении 1-го года вероятность получения ликвидационной стоимости  $L_1$  равна  $p_1$ . Получение ликвидационной стоимости  $L_2$  по завершении 2-го года возможно, только если 1-й год прошел успешно, бизнес продан не был и стоимость его ликвидации  $L_1$  получена не была. Вероятность этого события равна  $1 - p_1$ . Отсюда вероятность получения ликвидационной стоимости  $L_2$  равна  $(1 - p_1)p_2$ .

По аналогии вероятность получения ликвидационной стоимости  $L_3$  в 3-й год равна  $(1 - p_1)(1 - p_2)p_3$  и т. д. (табл. 134).

Если все математические ожидания получения ликвидационной стоимости сложить, введя в расчет фактор времени, то получим

Таблица 134

Расчет математического ожидания получения ликвидационной стоимости

Ликвидационная стоимость	Вероятность получения	Математическое ожидание получения ликвидационной стоимости
$L_1$	$p_1$	$L_1 p_1$
$L_2$	$(1 - p_1) p_2$	$L_2 p_2 (1 - p_1)$
$L_3$	$(1 - p_1)(1 - p_2) p_3$	$L_3 p_3 (1 - p_1)(1 - p_2)$
...	...	...
$L_n$	$(1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_{n-1}) p_n$	$L_n p_n (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_{n-1})$

$$\frac{L_1 p_1}{1+r_f} + \frac{L_2 p_2 (1-p_1)}{(1+r_f)^2} + \frac{L_3 p_3 (1-p_1)(1-p_2)}{(1+r_f)^3} + \dots + \frac{L_n p_n (1-p_1)(1-p_2) \dots (1-p_{n-1})}{(1+r_f)^n}.$$

Свернув это выражение, получим ценность опциона на отказ от бизнеса:

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{L_t p_t}{(1+r_f)^t} \prod_{\tau=0}^{t-1} (1-p_\tau),$$

где  $p_0 = 0$ .

**Полный эффект от проекта с учетом возможности его остановки и реального опциона.** Полный эффект от проекта с учетом возможности отказа от бизнеса (APV) можно определить, сложив его NPV и ценность реального опциона, т. е.

$$\begin{aligned} \text{APV} &= \text{NPV} + P = \\ &= \sum_{t=0}^n \frac{\text{CF}_t}{(1+i)^t} \prod_{\tau=0}^t (1-p_\tau) + \sum_{t=1}^n \frac{L_t p_t}{(1+r_f)^t} \prod_{\tau=0}^{t-1} (1-p_\tau). \end{aligned} \quad (51)$$

Формулу (51) рекомендуется использовать при возможности отказа от бизнеса, т. е. при учете *p-фактора*.

**Оценка среднегодовой вероятности отказа от проекта.**

До сих пор мы полагали, что вероятность прекращения бизнеса нам известна. В случае если речь идет о вынужденном отказе от проекта, возможность такого оборота событий может быть определена экспертным путем или, если есть достаточный опыт инвестирования, на основе статистических оценок. Если же мы имеем дело с вероятностью добровольного отказа от проекта, как возможный вариант М. А. Лимитовский предлагает более формализованную процедуру, суть которой сводится к следующему.

Примем предположение, что вероятность отказа от бизнеса равна вероятности того, что доходность проекта окажется меньше барьерного минимального уровня доходности, например, нуля или безрисковой ставки  $r_f$ . Это предположение основано на том, что бессмысленно вкладывать деньги в рискованный проект, если безрисковое вложение дает инвестору столько же дохода или больше. И поэтому если

вероятность того, что доходность проекта в среднегодовом измерении окажется меньше  $r_f$ , равна  $p$ , то и вероятность отказа от такого инвестиционного решения может быть условно принята равной  $p$ .

Чтобы найти вероятность подобного оборота событий, рассчитаем NPV по проекту, используя пессимистичный, оптимистичный и наиболее вероятный варианты развития проекта. В качестве ставки дисконта используем барьерную доходность  $r_f$ . Найдя ожидаемое значение и средне-квадратическое отклонение NPV, построим кривую нормального распределения вероятностей, а затем, пользуясь данным законом распределения, найдем вероятность того, что NPV будет меньше нуля. Это и будет искомая вероятность.

Таким образом, чтобы определить APV проекта с учетом опциона на отказ от бизнеса, требуется:

- экспертным путем или с помощью простого вероятностного моделирования оценить среднегодовую вероятность  $p$  того, что проект на данном этапе (в данный год) придется прекратить. Эту вероятность можно дифференцировать по годам или по этапам проекта;
- произвести оценку стоимости, получаемой при отказе от проекта в каждый год его осуществления, т. е. определить вектор  $(L_1, L_2, \dots, L_n)$  цен исполнения реальных опционов на отказ от бизнеса;
- определить APV проекта с помощью модели (51).

**Пример 67.** Проект АО “Антрацит” по освоению производства угольного брикета из угля Тишинского разреза Восточного бассейна осуществляется при поддержке двух крупнейших энергетических компаний — АО *С* и холдинга *К* — и администрации края. Предполагается, что данный проект позволит:

- Оживить деятельность на разрезе и загрузить простаивающие производственные мощности.

В настоящее время высококачественные угли Восточного бассейна разрабатываются недостаточно интенсивно, что приводит к простоям, недогрузке основных фондов и нерентабельности инвестиций в горнодобывающий комплекс края. Вместе

с тем внутри края спрос на уголь ограничен в связи с тем, что данный регион относительно неплохо обеспечен энергией, поскольку здесь функционируют крупнейшие гидроэлектростанции страны, и проблема состоит не в нехватке энергии, а в неплатежеспособности ее потребителей. Это приводит к тому, что поддержание жизнеспособности угольной промышленности в данном регионе не имеет такого критического значения для государства, как, например, в Воркуте или Приморье. Поэтому любые коммерческие проекты в этой области помимо прямого экономического имеют и социальный эффект.

- Получить высокотехнологичный продукт, качество которого позволит выйти на международный рынок.

В настоящее время к продукту проекта проявлен значительный интерес со стороны ряда западноевропейских рынков. Однако в связи с тем, что по ряду причин прямой выход на данные рынки для проекта пока закрыт, сбыт угольного брикета на внешнем рынке предполагается проводить через венгерскую компанию, имеющую широкие международные связи и опыт подобного рода деятельности, с которой проведены переговоры, обсуждены условия контракта и подписано письмо о намерениях.

- Получить экономический эффект благодаря технологическим свойствам угольного брикета, отвечающим потребностям и стандартам мирового рынка. Однако тонна продукта, имеющая стоимость в 1,5 раза выше, чем тонна угля, имеет теплотворную способность, в 2 раза превышающую аналогичный показатель по углю Тишинского разреза.
- Получить экологический эффект от применения более концентрированного и качественного топлива.

Денежный поток по проекту рассчитан за 5 лет, что соответствует срокам договоров с венгерским посредником (табл. 135).

Предположим, что помимо денежных потоков для наиболее вероятного развития событий по данному проекту были также рассчитаны денежные потоки по пессимистичному и оптимистичному сценариям развития объекта.

## Расчет денежного потока от активов по проекту (тыс. долл.)

Показатели	1-й год		2-й год		3-й год	4-й год	5-й год
	1-е полу-годие	2-е полу-годие	1-е полу-годие	2-е полу-годие			
Выручка от продаж				9 000	27 000	27 000	27 000
Операционные издержки				-4 320	-13 520	-13 120	-13 120
Инвестиционные затраты	-4 724	-2 352	-924	-1 260			
Прирост раб. капитала			-1 240	-1 470			
Налоги и другие платежи					-4 360	-4 360	-4 360
Баланс платежей (денежный поток)	-4 724	-2 352	-2 164	1 950	9 120	9 520	9 520

Пессимистичный вариант развития исходит из возможности потерь вследствие омертвления части капитала в неликвидных основных фондах в 1-й год и недостатка капитала для завершения предоперационной фазы проекта.

Оптимистичный вариант развития проекта основывается на возможности выхода на мировой рынок минуя посредников и на оптимистичном прогнозе спроса. Все это позволит увеличить объемы реализации углубрикетов на 20% без увеличения затрат по сравнению с базовым вариантом.

Таким образом, денежные потоки по проекту для пессимистичного, наиболее вероятного и оптимистичного сценариев отражены в табл. 136.

Используя безрисковую ставку с поправкой на страновой риск России, составляющую по условию ситуации 10,8% годовых, получаем значение NPV для каждого сценария:

$$\begin{aligned}
 E[\text{NPV}_{\min}] &= -\frac{4724}{1,108^{0,5}} - \frac{7076}{1,108} = -10874,15 \text{ (тыс. долл.)}; \\
 E[\text{NPV}_p] &= -\frac{4724}{1,108^{0,5}} - \frac{2352}{1,108} - \frac{2164}{1,108^{1,5}} + \frac{1950}{1,108^2} + \frac{9120}{1,108^3} + \\
 &\quad + \frac{9520}{1,108^4} + \frac{9520}{1,108^5} = 11844,32 \text{ (тыс. долл.)}; \\
 E[\text{NPV}_{\max}] &= -\frac{4724}{1,108^{0,5}} - \frac{2352}{1,108} - \frac{2164}{1,108^{1,5}} + \frac{3750}{1,108^2} + \frac{14520}{1,108^3} + \\
 &\quad + \frac{14920}{1,108^4} + \frac{14920}{1,108^5} = 24096,94 \text{ (тыс. долл.)}.
 \end{aligned}$$

Ожидаемое значение NPV и его средне-квадратическое отклонение определим по методу приближенных статистических оценок PERT:

$$\begin{aligned}
 E[\text{NPV}] &= \frac{E[\text{NPV}_{\min}] + 4E[\text{NPV}_p] + E[\text{NPV}_{\max}]}{6} = \\
 &= \frac{-10874,15 + 4 \cdot 11844,32 + 24096,94}{6} = 10100,01 \text{ (тыс. долл.)};
 \end{aligned}$$



Таблица 136  
 Денежные потоки по проекту для 3-х сценариев развития (тыс. долл.)

Сценарии	1-й год		2-й год		3-й год	4-й год	5-й год
	1-е полу-годие	2-е полу-годие	1-е полу-годие	2-е полу-годие			
Пессимистичный	-4 724	-7 076					
Наиболее вероятный	-4 724	-2 352	-2 164	1 950	9 120	9 520	9 520
Оптимистичный	-4 724	-2 352	-2 164	3 750	14 520	14 920	14 920

$$\sigma[\text{NPV}] = \frac{E[\text{NPV}_{\max}] - E[\text{NPV}_{\min}]}{6} = \frac{24\,096,94 + 10\,874,15}{6} = 5\,828,52 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Тогда нормализованное значение NPV составит величину

$$d = \frac{0 - 10\,100,01}{5\,828,52} \approx -1,73.$$

Соответствующее значение вероятности, найденное по таблице площади под кривой нормального распределения (см. приложение 2), равно  $N(d) = 0,5 - 0,4582 = 0,0418$  или 4,18%. Используем ее для расчета NPV с учетом вероятности прекращения бизнеса как

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^n \text{CF}_t \left( \frac{1-p}{1+i} \right)^t.$$

В качестве ставки дисконта используем рассчитанный по условию ситуации согласно модели стоимости капитальных активов (САРМ) требуемый уровень доходности в 19,65% годовых.

Таким образом, с учетом вероятности прекращения проекта

$$\frac{1-p}{1+i} = \frac{1-0,0418}{1+0,1965} = 0,800836;$$

$$\begin{aligned} \text{NPV} = & -4\,724 \cdot 0,800836^{0,5} - 2\,352 \cdot 0,800836 - 2\,164 \cdot 0,800836^{1,5} + \\ & + 1\,950 \cdot 0,800836^2 + 9\,120 \cdot 0,800836^3 + 9\,520 \cdot 0,800836^4 + \\ & + 9\,520 \cdot 0,800836^5 = 5\,324,36 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

Без учета вероятности прекращения проекта

$$\begin{aligned} \text{APV} = & -\frac{4\,724}{1,1965^{0,5}} - \frac{2\,352}{1,1965} - \frac{2\,164}{1,1965^{1,5}} + \frac{1\,950}{1,1965^2} + \frac{9\,120}{1,1965^3} + \\ & + \frac{9\,520}{1,1965^4} + \frac{9\,520}{1,1965^5} = 7\,275,61 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

В рамках данного проекта разница

$$P = \text{APV} - \text{NPV} = 1\,951,25 \text{ тыс. долл.}$$

не является критичной, поскольку не влияет на вывод об эффективности проекта. В иных условиях, когда NPV проекта мал, побочные эффекты (налогообложение, цена банкротства, способ финансирования, стоимость услуг по размещению ценных бумаг и поиску кредитора) могут оказать решающее влияние.

Другими словами, сумма 1 951,25 тыс. долл. достаточно значима и считать ее пренебрежимо малой было бы неправильно даже в данном проекте, поскольку в сумме все побочные эффекты могут скомпенсировать положительный чистый доход от проекта, даже если каждый из них невелик по сравнению с этим доходом.

## 8.9. Задачи

### Задача 1

Инвестор имеет ликвидные средства величиной в 1 300 ден. ед. Базовые платежи учитывать не нужно. Плановый период охватывает  $n = 3$  года. Целью инвестора является максимизация остаточного имущества при постоянных изъятиях величиной в 100 ден. ед. Ставка процентов по заимствованию составляет 10% годовых, а по инвестированию — 5% годовых. Инвестор намерен достичь остаточного имущества, равного по меньшей мере 800 ден. ед. Инновационный проект, который ему нужно оценить, требует инвестиций в сумме 1 400 ден. ед. Текущие эксплуатационные выплаты на единицу продукции, производство которой налаживается благодаря этим инвестициям, будут составлять 5 ден. ед. Проанализировать чувствительность остаточного имущества в отношении цены продажи и объема сбыта. При этом следует исходить из допущения, что объем сбыта каждый год увеличивается на 4% по сравнению с предыдущим годом. Инвестор рассматривает в качестве реалистичных цены продажи, находящиеся в диапазоне между 8 и 9 ден. ед.

**Решение.** В качестве негарантированных переменных трактуются объем сбыта  $Q$  и цена продажи  $P$ . Если текущие расходы для производства одной единицы продукта составляют  $c = 5$  ден. ед., и если далее можно исходить из того, что объем сбыта каждый год увеличивается на 4%, то мы можем записать денежный поток как

$$\begin{aligned}
z_0 &= -1\,400; \\
z_1 &= Q(P - 5); \\
z_2 &= 1,04Q(P - 5); \\
z_3 &= 1,04^2Q(P - 5).
\end{aligned}$$

Итак, мы ищем такие комбинации  $P$  и  $Q$ , которые позволят инвестору при ограничивающих его условиях (ликвидные средства в сумме 1 300 ден. ед., проценты по заимствованию — 10%, проценты по инвестированию — 5%) получить остаточное имущество, равное по меньшей мере 800 ден. ед. При этом согласно постановке задачи  $P$  может варьировать лишь в интервале между 8 и 9 ден. ед.

Фиксация  $P$  в виде ее приравнивания к одному из значений внутри этого интервала (например,  $P = 8$  ден. ед.) и систематическое апробирование для значения  $Q$  порождает альтернативные денежные потоки. Этот метод апробирования нужно продолжать до тех пор, пока не будет найдено  $Q$ , которое из получающегося денежного потока приведет к остаточному имуществу  $C_3 = 800$  ден. ед.

Для  $Q = 150$  шт. получаем, что

$$\begin{aligned}
z_0 &= -1\,400; \\
z_1 &= 150(8 - 5) = 450; \\
z_2 &= 1,04 \cdot 450 = 468; \\
z_3 &= 1,04^2 \cdot 450 = 486,72; \\
C_0 &= 1\,300 - 100 - 1\,400 = -200; \\
C_1 &= -100 + 450 - 1,1 \cdot 200 = 130; \\
C_2 &= -100 + 468 + 1,05 \cdot 130 = 504,5; \\
C_3 &= -100 + 486,72 + 1,05 \cdot 504,5 = 916,45.
\end{aligned}$$

Для  $Q = 125$  шт. получаем, что

$$\begin{aligned}
z_0 &= -1\,400; \\
z_1 &= 125 \cdot 3 = 375; \\
z_2 &= 1,04 \cdot 375 = 390; \\
z_3 &= 1,04^2 \cdot 375 = 405,6;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_0 &= -200; \\
C_1 &= -100 + 375 - 1,1 \cdot 200 = 55; \\
C_2 &= -100 + 390 + 1,05 \cdot 55 = 347,75; \\
C_3 &= -100 + 405,6 + 1,05 \cdot 347,75 = 670,74.
\end{aligned}$$

Теперь можно найти  $Q$  методом линейной интерполяции:

$$\begin{aligned}
Q &= Q_1 + \frac{C_n - C_{n,1}}{C_{n,2} - C_{n,1}} (Q_2 - Q_1) = \\
&= 125 + \frac{800 - 670,74}{916,45 - 670,74} (150 - 125) = 138,151683.
\end{aligned}$$

Проверка дает следующий результат:

$$\begin{aligned}
z_0 &= -1400; \\
z_1 &= 138,151683 \cdot 3 = 414,46; \\
z_2 &= 1,04 \cdot 414,46 = 431,03; \\
z_3 &= 1,04^2 \cdot 414,46 = 448,27; \\
C_0 &= -200; \\
C_1 &= -100 + 414,46 - 1,1 \cdot 200 = 94,46; \\
C_2 &= -100 + 431,03 + 1,05 \cdot 94,46 = 430,21; \\
C_3 &= -100 + 448,27 + 1,05 \cdot 430,21 = 799,99.
\end{aligned}$$

Результат вполне удовлетворительный, т. е.  $C_3 \approx 800$  ден. ед.

Для верхнего порога цены  $P = 9$  ден. ед. величину  $Q$  можно найти из последнего выражения для  $z_1$ , т. е.

$$Q = 414,46 : (9 - 5) = 103,615.$$

Из этого же выражения для  $z_1$  можно получить функцию  $P(Q)$ :

$$Q(P - 5) = 414,46; \quad P = \frac{414,46}{Q} + 5.$$

Полученная кривая в случае  $Q \in [103,615; 138,152]$  показана на рис. 70. Для ее построения в пакете *Matlab* использовался следующий текст программы:

```

>> x=103.615:0.001:138.152
>> y=414.46./x+5
>> plot(x,y)
>> grid on
>> xlabel('\itQ')
>> ylabel('\itP')

```

На рис. 70 показан результат программы. Выше кривой находятся все комбинации “цена — объем”, при которых инвестор достиг бы остаточного имущества, равного по меньшей мере 800 ден. ед.

## Задача 2

Инвестор имеет плановый период  $n = 10$  лет. Нужно оценить инновационный проект, который требует в момент времени  $t = 0$  инвестиций в сумме 150 ден. ед. В моментах времени от  $t = 1$  до  $t = 5$  ожидаются возвратные потоки, которые (равномерно распределены) могут составлять от 15 до 45 ден. ед. Для моментов времени от  $t = 6$  до  $t = 10$  инвестор предполагает с вероятностью 70% ежегодные возвратные потоки от 10 до 30 ден. ед. и с вероятностью 30% ежегодные возвратные потоки от 30 до 40 ден. ед. Можно исходить из того, что возвратные потоки в отдельные годы не зависят друг от друга.

1. Рассчитать на базе 1 000 имитаций и с помощью расчетной ставки процентов 10% годовых математическое ожидание NPV данного проекта.

2. Изобразить графически распределение полученного в рамках этого эксперимента NPV проекта.

3. Как велико средне-квадратическое отклонение NPV?

4. Рассчитать вероятность, с которой данный проект обещает положительный NPV.

Следует отметить, что в силу необходимости осуществления множества расчетов для решения этой задачи необходим компьютер. Между прочим, решение не однозначно, т. к. оно зависит от свойств используемого генератора случайных чисел.

**Р е ш е н и е.** Значения результатов в этой задаче зависят от свойств использованного генератора случайных чисел, а также от

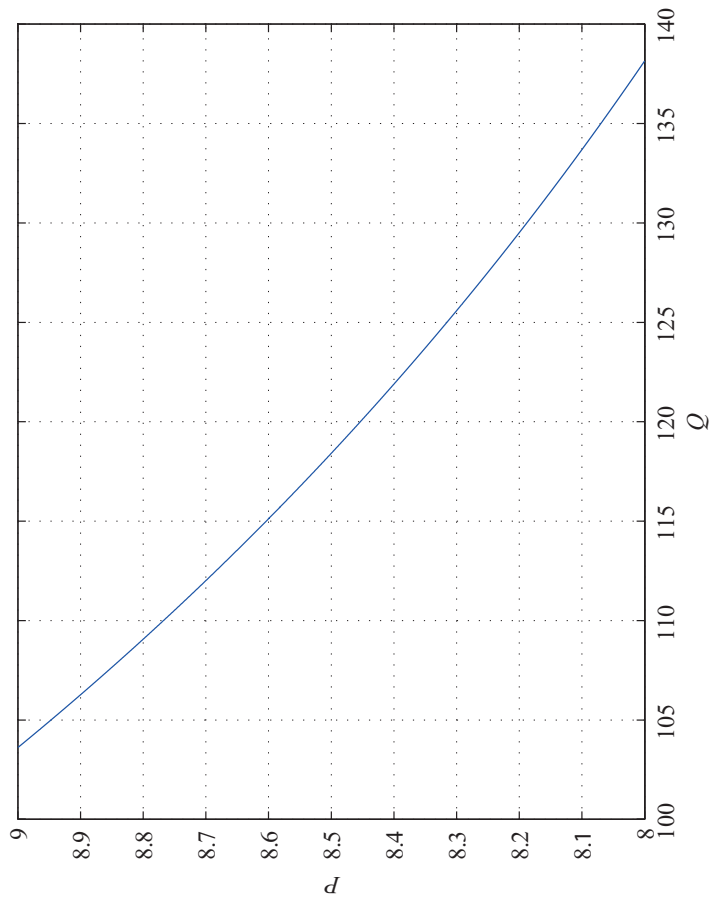


Рис. 70. Анализ чувствительности остаточного имущества  $C_3$  к цене продажи  $P$  и объему сбыта  $Q$

количества процессов имитации. Для получения одного единственного денежного потока нам необходимо 15 равномерно распределенных в интервале  $(0; 1)$  случайных чисел  $r_i$ . Из этих 15 случайных чисел в каждом процессе имитации нужно произвести элементы денежного потока по следующему образцу:

$$\begin{aligned}
 z_0 &= -150; \\
 z_1 &= 15 + 30r_1; \\
 z_2 &= 15 + 30r_2; \\
 z_3 &= 15 + 30r_3; \\
 z_4 &= 15 + 30r_4; \\
 z_5 &= 15 + 30r_5; \\
 z_6 &= \begin{cases} 10 + 20r_7, & \text{если } r_6 \leq 0,7, \\ 30 + 10r_7, & \text{если } r_6 > 0,7; \end{cases} \\
 z_7 &= \begin{cases} 10 + 20r_9, & \text{если } r_8 \leq 0,7, \\ 30 + 10r_9, & \text{если } r_8 > 0,7; \end{cases} \\
 z_8 &= \begin{cases} 10 + 20r_{11}, & \text{если } r_{10} \leq 0,7, \\ 30 + 10r_{11}, & \text{если } r_{10} > 0,7; \end{cases} \\
 z_9 &= \begin{cases} 10 + 20r_{13}, & \text{если } r_{12} \leq 0,7, \\ 30 + 10r_{13}, & \text{если } r_{12} > 0,7; \end{cases} \\
 z_{10} &= \begin{cases} 10 + 20r_{15}, & \text{если } r_{14} \leq 0,7, \\ 30 + 10r_{15}, & \text{если } r_{14} > 0,7. \end{cases}
 \end{aligned}$$

Если мы, например, используем серию случайных чисел

$$\begin{array}{llll}
 r_1 = 0,50242; & r_2 = 0,41088; & r_3 = 0,17351; & r_4 = 0,67797; \\
 r_5 = 0,86408; & r_6 = 0,11021; & r_7 = 0,59323; & r_8 = 0,00576; \\
 r_9 = 0,53228; & r_{10} = 0,94818; & r_{11} = 0,62231; & r_{12} = 0,52225; \\
 r_{13} = 0,29013; & r_{14} = 0,13826; & r_{15} = 0,05825, &
 \end{array}$$

то мы получим денежный поток

$$\begin{array}{llll}
 z_0 = -150; & z_1 = 30,0726; & z_2 = 27,3264; & z_3 = 20,2053; \\
 z_4 = 35,3391; & z_5 = 40,9224; & z_6 = 21,8646; & z_7 = 20,6456; \\
 z_8 = 36,2231; & z_9 = 15,8026; & z_{10} = 11,165, &
 \end{array}$$



который при расчетной ставке процента 10% годовых приведет к  $NPV = 15,49$  ден. ед. Если осуществить 1 000 процессов имитации по описанному образцу, то получим следующие результаты.

1. Математическое ожидание NPV проекта равно

$$E[NPV] = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S NPV_s \approx 21,1.$$

2. Распределение вероятностей NPV отражено на рис. 71.

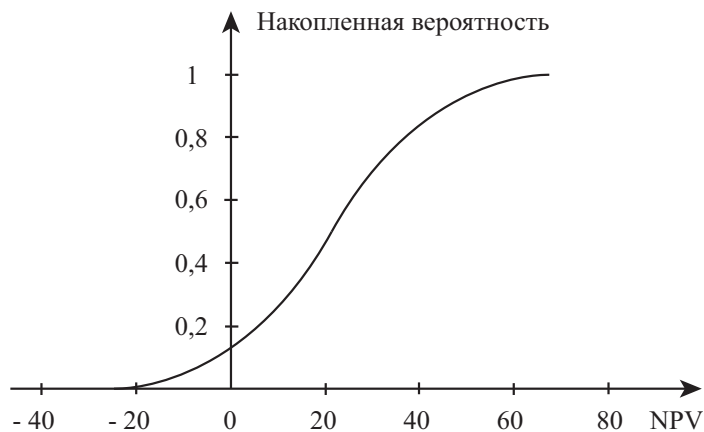


Рис. 71. Распределение значений NPV в рамках имитационного моделирования

3. Среднеквадратическое отклонение NPV равно

$$\sigma[NPV] = \sqrt{\frac{1}{S} \sum_{s=1}^S (NPV_s - E[NPV])^2} \approx 17,4.$$

4. Количество случаев, в которых наблюдается отрицательный NPV проекта, деленное на количество процессов имитации, соответствует при достаточно частом повторе искомой вероятности. Она со-

ставляет примерно 11,4%. Таким образом, проект обещает положительный NPV с вероятностью 88,6%.

### Задача 3

Нефтяная компания владеет правами на бурение в регионе, геологические свойства которого инженеры не могут точно оценить. Нужно справиться со следующей проблемой принятия решения. Право на бурение можно продать за 36 млрд руб. Но компания могла бы за 42 млрд руб. сама осуществить бурение и в случае обнаружения нефти достичь поступлений величиной в 150 млрд руб.

Наконец, компания может уполномочить бригаду геологов на проведение сейсмических проверок и отложить решение о бурении или о продаже права на бурение до появления заключения экспертов. Сейсмические исследования стоят 12 млрд руб. Шансы, что геологический тест окажется положительным, равны 50 : 50. Но даже если имеется положительный результат экспертизы, не существует абсолютной уверенности в том, что действительно удастся найти нефть. Руководство фирмы может надеяться на это лишь с вероятностью 90%. И даже в противном случае (отрицательный тест) все еще имеются шансы обнаружения нефти, равные 20%.

Если нефтяная компания продает свои права на бурение лишь после осуществления сейсмического исследования, то цена будет зависеть от результата экспертизы. В лучшем случае цена окажется равной 60 млрд руб. В противном случае компания получила бы лишь 18 млрд руб.

Все названные цены, выплаты и поступления являются дисконтированными к моменту времени  $t = 0$  сегодняшними стоимостями.

1. Предположим, что компания принимает решение бурить, не желая ждать результата сейсмической проверки. С какой вероятностью тогда можно ожидать обнаружение нефти?

2. Описать данную проблему принятия решения с помощью дерева решений.

3. Определить, какая стратегия является для нефтяной компании оптимальной, если она нейтральна к риску.

4. Какая стратегия была бы самой лучшей, если бы применялась концепция жесткого планирования?

Р е ш е н и е

1. Какова вероятность найти нефть, мы можем выяснить для себя на дереве ситуаций рис. 72. Вероятность положительного исхода бурения независимо от того, осуществлялась ли перед этим сейсмическая проверка или нет, составляет

$$0,5 \cdot 0,9 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,55.$$

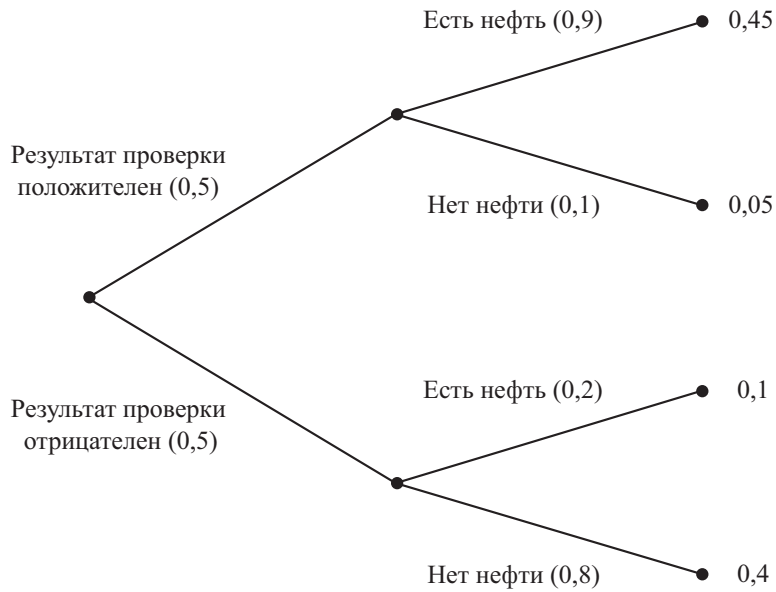


Рис. 72. Дерево ситуаций

2. Проблема принятия решения полностью описывается деревом решений на рис. 73. Цифры в правом краю рисунка указывают на сегодняшнюю стоимость платежей, которые должны учитываться нефтяной компанией, если ее собственные действия и случайность приведут ее к соответствующей ситуации.

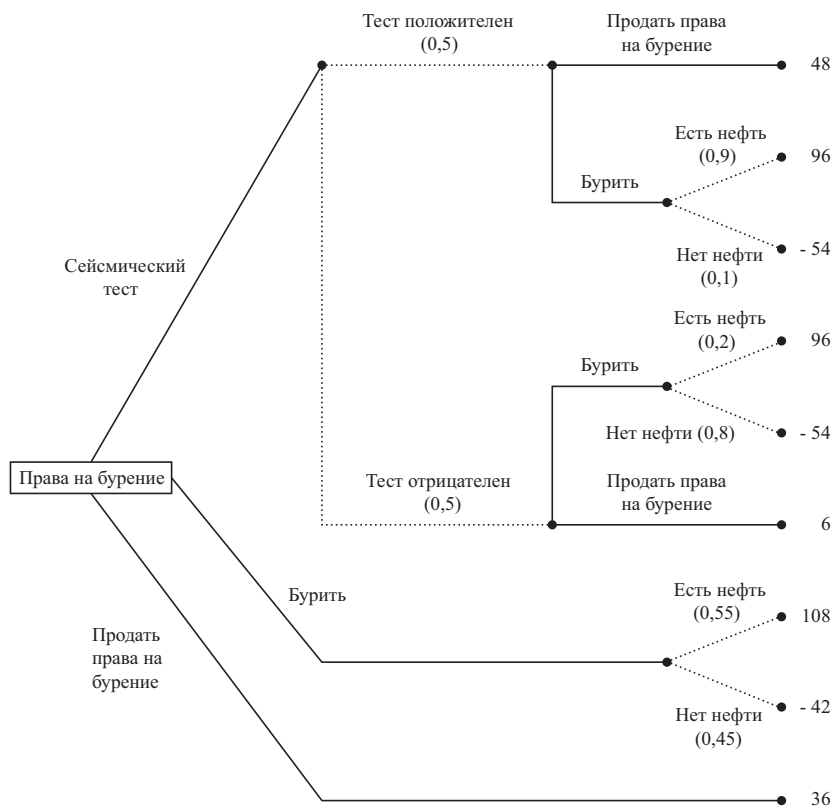


Рис. 73. Дерево решений

3. Компания нейтральна к риску, и поэтому она должна максимизировать математическое ожидание сегодняшней стоимости. Стратегию с наивысшим математическим ожиданием полезности можно определить в данном случае методом обратного счета (рис. 74).

Если нефтяная компания немедленно продаст свои права на бурение, то она получит гарантированные поступления величиной в 36 млрд руб. Лучше без предварительного сейсмического теста произвести бурение, т. к. математическое ожидание сегодняшней стоимости этого действия составляет

$$0,55 \cdot 108 - 0,45 \cdot 42 = 40,5 \text{ (млрд руб.)}.$$

Остается оценить еще получение результатов геологической экспертизы. Если мы исходим из того, что результат экспертизы будет положительным, то бурение лучше, чем продажа прав, т. к. оно приведет к

$$0,9 \cdot 96 - 0,1 \cdot 54 = 81 \text{ (млрд руб.)},$$

в то время как продажа прав обещает лишь (гарантированные) 48 млрд руб. Но если результат экспертизы будет отрицательным, то мы в случае бурения получаем

$$0,2 \cdot 96 - 0,8 \cdot 54 = -24 \text{ (млрд руб.)},$$

в то время как права на бурение все еще можно продать за гарантированные 6 млрд руб. Вследствие этого озадачивание бригады геологов при гибкой реакции нефтяной компании в зависимости от результатов сейсмического теста имеет полезность в объеме

$$0,5 \cdot 81 + 0,5 \cdot 6 = 43,5 \text{ (млрд руб.)}.$$

Эта стратегия является наилучшей из всех возможных, и поэтому нужно было бы сделать заявку на экспертизу.

4. При жестком планировании имеются четыре альтернативы.

- Немедленная продажа прав на бурение, сегодняшняя стоимость 36 млрд руб.

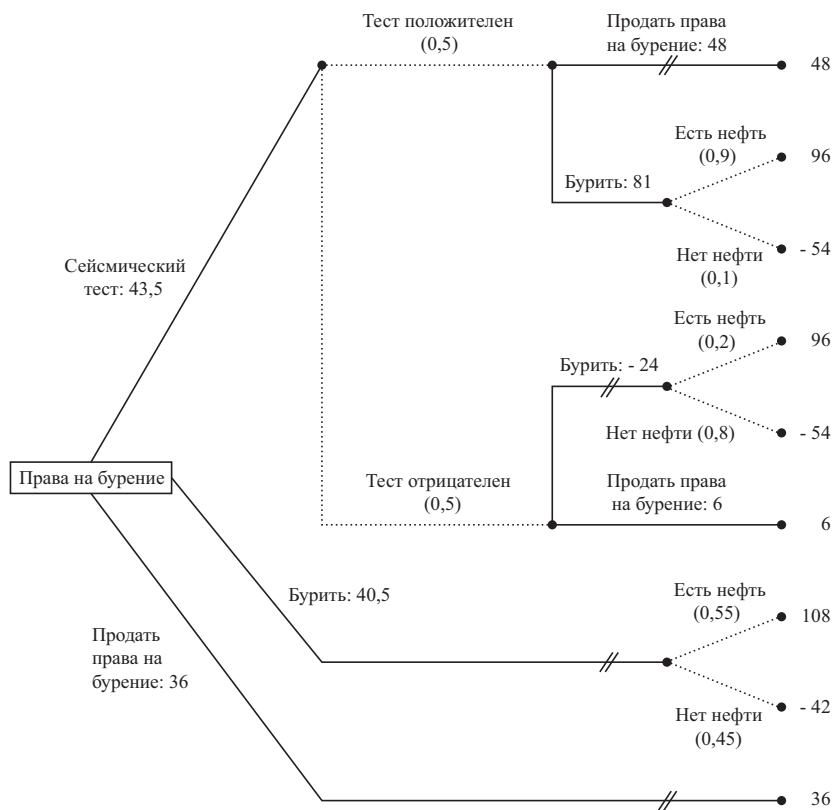


Рис. 74. Определение оптимальной стратегии методом обратного счета

- Осуществление бурения без предварительного сейсмического теста, математическое ожидание сегодняшней стоимости 40,5 млрд руб.
- Осуществление геологических предварительных исследований и осуществление бурения независимо от их результата. Это действие всегда оказывается доминируемым предыдущей альтернативой, т. к. оно отличается от нее лишь бессмысленным принятием на себя дополнительных издержек величиной в 12 млрд руб. Ожидаемая стоимость составляет

$$0,55 \cdot 96 - 0,45 \cdot 54 = 28,5 \text{ (млрд руб.)}.$$

- Осуществление геологических тестов и в последующем продажа прав на бурение независимо от результата теста. Здесь мы достигаем математического ожидания, равного

$$0,5 \cdot 48 + 0,5 \cdot 6 = 27 \text{ (млрд руб.)}.$$

Поэтому при жестком планировании наилучшей стратегией оказывается осуществление бурения без предварительных геологических исследований.

## Глава 9

### Планирование инвестиционных программ инновационной деятельности

#### 9.1. Системный подход и бюджетирование капитала

До сих пор объектом нашего анализа были единичные инновационные проекты. Однако крупной корпорации, финансовому институту часто приходится осуществлять комплекс проектов, формировать целый портфель активов, приносящих доход. Было бы неправильно говорить, что эффект, получаемый от проектного комплекса, равен сумме эффектов входящих в него проектов, поскольку такой комплекс представляет собой сложную систему, обладающую свойствами, отличными от свойств отдельных элементов. Для того, чтобы выработать суждение о том, какие проекты и в какой последовательности надо осуществлять, мало уметь оценивать отдельные проекты, необходимо применять системный подход к их оценке.

В настоящей главе излагаются принципы совместной оценки проектов. Кроме того, показывается, что каждый крупный инновационный проект сам по себе является комплексом, составленным из проектов его участников, поэтому даже единичные проекты должны рассматриваться с позиции системного анализа. К сожалению, современный уровень экономической науки позволяет ответить лишь на небольшую часть вопросов, которые при этом возникают.

**Системный подход.** Как известно, система — это в значительной степени философское понятие. Независимо от предметной области этим термином называют совокупность элементов, обладающую важными признаками:

- связями, соединяющими отдельные элементы между собой и с внешней средой;
- свойством или свойствами, отличными от свойств отдельных элементов совокупности.



Систему, состоящую из элементов разных типов и обладающую разнородными связями, принято называть сложной.

Суть системного подхода состоит в том, чтобы объект изучения рассматривался не как “черный ящик”, характеризуемый только входными и выходными параметрами, но и раскрывалась его внутренняя структура. Это позволяет не упустить из рассмотрения важные стороны и связи изучаемого объекта, процесса, явления.

По сути, любой объект с определенной точки зрения можно рассматривать как систему. Важно понимать, насколько это уместно в рамках поставленной задачи.

Так, например, если ставится задача по известным денежным потокам дать предварительную оценку инновационному проекту, то сама суть проекта может быть при некоторых условиях не важна и системный подход необязателен. Однако, если требуется оценить возможности и условия осуществления проекта, оптимально спланировать взаимодействие между отдельными его участниками, то системный анализ вполне оправдан.

Важно также отметить, что разбиение системы на отдельные составные части можно произвести по-разному в зависимости от цели исследования. То есть декомпозиция системы, принцип ее разбиения на отдельные модули зависит от конкретной задачи аналитика. И если возникает несколько разных задач, в которых уместен системный подход, то одна и та же система может быть рассмотрена в разных структурных разрезах.

**Комплекс взаимосвязанных проектов.** Почему уместен системный подход при оценке инвестиций в инновации? Анализируя любой проект, легко видеть, что мы имеем дело со сложной системой, причем наша задача чаще всего требует изучения не только всей системы в целом, но и отдельных ее элементов.

Вместе с тем отдельный проект сам может стать элементом более сложного образования — инвестиционного комплекса. И тогда, сконцентрировав внимание на отдельном элементе (проекте), мы можем принять решение, не оптимальное для системы в целом.

Действительно, крупная фирма или банк чаще всего участвует не в одном, а в нескольких проектах. Проекты связаны между собой хотя бы тем, что общий объем ресурсов, подлежащих распределению

между ними, ограничен. Кроме того, связи между проектами могут быть и более сложными.

Например, кафе быстрого обслуживания, построенное на автозаправочной станции, часто более рентабельно, чем аналогичное кафе, не привязанное ни к какому объекту. Поэтому два связанных проекта — строительство кафе и автозаправочной станции — могут оказаться более выгодными, чем два подобных проекта, оторванные друг от друга.

Комплекс проектов связан с внешней средой, например, с аналогичными проектами конкурирующей фирмы. Так, если конкурент построил еще одну автозаправочную станцию в непосредственной близости от места сооружения аналогичного объекта нашей компании, то в силу этого наш проект может оказаться убыточным или не таким прибыльным, как ожидалось ранее.

*Подходя с позиции системного анализа к проблеме выбора проекта для финансирования, корпорация может принять и начать осуществление относительно низкодоходного или даже нерентабельного, убыточного проекта, и для системы в целом это может оказаться благом.*

Это возможно, если:

- рассматриваемый проект является необходимым условием для осуществления более глобальной задачи или необходимым дополнением к существующему объекту (некоммерческий обязательный проект);
- проект “готовит почву” для дальнейшего развития корпорации: выхода ее на новые рынки сбыта, диверсификации в новые области и виды деятельности (вертикально интегрированный или пилотный проект);
- проект служит в финансовом смысле “дойной коровой” для других проектов, т. е. он может не давать высокой прибыли и даже не достигать требуемого уровня доходности, но зато на какое-то время загрузит факторы производства (труд, фиксированные активы) и в свое время обеспечит финансовую подпитку для других проектов компании (кросс-финансирование, кросс-субсидирование, кросс-холдинг).

Последнее из перечисленных обстоятельств показывает, что формирование оптимального портфеля проектов — задача не только инвестиционная, но и финансовая.

**Комплекс источников финансирования.** Действительно, проекты крупной корпорации не только дополняют друг друга, но и служат друг для друга источниками существования, генераторами финансовых ресурсов. За счет этого они способны усилить или ослабить эффект от всего инвестиционного комплекса, т. е. от системы в целом. Некоторые проблемы перекрестного финансирования мы рассмотрим в параграфах 9.11–9.14 настоящей главы.

**Комплекс интересов участников.** Крупный проект независимо от его содержания осуществляется несколькими категориями участников. Это кредиторы, спонсоры, инвесторы, поставщики, подрядчики и т. п. И хотя каждый из них в конечном счете намерен повысить свое благосостояние, их ожидания по отношению к *конкретному* проекту могут быть различными. И тот факт, что проект выгоден с точки зрения генерируемых денежных потоков, не гарантирует того, что каждый из его участников получит от него то, что ожидает.

Для каждого из участников этот поток трансформируется в соответствии с его функциями и обязанностями в рамках данного проекта. Успех проекта, в конечном счете, будет зависеть от того, насколько противоречивы и реальны ожидания участников, в какой степени они готовы принять на себя обязанности в рамках данного проекта, насколько полон и правильно понят круг этих обязанностей и до какой степени добросовестно будут выполняться все заключенные соглашения.

Таким образом, и в этом смысле рассматривая проект, мы имеем дело со сложной системой прав и обязанностей его участников.

## 9.2. Одновременное инвестиционное и финансовое планирование

При расчете оптимального бюджета капитальных вложений фирмы обычно на практике строят график предельной цены капита-

ла (MCC) и график инвестиционных возможностей (IOS). Оптимальный бюджет капитальных вложений находится в точке пересечения этих двух графиков. В классической теории инвестиций такой подход называется *решением Дина*. Методику его точного расчета в этом случае проиллюстрируем на примере.

**Пример 68.** Пусть компания имеет следующую структуру капитала, которую она считает оптимальной:

1. Обыкновенные акции (CS): 60%.
2. Привилегированные акции (PS): 15%.
3. Обязательства: 25%.

В этом году компания рассчитывает получить чистую прибыль (NI) в размере 34 285,72 ден. ед.; установленный ею размер выплаты дивидендов равен 30%; ставка налога на прибыль  $T = 40\%$ ; прогнозируемый темп прироста доходов и дивидендов  $g = 9\%$  в год. В последнем году компания выплатила дивиденды в размере  $D_0 = 3,6$  ден. ед. на одну обыкновенную акцию, и сейчас эти акции продаются по цене  $P_0 = 60$  ден. ед. за штуку.

Компания может получить новый капитал следующим образом:

1. *Выпуск новых обыкновенных акций.* Затраты на их размещение на рынке ( $F_s$ ) составят 10% от рыночной цены, если акции выпускаются на сумму до 12 000 ден. ед., и 20% — на сумму больше 12 000 ден. ед.

2. *Выпуск новых привилегированных акций.* Новые привилегированные акции с дивидендом  $D_p = 11$  ден. ед. в год на одну акцию можно продать по цене  $P_0 = 100$  ден. ед. за штуку. Однако, затраты на их размещение ( $F_p$ ) составят 5%, если акции выпускаются на сумму до 7 500 ден. ед., и 10% — на сумму больше 7 500 ден. ед.

3. *Выпуск новых обязательств (облигаций).* Обязательства на сумму до 5 000 ден. ед. можно продать под ставку 12% в год, на сумму от 5 001 ден. ед. до 10 000 ден. ед. — под ставку 14%; а на сумму больше 10 000 ден. ед. — под ставку 16%.

Инвестиционные возможности компании показаны в табл. 137.

Итак, найдем сначала точки разрыва на диаграмме предельной стоимости капитала (MCC).

Каждый раз, когда будет исчерпываться один из видов капитала с более низкой стоимостью, возникнет точка разрыва. Мы установ-

ливаем точки разрыва следующим образом. Сначала отметим, что компания располагает нераспределенной прибылью (ARE) в размере

$$ARE = NI(1 - w_D) = 34\,285,72(1 - 0,3) = 24\,000 \text{ (ден. ед.)},$$

где  $w_D$  — доля выплат дивидендов в чистой прибыли NI.

Таблица 137

**Инвестиционные возможности компании**

Проект	Стоимость в $t = 0$ (PV) (ден. ед.)	Ежегодные чистые денежные поступления (R) (ден. ед.)	Срок проекта (лет)
A	10 000	2 191,2	7
B	10 000	3 154,42	5
C	10 000	2 170,18	8
D	20 000	3 789,48	10
E	20 000	5 427,84	6

Расчет точек разрыва (DP) производим в табл. 138 по формуле

$$DP = \frac{C}{w_C},$$

где  $C$  — сумма капитала данного вида по более низкой стоимости (ден. ед.);

$w_C$  — доля капитала данного вида в общей величине капитала.

Определим стоимость каждого компонента структуры капитала в интервалах между точками разрыва.

Нераспределенная прибыль (исчерпана в интервале от 0 до 40 000 ден. ед.):

$$\begin{aligned} k_s &= \frac{D_1}{P_0} + g = \frac{D_0(1+g)}{P_0} + g = \frac{3,6 \cdot 1,09}{60} 100\% + 9\% = \\ &= 6,54\% + 9\% = 15,54\%. \end{aligned}$$

Таблица 138

## Расчет точек разрыва (ден. ед.)

Исчерпанный капитал	Расчет точек разрыва	Порядок точек разрыва
Нераспределенная прибыль	$DP_s = \frac{24\,000}{0,6} = 40\,000$	2
CS с учетом $F_s = 10\%$	$DP_{e(10\%)} = \frac{24\,000 + 12\,000}{0,6} = 60\,000$	4
PS с учетом $F_p = 5\%$	$DP_{p(5\%)} = \frac{7\,500}{0,15} = 50\,000$	3
12%-е об-ва	$DP_{d(12\%)} = \frac{5\,000}{0,25} = 20\,000$	1
14%-е об-ва	$DP_{d(14\%)} = \frac{10\,000}{0,25} = 40\,000$	2

Обыкновенные акции с  $F_s = 10\%$  (от 40 001 до 60 000 ден. ед.):

$$k_e = \frac{D_1}{P_0(1 - F_s)} + g = \frac{3,924}{60 \cdot 0,9} 100\% + 9\% = 16,27\%.$$

Обыкновенные акции с  $F_s = 20\%$  (свыше 60 000 ден. ед.):

$$k_e = \frac{3,924}{60 \cdot 0,8} 100\% + 9\% = 17,18\%.$$

Привилегированные акции с  $F_p = 5\%$  (от 0 до 50 000 ден. ед.):

$$k_p = \frac{D_p}{P_0(1 - F_p)} = \frac{11}{100 \cdot 0,95} 100\% = 11,58\%.$$

Привилегированные акции с  $F_p = 10\%$  (свыше 50 000 ден. ед.):

$$k_p = \frac{11}{100 \cdot 0,9} 100\% = 12,22\%.$$

Обязательства при  $k_d = 12\%$  (от 0 до 20 000 ден. ед.):

$$k_d(1 - T) = 12\% \cdot 0,6 = 7,2\%.$$

Обязательства при  $k_d = 14\%$  (от 20 001 до 40 000 ден. ед.):

$$k_d(1 - T) = 14\% \cdot 0,6 = 8,4\%.$$

Обязательства при  $k_d = 16\%$  (свыше 40 000 ден. ед.):

$$k_d(1 - T) = 16\% \cdot 0,6 = 9,6\%.$$

График МСС строится по значениям средневзвешенной цены капитала (WACC) с использованием формулы

$$\text{WACC} = w_d k_d(1 - T) + w_p k_p + w_s k_s,$$

где  $w_d$ ,  $w_p$  и  $w_s$  — удельные веса соответственно обязательств, привилегированных и обыкновенных акций в общей величине капитала;

$k_d(1 - T)$ ,  $k_p$ ,  $k_s$  — компонентные стоимости соответственно обязательств, привилегированных акций и обыкновенных акций (%);

$k_d$  — ставка по обязательствам (%);

$T$  — ставка налога на прибыль (%).

При исчерпании нераспределенной прибыли фирма может увеличить собственный капитал за счет выпуска новых обыкновенных акций. В этом случае в формуле для WACC вместо  $k_s$  будет использоваться  $k_e$  (стоимость вновь выпущенных обыкновенных акций).

Подсчитаем WACC в интервалах между каждым разрывом на диаграмме МСС.

1. От 0 до 20 000 ден. ед. ( $k_d(1 - T) = 7,2\%$ ;  $k_p = 11,58\%$ ;  $k_s = 15,54\%$ ):

$$\text{WACC}_1 = 0,25 \cdot 7,2\% + 0,15 \cdot 11,58\% + 0,6 \cdot 15,54\% = 12,86\%.$$

2. От 20 001 до 40 000 ден. ед. ( $k_d(1 - T) = 8,4\%$ ;  $k_p = 11,58\%$ ;  $k_s = 15,54\%$ ):

$$WACC_2 = 0,25 \cdot 8,4\% + 0,15 \cdot 11,58\% + 0,6 \cdot 15,54\% = 13,16\%.$$

3. От 40 001 до 50 000 ден. ед. ( $k_d(1 - T) = 9,6\%$ ;  $k_p = 11,58\%$ ;  $k_e = 16,27\%$ ):

$$WACC_3 = 0,25 \cdot 9,6\% + 0,15 \cdot 11,58\% + 0,6 \cdot 16,27\% = 13,9\%.$$

4. От 50 001 до 60 000 ден. ед. ( $k_d(1 - T) = 9,6\%$ ;  $k_p = 12,22\%$ ;  $k_e = 16,27\%$ ):

$$WACC_4 = 0,25 \cdot 9,6\% + 0,15 \cdot 12,22\% + 0,6 \cdot 16,27\% = 14\%.$$

5. Свыше 60 000 ден. ед. ( $k_d(1 - T) = 9,6\%$ ;  $k_p = 12,22\%$ ;  $k_e = 17,18\%$ ):

$$WACC_5 = 0,25 \cdot 9,6\% + 0,15 \cdot 12,22\% + 0,6 \cdot 17,18\% = 14,54\%.$$

График IOS обычно на практике строится по значениям IRR с использованием формулы

$$\sum_{t=0}^n \frac{CIF_t - COF_t}{(1 + IRR)^t} = 0.$$

В рассматриваемом примере ставку IRR можно найти проще, а именно, учитывая, что денежные поступления от всех пяти проектов представляют собой аннуитеты, IRR находится из формулы

$$PV = R \cdot a_{n;IRR},$$

где  $a_{n;IRR}$  — дисконтный множитель для аннуитета сроком  $n$  лет и ставкой IRR за год.

Тогда

$$a_{n;IRR} = \frac{PV}{R}.$$



Зная срок реализации каждого проекта в годах и значение дисконтного множителя, по финансовым таблицам можно найти ставку IRR для каждого проекта (см. приложение 1).

Диаграммы MCC и IOS показаны на рис. 75. Вычитая из графика IOS график MCC, получаем площадь, соответствующую стоимости чистого дохода компании. Значения IRR проектов откладываются на графике IOS в порядке убывания в целях максимизации площади, т. е. на практике необходимо осуществлять проекты в порядке *B, E, C* и т. д.

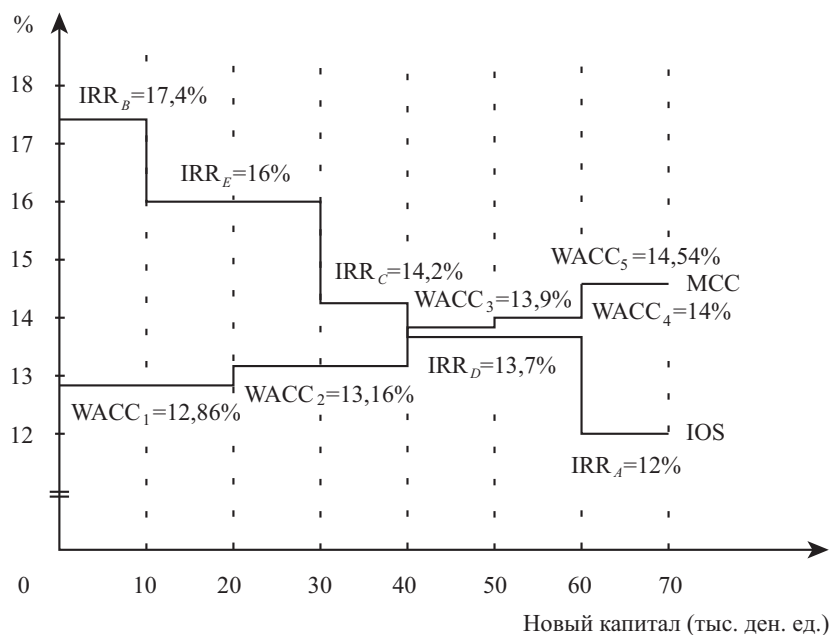


Рис. 75. Расчет оптимального бюджета капиталовложений (решение Дина)

Но при этом компании следует принять проекты *B, E* и *C* и отвергнуть проекты *D* и *A*, так как их IRR не превышают предельных

стоимостей средств, необходимых для финансирования этих проектов. Бюджет капитальных вложений равняется в общей сложности 40 000 ден. ед.

Здесь также необходимо учитывать следующие моменты, касающиеся построения решения Дина:

1. Если попытаться сначала осуществить проект  $D$ , а потом другие, тогда компания сможет заработать на всех проектах, кроме проекта  $A$ . Но в этом случае площадь, полученная после вычитания графика МСС из графика IOS, будет меньше той, которая показана на рис. 75, то есть компания получит доход меньше максимально возможного.

2. На рис. 75 достаточно просто получается точка пересечения графиков МСС и IOS. Предположим такую ситуацию:  $IRR_D = 13,96\%$ . Если проект можно принять частично, тогда проблема решена. Если же его можно принять только целиком, тогда рассчитывается средневзвешенная стоимость средств на основе  $WACC_3$  и  $WACC_4$  и сравнивается с  $IRR_D$ .

3. Что будет, если есть риск проектов? Тогда стоимость капитала, используемая для оценки более рискованных проектов, должна корректироваться в сторону повышения, в то время как для проектов с риском ниже среднего уровня она должна быть ниже. В этом случае пересечение новой диаграммы МСС с диаграммой IOS применяется, чтобы находить стоимость чистого дохода новых проектов, которые почти так же рискованны, как и существующие активы компании.

Наконец, использование в построении решения Дина ставок IRR проектов в случае множества периодов (например, лет) может привести к принятию субоптимальных решений. Погрешность эффекта такой инвестиционной программы может достигать 10%. Однако несмотря на это данный метод широко используется в практике инвестиционного анализа по причине его вычислительной простоты.

### **9.3. Планирование инвестиционной программы с учетом возможностей реинвестирования**

Основным экономическим недостатком изложенной в предыдущем параграфе классической точки зрения на процесс расчета оп-

тимального бюджета капитальных вложений является то, что она не принимает во внимание возможности реинвестирования полученных от осуществляемых проектов средств в другие проекты или как минимум в уже действующий бизнес. Поэтому далее предлагается новый подход, который как раз учитывает эти возможности. Как будет показано далее, это приводит к тому, что бюджет капитальных вложений можно спланировать большей величины.

Если учитывать возможности реинвестирования средств, то вместо IRR каждого проекта следует рассчитывать MIRR по формуле

$$\sum_{t=0}^n \frac{\text{COF}_t}{(1+k)^t} = \frac{\sum_{t=0}^n \text{CIF}_t (1+k)^{n-t}}{(1+\text{MIRR})^n},$$

где  $k$  — цена капитала, по которой реинвестируются денежные средства в правой части уравнения, т. е.  $k_s$  либо  $k_e$  (%).

**Пример 68** (продолжение). В рамках данного примера ставку MIRR можно найти проще, учитывая, что денежные поступления по каждому проекту представляют собой аннуитеты, а именно, MIRR можно найти из формулы

$$\text{PV} = \frac{R \cdot s_{n;k}}{(1+\text{MIRR})^n},$$

где  $s_{n;k}$  — множитель наращения для аннуитета сроком  $n$  лет и ставкой  $k$  за год, который вычисляется как

$$s_{n;k} = \sum_{t=1}^n (1+k)^{n-t} = \frac{(1+k)^n - 1}{k}.$$

Тогда ставка MIRR будет равна

$$\text{MIRR} = \sqrt[n]{\frac{R \cdot s_{n;k}}{\text{PV}}} - 1.$$

Подсчитаем по этой формуле MIRR для каждого проекта в интервалах между разрывами на диаграмме IOS, располагая при этом

проекты в том же порядке, как на рис. 75. В качестве ставки реинвестирования  $k$  при расчетах берется либо  $k_s$ , либо  $k_e$  в зависимости от того, исчерпана фирмой нераспределенная прибыль или нет.

Проект  $B$  (от 0 до 10 000 ден. ед.):

$$s_{5;15,54\%} = \frac{(1 + 0,1554)^5 - 1}{0,1554} = 6,814839;$$

$$\text{MIRR}_B = \sqrt[5]{\frac{3\,154,42 \cdot 6,814839}{10\,000}} - 1 = 0,1654 \quad (16,54\%).$$

Проект  $E$  (от 10 000 до 30 000 ден. ед.):

$$s_{6;15,54\%} = \frac{1,1554^6 - 1}{0,1554} = 8,873865;$$

$$\text{MIRR}_E = \sqrt[6]{\frac{5\,427,84 \cdot 8,873865}{20\,000}} - 1 = 0,157759 \quad (15,78\%).$$

Проект  $C$  (от 30 000 до 40 000 ден. ед.):

$$s_{8;15,54\%} = \frac{1,1554^8 - 1}{0,1554} = 14,001558;$$

$$\text{MIRR}_C = \sqrt[8]{\frac{2\,170,18 \cdot 14,001558}{10\,000}} - 1 = 0,149037 \quad (14,9\%).$$

Проект  $D$  (от 40 000 до 60 000 ден. ед.):

$$s_{10;16,27\%} = \frac{1,1627^{10} - 1}{0,1627} = 21,605392;$$

$$\text{MIRR}_D = \sqrt[10]{\frac{3\,789,48 \cdot 21,605392}{20\,000}} - 1 = 0,15136 \quad (15,14\%).$$

Проект  $A$  (свыше 60 000 ден. ед.):

$$s_{7;17,18\%} = \frac{1,1718^7 - 1}{0,1718} = 11,837676;$$

$$\text{MIRR}_A = \sqrt[7]{\frac{2\,191,2 \cdot 11,837676}{10\,000}} - 1 = 0,14587 \quad (14,59\%).$$

Диаграммы MCC и IOS, построенной по MIRR, показаны на рис. 76. На этом же рисунке пунктиром показан старый график IOS, построенный по IRR.

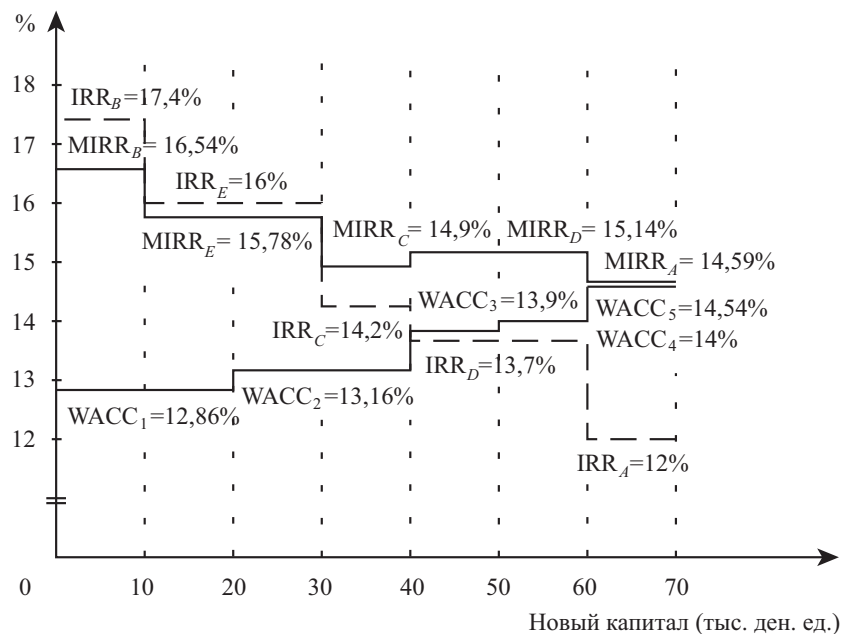


Рис. 76. Расчет оптимального бюджета капитальных вложений без учета и с учетом реинвестирования

На рис. 76 видно,  $MIRR_D > MIRR_C$ . Следовательно, на первый взгляд становится логичнее расположить на графике IOS сначала  $MIRR_D$ , затем  $MIRR_C$ . В этом случае обе эти модифицированные внутренние доходности необходимо пересчитать, поскольку в интервале от 30 000 до 60 000 ден. ед. реинвестирование происходит по разным ставкам.

Заметим при этом, что ставка реинвестирования  $k = 15,905\%$  для проекта  $D$  получается как средняя двух значений, а именно, на

интервале от 30 000 до 40 000 ден. ед.  $k_s = 15,54\%$ , а на интервале от 40 000 до 50 000 ден. ед.  $k_e = 16,27\%$ .

Проект  $D$  (от 30 000 до 50 000 ден. ед.):

$$s_{10;15,905\%} = \frac{1,15905^{10} - 1}{0,15905} = 21,222507;$$

$$\text{MIRR}_D = \sqrt[10]{\frac{3\,789,48 \cdot 21,222507}{20\,000}} - 1 = 0,149303 \quad (14,93\%).$$

Проект  $C$  (от 50 000 до 60 000 ден. ед.):

$$s_{8;16,27\%} = \frac{1,1627^8 - 1}{0,1627} = 14,382058;$$

$$\text{MIRR}_C = \sqrt[8]{\frac{2\,170,18 \cdot 14,382058}{10\,000}} - 1 = 0,152895 \quad (15,29\%).$$

Тогда при перестановке местами уже новых значений  $\text{MIRR}_D$  и  $\text{MIRR}_C$  получаем новый график IOS, представленный на рис. 77. Это означает, что надо осуществлять сначала проект  $D$ , а затем проект  $C$ .

В этом случае площадь между графиками IOS и MCC на интервале от 30 000 до 60 000 ден. ед. составит в долях 0,409, в то время как при старом порядке выполнения проектов она составляла на этом же интервале 0,412. Это означает, что инвестору выгоднее выполнять проекты в старом порядке, т. е. так, как это показано на рис. 76.

На рис. 76 также видно, что в случае учета в расчетах возможностей реинвестирования, т. е. расчета по MIRR, все пять инвестиционных проектов являются прибыльными, т. к. их MIRR больше WACC, необходимой для их осуществления. Без учета реинвестирования, т. е. расчета по IRR, реализовать следует лишь проекты  $B$ ,  $E$  и  $C$ , т. к. их IRR больше WACC. Оптимальный бюджет капитальных вложений в случае расчета по MIRR составит 70 000 ден. ед. Это значительно больше 40 000 ден. ед. в случае расчета по IRR. При этом площадь между графиками IRR и WACC, где  $\text{IRR} > \text{WACC}$ , составляет в долях 1,156, а площадь между графиками MIRR и WACC, где  $\text{MIRR} > \text{WACC}$ , составляет 1,339, что свидетельствует о большей экономической выгоде учета реинвестирования.

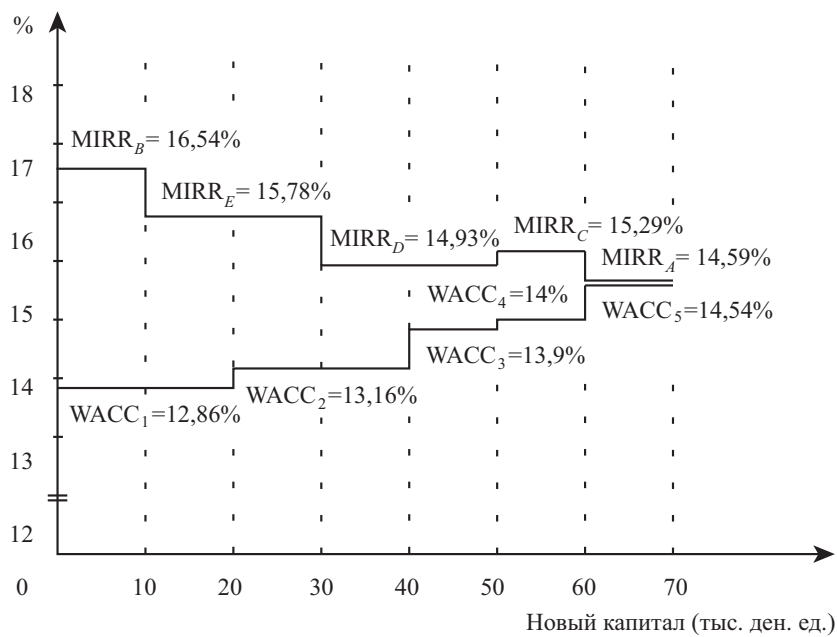


Рис. 77. Расчет оптимального бюджета капитальных вложений с учетом реинвестирования при новом порядке выполнения проектов

В рассмотренном примере задача расчета оптимального бюджета капитальных вложений решалась достаточно просто по причине того, что не было необходимости дисконтировать денежные оттоки  $COF_t$  в левой части уравнения для MIRR. В общем случае вместо старого уравнения для MIRR следует использовать уравнение

$$\sum_{t=0}^n \frac{COF_t}{(1 + WACC)^t} = \frac{\sum_{t=0}^n CIF_t (1 + k_s)^{n-t}}{(1 + MIRR)^n}.$$

Такая модификация процесса расчета ставки MIRR объясняется следующими причинами.

Поскольку реинвестирование экономически оправдано только в том случае, когда акционеры (держатели обыкновенных акций) получают в будущем доходность, равную той, которую они имеют сейчас по обыкновенным акциям, либо доходность больше указанной, то в качестве ставки реинвестирования в уравнении становится целесообразным принимать либо  $k_s$ , либо  $k_e$  (в случае, если к настоящему моменту фирмой выпускаются новые обыкновенные акции).

В левой части последнего уравнения в качестве ставки дисконта следует брать средневзвешенную цену капитала (WACC), т. к. на практике при расчете оптимального бюджета капитальных вложений рассматривается пакет проектов, для каждого из которых в качестве ставки дисконта предполагается своя  $k_s$ , либо  $k_e$ . Но для сравнимости MIRR разных проектов необходимо, чтобы дисконтирование осуществлялось по единой ставке. Следуя традициям американской финансовой школы Ю. Бриггема и Л. Гапенски, в качестве такой универсальной ставки можно взять величину предельной цены капитала (MCC), которая на совместном графике инвестиционных возможностей (IOS) и предельной цены капитала (MCC) является максимальной средневзвешенной ценой капитала (WACC) в точке пересечения указанных графиков.

Однако в таком случае возникает проблема заикливания, которая заключается в том, что изменится график инвестиционных возможностей, т. е. график MIRR, и в результате получится новая точка пересечения двух графиков MIRR и WACC, которая будет соответствовать новой ставке дисконта для всех рассматриваемых проектов. Это может привести к бесконечной корректировке величины оптимального бюджета капитальных вложений, что может серьезно повлиять на принятие правильного решения относительно того, сколько инвестору выделять денег для реализации пакета проектов. Для решения этой проблемы необходимо, следуя рекомендациям американской финансовой школы Ю. Бриггема и Л. Гапенски, рассчитать NPV каждого проекта по первой полученной на рис. 76 ставке дисконта MCC и реализовать лишь проекты с  $NPV > 0$ . Если не принимать во внимание их индивидуальный риск, то пакет проектов будет прежним.



Если же учитывать риск проектов с помощью корректировки графика МСС, то согласно результатам NPV часть проектов может быть исключена или добавлена в инвестиционную программу, что повлечет за собой изменение величины оптимального бюджета капитальных вложений компании.

#### **9.4. Планирование инвестиционной программы в условиях ограниченности информации о будущих возможностях реинвестирования**

В предыдущем параграфе было показано, как можно составлять такие программы при условии наличия необходимой информации о будущих возможностях реинвестирования. При этом предполагалось, что доходность реинвестирования для акционеров составляет величину не меньшую, чем уже имеющаяся. Однако практика ведения бизнеса, особенно в условиях высокорисковой экономики России, предполагает, что далеко не всегда у компании-инвестора имеется достаточно достоверная информация о будущих инвестиционных возможностях в виде реальных инновационных проектов. Кроме того, ситуация усложняется тем, что даже при наличии ограниченного бюджета финансирования далеко не все проекты следует включать в инвестиционную программу. Необходимо спланировать такой портфель проектов, который позволил бы компании получить по нему максимальную эффективность.

Классический подход к решению данного вопроса — решение Дина — предполагает формирование портфеля проектов, которые удовлетворяют условию  $IRR > WACC$  (внутренняя доходность проекта больше средневзвешенной цены капитала проекта). В результате графически определяется точка пересечения диаграммы инвестиционных возможностей компании (IOS) и диаграммы предельной цены капитала (МСС). Затем по полученной ставке МСС вычисляются чистые приведенные доходы (NPV) проектов, удовлетворяющих условию  $IRR > WACC$ . Проекты с положительными NPV окончательно включаются в инвестиционную программу.

Однако на данном этапе может возникнуть известная в финансовой литературе проблема заикливания, заключающаяся в том, что

полученная по NPV инвестиционная программа может существенно отличаться от изначальной — решения Дина. Это приводит к нахождению новой точки пересечения диаграмм IOS и MCC, а, следовательно, и к новой ставке дисконта MCC для нахождения NPV проектов.

В условиях наличия достоверной информации о будущих возможностях реинвестирования в предыдущем параграфе мы показали, как можно решить указанную проблему заикливания. При отсутствии такой информации необходим соответствующий инструментарий, который позволил бы проверить первоначальное решение Дина, и уточнить его, если оно неоптимально.

Серьезным недостатком решения Дина является то, что проекты включаются в программу по отдельности. А это не позволяет оценить результирующую эффективность всего комплекса проектов. Для решения этой проблемы можно построить следующие критерии.

1. *Индекс общей рентабельности*

$$TR = \frac{\sum_{j=1}^J NPV_j}{\sum_{j=1}^J IC_j}, \quad (52)$$

где  $NPV_j$  — чистый приведенный доход  $j$ -го проекта (ден. ед.);

$IC_j$  — величина инвестиций в  $j$ -й проект (ден. ед.);

$J$  — количество инновационных проектов в портфеле (инвестиционной программе).

Для всех возможных программ выбирается та, у которой наибольшее значение индекса TR, а, следовательно, и результирующая эффективность. При этом анализируется программа неделимых проектов, что является наиболее распространенным случаем в практике инноваций.

Индекс TR необходим для анализа, т. к. обладает полезной информацией для инвестора об общей современной стоимости комплекса проектов, соотнесенной с общей стоимостью инвестиций в них. Однако он фиксирует лишь размер результирующей эффективности и не отражает при этом регулярность ее получения, например, по го-

дам. Для устранения этого недостатка можно построить следующий критерий.

2. *Модифицированный индекс общей доходности*

$$\text{TMPI} = \frac{\sum_{j=1}^J \text{EAA}_j(\text{NPV})}{\sum_{j=1}^J \text{IC}_j}, \quad (53)$$

где  $\text{EAA}_j(\text{NPV})$  — эквивалентный аннуитет NPV  $j$ -го проекта (ден. ед.), который рассчитывается как

$$\text{EAA}_j(\text{NPV}) = \frac{\text{NPV}_j}{a_{n;i}^{(j)}}, \quad (54)$$

$a_{n;i}^{(j)}$  — дисконтный множитель для аннуитета  $j$ -го проекта со сроком  $n$  лет и годовой процентной ставкой  $i$ , определяемый по формуле

$$a_{n;i}^{(j)} = \frac{1 - (1 + i)^{-n_j}}{i}. \quad (55)$$

Индекс TMPI соотносит регулярный ежегодный эффект от всего комплекса проектов с общей стоимостью инвестиций в них. Однако более логично было бы сравнивать регулярный ежегодный эффект с регулярными ежегодными затратами. Для этого можно построить еще один критерий.

3. *Индекс общей доходности эквивалентных аннуитетов*

$$\text{TEAARI} = \frac{\sum_{j=1}^J \text{EAA}_j(\text{NPV})}{\sum_{j=1}^J \text{EAA}_j(\text{IC})}, \quad (56)$$

где  $\text{EAA}_j(\text{IC})$  — эквивалентный аннуитет инвестиций IC в  $j$ -й проект (ден. ед.), который рассчитывается как

$$\text{EAA}_j(\text{IC}) = \frac{\text{IC}_j}{a_{n;i}^{(j)}}. \quad (57)$$

Несмотря на то, что последний из трех индексов — ТЕААРІ, на наш взгляд, является наиболее адекватным в целях оценки эффективности всего комплекса проектов, индексы ТР и ТМРІ также содержат в себе дополнительную полезную для инвестора информацию, на которой мы акцентировали внимание ранее при построении каждого индекса.

Наиболее значимым результатом использования трех указанных индексов является то, что они позволяют достаточно достоверно проверить решение Дина уже на первой итерации его получения. Кроме того, данные индексы содержат в себе дополнительную информацию об оптимальной программе для инвестора в зависимости от его цели: инвестировать максимально эффективно или эффективно освоить максимальное количество проектов. Покажем это на примере, рассмотренном нами в двух предыдущих параграфах.

**Пример 68** (продолжение). В параграфе 9.2 получены диаграммы МСС и IOS, показанные на рис. 75. Вычитая из графика IOS график МСС, получаем площадь, соответствующую стоимости чистого дохода компании. Значения IRR проектов откладываются на графике IOS в порядке убывания в целях максимизации площади, т. е. на практике необходимо осуществлять проекты в порядке *B*, *E*, *C*, *D*, *A*. Но при этом компании следует принять проекты *B*, *E* и *C* и отвергнуть проекты *D* и *A*, т. к. их IRR не превышают предельных стоимостей средств, необходимых для финансирования этих проектов. Бюджет капитальных вложений равняется в общей сложности 40 000 ден. ед.

Следующим этапом подхода Дина является проверка полученного решения. Для этого в качестве единой ставки WACC для всех проектов берется ставка предельной цены капитала до точки пересечения диаграмм МСС и IOS, т. е. в данном случае 13,16%. Затем находятся NPV проектов по этой ставке согласно данным табл. 137. Так, например, для проекта *A*:

$$NPV_A = -10\,000 + 2\,191,2 \frac{1 - 1,1316^{-7}}{0,1316} = -357,245.$$

Таким образом, для всех проектов получаем результаты:

$$\begin{aligned} NPV_A &= -357,245; & NPV_B &= 1\,051,648; & NPV_C &= 357,399; \\ NPV_D &= 431,82; & NPV_E &= 1\,601,727. \end{aligned}$$

Согласно подходу Дина далее следует включить в инвестиционную программу проекты с положительными NPV в порядке убывания NPV. Мы имеем:

$$NPV_E > NPV_B > NPV_D > NPV_C > NPV_A.$$

Следовательно, необходимо теперь построить новый график IOS, располагая при этом IRR проектов в порядке  $E, B, D, C, A$ . Нетрудно показать, что точка пересечения старой диаграммы МСС и новой диаграммы IOS даст новое значение предельной цены капитала — 14% годовых. Таким образом, налицо типичная проблема заикливания, которую можно решить, используя предложенные индексы.

Прежде всего, по формулам (55), (54) и (57) можно рассчитать необходимые для вычисления индексов параметры проектов.

$$\begin{aligned} a_{7;13,16\%}^{(A)} &= 4,400673; & EAA_A(NPV) &= -81,179629; \\ & & EAA_A(IC) &= 2\,272,379702; \\ a_{5;13,16\%}^{(B)} &= 3,503544; & EAA_B(NPV) &= 300,166917; \\ & & EAA_B(IC) &= 2\,854,252722; \\ a_{8;13,16\%}^{(C)} &= 4,772599; & EAA_C(NPV) &= 74,885613; \\ & & EAA_C(IC) &= 2\,095,294409; \\ a_{10;13,16\%}^{(D)} &= 5,391721; & EAA_D(NPV) &= 80,089456; \\ & & EAA_D(IC) &= 3\,709,390749; \\ a_{6;13,16\%}^{(E)} &= 3,979802; & EAA_E(NPV) &= 402,463992; \\ & & EAA_E(IC) &= 5\,025,375634. \end{aligned}$$

Согласно полученным данным по формулам (52), (53) и (56) можно рассчитать индексы ТР, ТМРІ и ТЕААРІ для всех возможных портфелей проектов в табл. 139.

## Исследование всех возможных портфелей проектов индексным методом

Портфели	$\sum_{j=1}^j IC_j$	TP	Ранг	TMPI	Ранг	TEAARI	Ранг
A + B + C + D + E	70 000	0,044076	16	0,011092	16	0,048658	16
A + B + C + D	50 000	0,029672	24	0,007479	24	0,03421	24
A + B + C + E	50 000	0,053071	10	0,013927	10	0,056856	11
A + B + D + E	60 000	0,045466	15	0,011692	13	0,050611	15
A + C + D + E	60 000	0,033895	22	0,007938	22	0,036349	22
B + C + D + E	60 000	0,057377	<b>9</b>	0,014293	<b>9</b>	0,062671	<b>8</b>
A + B + C	30 000	0,03506	20	0,009796	20	0,040692	20
A + B + D	40 000	0,028156	25	0,007477	25	0,033847	25
A + B + E	40 000	0,057403	8	0,015536	8	0,061215	9
A + C + D	40 000	0,010799	28	0,001845	28	0,009146	28
A + C + E	40 000	0,040047	18	0,009904	19	0,042177	19
A + D + E	50 000	0,033526	23	0,008027	21	0,036465	21
B + C + D	40 000	0,046022	14	0,011379	14	0,052563	13
B + C + E	40 000	0,075269	<b>4</b>	0,019438	<b>4</b>	0,077947	<b>4</b>
B + D + E	50 000	0,061704	7	0,015654	7	0,06754	6
C + D + E	50 000	0,047819	13	0,011149	15	0,051471	14

Окончание табл. 139

Портфели	$\sum_{j=1}^j IC_j$	ТР	Ранг	ТМРІ	Ранг	ТЕААРІ	Ранг
A + B	20 000	0,03472	21	0,010949	17	0,042716	18
A + C	20 000	0,000001	30	-0,000315	30	-0,001441	30
A + D	30 000	0,002486	29	-0,000036	29	-0,000182	29
A + E	30 000	0,041483	17	0,010709	18	0,044025	17
B + C	20 000	0,070452	5	0,018753	5	0,075775	5
B + D	30 000	0,049449	12	0,012675	11	0,057934	10
B + E	30 000	0,088446	<b>2</b>	0,023421	<b>2</b>	0,089171	<b>2</b>
C + D	30 000	0,026307	26	0,005166	26	0,026698	26
C + E	30 000	0,065304	6	0,015912	6	0,067037	7
D + E	40 000	0,050839	11	0,012064	12	0,055245	12
A	10 000	-0,035725	31	-0,008118	31	-0,035725	31
B	10 000	0,105165	<b>1</b>	0,030017	<b>1</b>	0,105165	<b>1</b>
C	10 000	0,03574	19	0,007489	23	0,03574	23
D	20 000	0,021591	27	0,004004	27	0,021591	27
E	20 000	0,080086	<b>3</b>	0,020123	<b>3</b>	0,080086	<b>3</b>

Табл. 139 содержит в себе достаточно полную информацию для инвестора относительно общей эффективности всех возможных портфелей проектов. Совершенно логично, что наиболее эффективной по всем трем индексам является программа, состоящая только из проекта  $B$ . Согласно графикам на рис. 75 для проекта  $B$  разница между ставками IRR и WACC наибольшая. Если составить цепь инвестиций в данный проект, т. е. повторять его во времени, то эффективность инвестирования для компании будет наибольшей. Однако решение Дина подразумевает, что в инвестиционную программу каждый проект должен входить не более одного раза. Это достаточно разумно хотя бы с точки зрения диверсификации инвестиций.

В таком случае добавление в программу проекта  $E$  согласно данным табл. 139 позволит получить следующую чуть менее эффективную программу проектов —  $B + E$ . Примечательно, что проект  $E$  в отдельности менее эффективен, чем программа  $B + E$ . Это объясняется тем, что разница между  $IRR_E$  и взвешенной ставкой из  $WACC_1$  и  $WACC_2$  меньше разницы между  $IRR_B$  и  $WACC_1$  на рис. 75.

Наконец, добавление в программу еще проекта  $C$  позволяет получить следующую менее эффективную программу проектов —  $B + C + E$ . Тем не менее любая другая комбинация трех или более проектов согласно данным табл. 139 получается менее эффективной, чем портфель  $B + C + E$ . Комбинация  $B + C + D + E$ , которую мы получили ранее, ранжируя проекты по NPV, также менее эффективна, чем  $B + C + E$ . Таким образом, здесь наглядно видно, что проблема заикливания в решении Дина решается индексным методом уже на первой итерации. То есть инвестор, стремящийся к максимально эффективному освоению имеющихся для инвестирования средств и предпочитающий диверсифицировать свой инвестиционный риск, предпочтет программу проектов  $B + C + E$ .

Несмотря на то, что в рассмотренном примере решение, полученное индексным методом, совпало с первоначальным решением Дина, на практике могут возникнуть ситуации, когда индексный метод даст другой результат. Такое расхождение обусловлено выбором предельной цены капитала для всех анализируемых проектов. Однако, если решение Дина не дополнять представленным способом, то окончательного решения можно так и не достичь, попав в цикл.



В заключение проведенного исследования сформулируем наиболее важные полученные результаты:

1. Решение Дина может не дать окончательного ответа относительно оптимальной инвестиционной программы вследствие возможной проблемы заикливания в вычислениях. Данная проблема возникает по причине выбора графическим способом единой ставки WACC для всех анализируемых проектов, что может привести в итоге к новой инвестиционной программе согласно рангам NPV проектов.

2. Разрешить указанную проблему заикливания можно, используя индексный метод, который заключается в вычислении индекса общей рентабельности (ТР), модифицированного индекса общей доходности (ТМРІ) и индекса общей доходности эквивалентных аннуитетов (ТЕААРІ).

3. Наиболее достоверным индексом является ТЕААРІ, поскольку он позволяет сравнивать регулярный ежегодный эффект проекта с регулярными ежегодными затратами по нему.

4. Кроме указанных преимуществ индексы ТР, ТМРІ и ТЕААРІ несут в себе дополнительную для инвестора информацию о возможных более выгодных цепях инвестиций и наиболее эффективных вариантах максимальной диверсификации инвестиционного риска.

### **9.5. Оценка вертикально интегрированных инновационных проектов**

Данная проблема имеет большое значение для организации, находящейся в фазе развития, или компании, чьей специализацией является комплексное развитие региона, области или объекта. При таких обстоятельствах бывает невозможно дать оценку одному единичному проекту, т. к. успех каждого проекта неразрывно связан с результатами других проектов в рамках единой инвестиционной программы.

В этом случае полезно разделить все проекты единого комплекса на экзогенные и эндогенные. Продукты экзогенных проектов поступают во внешнюю среду, эндогенные проекты производят продукты и услуги для других проектов инвестиционного комплекса. В этом

случае бывает удобно анализировать проекты, начиная с завершения цепочки, т. е. оценивать эндогенные проекты на основе результатов, полученных при анализе экзогенных проектов.

Рассмотрение в первую очередь более поздних проектов по сравнению с более ранними имеет тот недостаток, что может привести к снижению достоверности исходных данных для анализа всей системы в целом. Однако такой подход позволяет привязать эффект каждого, в том числе промежуточного, проекта к конечному результату, который получается в рамках всей системы в целом. Это дает возможность более обоснованно судить о жизнеспособности каждого из проектов инвестиционной программы.

**П р и м е р 69.** Компания “Данстройинвест” специализируется на управлении проектами по созданию и эксплуатации объектов недвижимости капиталоемкостью до 10 млн долл. США. Компания является членом Российской гильдии риэлторов, Международной федерации профессиональных операторов рынка недвижимости (FIABCI) и Международной секции Национальной ассоциации риэлторов (США). В настоящее время рассматривается возможность ее участия в проекте создания в г. Москве комплекса, предназначенного для размещения офисов класса “А”, с целью последующей сдачи помещений в аренду российским и иностранным компаниям. Общая площадь строящегося здания — 5 000 м<sup>2</sup>, арендуемая площадь — 4 000 м<sup>2</sup>. Роль компании “Данстройинвест” сводится:

- к получению всех необходимых разрешений от органов власти на реализацию данного проекта;
- определению условий привлечения финансирования для инвестиций, разработке механизмов и форм их возврата;
- поиску и привлечению инвесторов;
- отбору подрядчиков, финансированию их деятельности и контролю над их работой;
- продаже созданного объекта недвижимости инвесторам.

Таким образом, под управлением компании-девелопера “Данстройинвест” проект доводится до определенной стадии, а именно,

до оформления прав собственности инвесторов на созданный объект недвижимости. А затем осуществляется продажа всех прав требования на создаваемый объект недвижимости инвесторам как раз накануне его государственной регистрации.

Объект передается инвесторам, которые, в свою очередь, должны будут довести его до эксплуатационной стадии и получить доходы от сдачи его в аренду.

Требуемый уровень доходности для девелопера и для инвесторов оценивается на уровне 25% годовых в долл. США. Приведенная по этой ставке сумма инвестиций девелопера (компания “Данстройинвест”) составила 2 293 тыс. долл.

Компания “Данстройинвест” возмещает вложенные инвестиции и получает доход за счет разового платежа  $IC_D$ , полученного от инвестора (рис. 78). Каким будет этот платеж? Устроит ли эта цена девелопера?

Итак, приведенная ценность инвестиций инвестора в объект недвижимости после получения прав на него равна  $\Delta IC_I = 430$  тыс. долл. Арендная плата (500 долл. за  $1 \text{ м}^2$  в год) ожидается, что будет постоянной в долларах. В 1-й год эксплуатации предполагается сдать  $2\,000 \text{ м}^2$ , в последующие —  $4\,000 \text{ м}^2$ . При ставке налога на прибыль  $T = 20\%$  денежный приток инвестора составит:

— в 1-й год —

$$CF_1 = 2\,000 \text{ м}^2 \times 500 \text{ долл./м}^2 \times (1 - 0,2) = 800\,000 \text{ долл.};$$

— в каждый последующий год —

$$CF = 4\,000 \text{ м}^2 \times 500 \text{ долл./м}^2 \times (1 - 0,2) = 1\,600\,000 \text{ долл.}$$

NPV проекта для инвестора в  $t = 0$  его срока равен

$$\begin{aligned} NPV_I &= -430 + \frac{800}{1,25} + \frac{1\,600}{0,25} \cdot \frac{1}{1,25} = 5\,330 \text{ (тыс. долл.)} = \\ &= \underbrace{IC_D + \Delta IC_I}_{\text{максимальная цена для инвестора}}. \end{aligned}$$

Для девелопера в  $t = 0$  его срока это будет

$$\frac{5\,330}{1,25^4} = 2\,183,168 \text{ (тыс. долл.)}.$$

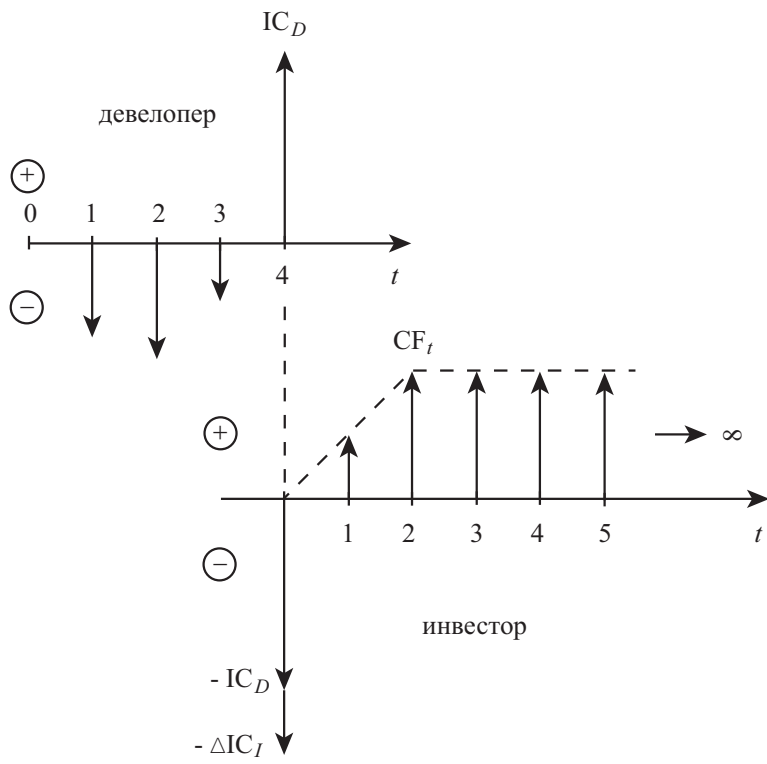


Рис. 78. Денежные потоки девелопера и инвестора

Поскольку согласно смете сумма инвестиций девелопера в его проект 2293 тыс. долл. > 2183,168 тыс. долл., данный проект для него невыгоден.

## 9.6. Оценка стратегических перспектив бизнеса

В практике инвестиционного проектирования возможна ситуация, когда достоверно известны данные лишь о первом проекте в цепочке. Будущие стратегические перспективы, которые получает компания после осуществления первого проекта, не ясны и не могут быть оценены с позиции денежных потоков. В некоторых случаях обоснование таких проектов может быть дано с использованием модели оценки реальных опционов.

Как уже было сказано в параграфе 8.8, реальные опционы — это ситуации в производственной деятельности промышленных компаний, аналогичные покупке-продаже опционов на финансовом рынке.

Например, приобретая опцион на покупку акции (т. е. колл-опцион), инвестор получает право купить эту акцию через некоторое время по фиксированной цене — цене исполнения опциона. За это право он изначально уплачивает цену опциона.

С другой стороны, если корпорация осуществляет убыточный проект, который, однако, позволит ей выйти на новый рынок, то такая корпорация тоже покупает своеобразный колл-опцион. Премией за опцион является убыток от первого проекта, а результатом — возможность вложить капитал (цену исполнения “опциона”) в новую область деятельности, т. е. в активы, ценность которых может быть мала, а может быть (при благоприятных условиях) очень велика. Техника оценки таких перспектив во многом может быть похожа на технику оценки колл-опционов.

**Пример 70.** АО “Альбатрос” планирует создание сети пунктов общественного питания быстрого обслуживания (по технологии “fast food”) в районе железнодорожных вокзалов в областном центре (городе *K*) и крупнейших городах области. Пилотный проект — монтаж оборудования непосредственно в здании вокзала станции *K-2* — предполагается осуществить в ближайшее время. Его денежные потоки отражены в табл. 140.

Таблица 140

**Свободные денежные потоки пилотного проекта  
(тыс. долл.)**

Прогноз	Операционные денежные потоки по годам			
	0	1	2	3 ÷ 10
Оптимистичный	-154,3	49,6	49,6	49,6
Пессимистичный	-154,3	23,1	72,8	—

Вероятность оптимистичного варианта развития ситуации — 0,6, пессимистичного — 0,4. Если оправдается оптимистичный прогноз для пилотного проекта (о чем можно будет судить в конце 2-го года), то станет возможным построить еще 4 таких типовых ресторана в районе железнодорожного вокзала станции *K-1*, автовокзала, речного порта и железнодорожной станции *M* крупнейшего после *K* города области.

При этом в случае удачи пилотного проекта вероятность удачи последующих проектов поднимется до 0,9. Выгодно ли осуществление пилотного проекта, если WACC для АО “Альбатрос” равна 22% годовых в долл. США?

Сначала определим в табл. 141 ожидаемые денежные потоки по пилотному проекту, используя формулу

$$E[CF^{\text{base}}] = CF_{\text{opt}} \cdot 0,6 + CF_{\text{pes}} \cdot 0,4.$$

Таблица 141

**Расчет ожидаемых денежных потоков пилотного  
проекта (тыс. долл.)**

Прогноз	Денежные потоки по годам			
	0	1	2	3 ÷ 10
Оптимистичный	-154,3	49,6	49,6	49,6
Пессимистичный	-154,3	23,1	72,8	0
$E[CF^{\text{base}}]$	-154,3	39	58,9	29,8

NPV ожидаемого денежного потока составит

$$E[\text{NPV}^{\text{base}}] = -154,3 + \frac{39}{1,22} + \frac{58,9}{1,22^2} + 29,8 a_{8;22\%} \frac{1}{1,22^2} = \\ = -10,4 \text{ (тыс. долл.)} < 0.$$

Несмотря на то, что сам по себе отдельно взятый пилотный проект невыгоден, фирма, идя на его осуществление, приобретает реальный опцион, т. е. возможность осуществления 4-х остальных проектов через 2 года.

Цена такого колл-опциона:  $C = 10,4$  тыс. долл.

Цена исполнения опциона:  $K = 154,3 \cdot 4 = 617,2$  (тыс. долл.).

Рыночная цена 4-х новых проектов:  $S = \text{PV}(\text{CIF}^{\text{new}})$ .

Если пилотный проект окажется удачным, фирма осуществит вложения в остальные 4 проекта через 2 года, а, начиная с 3-го года, эти проекты начнут давать доходы (табл. 142).

Таблица 142

**Вероятные денежные потоки 4-х новых проектов  
(тыс. долл.)**

Прогноз	Вероятные денежные потоки по годам			
	2	3	4	5 ÷ 12
Оптимистичный ( $p_{\text{opt}} = 0,9$ )	-617,2	$49,6 \cdot 4 =$ $= 198,4$	198,4	198,4
Пессимистичный ( $p_{\text{pes}} = 0,1$ )	-617,2	$23,1 \cdot 4 =$ $= 92,4$	$72,8 \cdot 4 =$ $= 291,2$	0

NPV этих денежных потоков с учетом вероятности их осуществления составят:

$$\text{NPV}_{\text{opt}}^{\text{new}} = (-617,2 + 198,4 a_{10;22\%}) \frac{1}{1,22^2} = 108,28 \text{ (тыс. долл.)};$$

$$\text{NPV}_{\text{pes}}^{\text{new}} = \left( -617,2 + \frac{92,4}{1,22} + \frac{291,2}{1,22^2} \right) \frac{1}{1,22^2} = -232,34 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Оценка перспектив осуществления в будущем 4-х новых проектов будет равна

$$\begin{aligned} NPV^{new} &= NPV_{opt}^{new} \cdot 0,9 + NPV_{pes}^{new} \cdot 0,1 = \\ &= 108,28 \cdot 0,9 - 232,34 \cdot 0,1 = 74,22 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

Общая ожидаемая оценка всего комплекса проектов составит

$$\begin{aligned} E[NPV] &= E[NPV^{base}] + NPV^{new} \cdot 0,6 = \\ &= -10,4 + 74,22 \cdot 0,6 = 34,13 \text{ (тыс. долл.)} > 0. \end{aligned}$$

Можно сказать, что премия за реальный колл-опцион в данной ситуации равна  $74,22 \cdot 0,6 = 44,53$  тыс. долл.

*Другой способ решения*

Если бы у проекта был только оптимистичный вариант развития, то для пилотного проекта

$$NPV_{opt}^{base} = -154,3 + 49,6 a_{10;22\%} = 40,3 \text{ (тыс. долл.)},$$

а с учетом развития еще 4-х проектов

$$NPV_{opt} = 40,3 + 74,22 = 114,52 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Если бы мог быть реализован только пессимистичный сценарий, то после осуществления пилотного проекта других проектов не будет и тогда

$$NPV_{pes} = -154,3 + \frac{23,1}{1,22} + \frac{72,8}{1,22^2} = -86,5 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Интегральный ожидаемый эффект составит

$$E[NPV] = 114,52 \cdot 0,6 - 86,5 \cdot 0,4 = 34,11 \text{ (тыс. долл.)}.$$

*Вывод:* Подобный расчет корректен, если для АО “Альбатрос” полностью исключена возможность того, что плодами его эксперимента (пилотного проекта) воспользуется кто-нибудь из конкурентов. То есть, чтобы считать дополнительные возможности компании реальным опционом, необходимо, чтобы первый проект давал эксклюзивные права на остальные четыре.



## 9.7. Ценность коммерческой информации

В приведенной в предыдущем параграфе ситуации (пример 70) важно то, что ценность опциона определяется именно неопределенностью будущих перспектив бизнеса, а не высокой доходностью рассматриваемых проектов.

Действительно, все проекты на сегодня выглядят убыточными, и если бы мы подошли к их оценке с позиции традиционного анализа денежных потоков, мы должны были бы их отвергнуть: один убыточный проект дает ключ к серии из еще четырех столь же убыточных проектов. Откуда же парадоксальный по своей сути вывод о том, что первый проект все-таки надо осуществить?

Дело в том, что первый проект дает нам *информацию*, которая позволит раскрыть неопределенность по поводу четырех последующих проектов. И ценность этой информации гораздо выше, чем ожидаемый убыток от первого проекта. Это означает, что если бы мы получили дополнительную информацию, которая хотя бы частично раскрыла неопределенность результатов первого проекта, сделала их более предсказуемыми, то такая информация тоже имела бы ценность.

Рассматриваемая ниже ситуация иллюстрирует методологический подход к оценке дополнительной информации.

**Пример 70** (продолжение). АО “Альбатрос” рассматривает предложение рекламной фирмы “Вега” провести маркетинговые исследования возможности осуществления пилотного проекта строительства типового ресторана на станции *K-2* города *K*. Известно, что эти исследования позволят предсказать исход пилотного проекта с вероятностью 90%. За проведение исследований фирма “Вега” просит 12 тыс. долл. Насколько выгодно это предложение?

Воспроизведем наше сегодняшнее представление о пилотном проекте с учетом возможного развития еще 4-х проектов в табл. 143.

Таким образом, вероятность того, что фирма “Вега” рекомендует

- 1) принять проект и будет права —  $0,6 \cdot 0,9 = 0,54$ ;
- 2) принять проект и ошибется —  $0,6 \cdot 0,1 = 0,06$ ;
- 3) отказаться от проекта и будет права —  $0,4 \cdot 0,9 = 0,36$ ;
- 4) отказаться от проекта и ошибется —  $0,4 \cdot 0,1 = 0,04$ .

Итого:  $0,54 + 0,06 + 0,36 + 0,04 = 1$ .

Таблица 143

## Сегодняшнее представление о проекте

Сценарий развития проекта	Вероятность	NPV (тыс. долл.)
Оптимистичный	0,6	114,52
Пессимистичный	0,4	-86,5

Рассмотрим в табл. 144, какие доходы и убытки понесет АО “Альбатрос” в случае реализации каждого из 4-х вариантов (включая убытки от нереализованной выгоды).

Таблица 144

**Доходы и убытки**  
(включая упущенную выгоду)

Вариант	Вероятность	NPV (тыс. долл.)
1	0,54	114,52
2	0,06	-86,5
3	0,36	0
4	0,04	-114,52

Итак, ожидаемое значение NPV будет равно

$$E[NPV] = 114,52 \cdot 0,54 - 86,5 \cdot 0,06 - 114,52 \cdot 0,04 = 52,07 \text{ (тыс. долл.)}$$

Таким образом, проект с дополнительной информацией дает более высокий ожидаемый эффект, чем проект без дополнительной информации (ожидаемый эффект составляет, как мы видели в предыдущем параграфе, 34,11 тыс. долл.). Предельная стоимость таких исследований

$$52,07 - 34,11 = 17,96 \text{ (тыс. долл.)}$$

что, конечно, выше требуемых 12 тыс. долл.

Результаты говорят о том, что предложение фирмы “Вега” выгодно и должно быть принято, т. к. эффект, получаемый от дополнительной информации, больше ее стоимости. Однако в таком решении плохо то, что полученный результат сильно зависит от точности оценки вероятности, с которой дает рекомендации фирма “Вега”.

## 9.8. Ценность геологической информации

Коммерческая информация — это необязательно информация, относящаяся к маркетингу, или специфические сведения из конфиденциальных источников. Некоторые отрасли экономики и виды деятельности построены исключительно на добывании полезных сведений (определенные области науки, научное обслуживание), и вопрос об их финансировании, конечно, должен быть увязан с коммерческой значимостью информации, поставляемой ими.

Примером могут быть геологоразведочные исследования. Эти работы дорогие, иногда по уровню затрат сравнимые с добычей полезных ископаемых. Однако насколько оправданы подобные затраты?

Методологический подход к обоснованию подобных исследований на конкретном объекте может базироваться на принципах, которые были использованы нами в предыдущем параграфе. Получив дополнительную информацию, мы получаем возможность более компетентно принимать решения и избавиться тем самым от возможных убытков, которые мы понесли бы, если бы не обладали этой информацией.

Учитывая важность сырьевых отраслей для экономики России, приведем одну практическую иллюстрацию.

**П р и м е р 71.** Горно-геологическое предприятие планирует осуществлять разработку месторождения рудного сырья. Однако в настоящее время нет полной определенности по вопросу о том, каковы его геологические запасы. Основываясь на данных предыдущих исследований, можно построить 2 сценария развития объекта: умеренно оптимистичный и умеренно пессимистичный. Оба сценария равновероятны. Расчетное значение NPV проекта для оптимистичного сценария — 30 млрд руб., для пессимистичного — минус 10 млрд руб. Для того, чтобы избавиться от неопределенности, необходимо

вложить в геологическое изучение объекта по 1 млрд руб. в течение 2-х лет и затратить немедленно еще 0,5 млрд руб. Выгодно ли это, если стоимость капитала проекта составляет 35% годовых?

Ожидаемый NPV проекта при условии немедленного развития объекта равен

$$E[\text{NPV}] = 30 \cdot 0,5 - 10 \cdot 0,5 = 10 \text{ (млрд руб.)}.$$

При осуществлении геологического изучения проект в зависимости от сценария даст эффекты, показанные в табл. 145.

Таблица 145

**Ожидаемый эффект геологического изучения проекта**

Сценарий	Вероятность	Эффект (млрд руб.)
Оптимистичный	0,5	$-0,5 - 1 a_{2;35\%} + \frac{30}{1,35^2} = 14,67$
Пессимистичный	0,5	$-0,5 - 1 a_{2;35\%} = -1,8$

Ожидаемое значение NPV равно

$$E[\text{NPV}] = 14,67 \cdot 0,5 - 1,8 \cdot 0,5 = 6,44 < 10 \text{ (млрд руб.)}.$$

Следовательно, геологическое доизучение объекта невыгодно.

*Вывод:* Результат расчетов может получиться иным, если принять во внимание, что капитал компании, высвобожденный на 2 года в связи с необходимостью дополнительного геологического изучения объекта, не замораживается, а может быть вложен в другие проекты с аномальной доходностью и способен принести коммерческий эффект за это время. Это приводит нас к тому, что крупная диверсифицированная корпорация должна не столько изучать отдельные проекты, сколько смотреть, как они будут выглядеть в комплексе и взаимодействии. Только тогда дополнительная информация получит правильную оценку.

## 9.9. Оптимизация набора инновационных проектов методом линейного программирования

Оптимальные решения в рамках одновременного инвестиционно-го и финансового планирования можно всегда определить с помощью моделей линейного программирования. При этом многие авторы считают использование моделей математического программирования более обоснованным подходом для формирования оптимального бюджета инвестиций.

Чаще всего с этой целью предлагается использовать задачи линейного программирования в форме

$$\begin{cases} \max Z = \sum_{j=1}^J c_j x_j ; \\ \sum_{j=1}^J a_{tj} x_j \leq b_t \quad (t = \overline{1, n}), \\ x_j \geq 0, \end{cases}$$

где  $J$  — число проектов;

$c_j$  — NPV  $j$ -го проекта (ден. ед.);

$a_{tj}$  — денежный отток  $j$ -го проекта в период времени  $t$  (ден. ед.);

$b_t$  — общий объем финансирования в период времени  $t$  (ден. ед.).

Требуется найти решение  $\mathbf{x}^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_J^*)$ , где  $x_j^*$  — доля финансирования  $j$ -го проекта.

Для приближения к реальности в данную задачу вводят также ресурсные ограничения (например, фирма не имеет возможности получить в полном объеме все сырье, необходимое для осуществления проекта) и возможность финансовых вложений (т. е. взятия займы или размещения в государственные ценные бумаги части средств). Эта задача решается по стандартному алгоритму симплекс-метода.

**Пример 72.** Строительная компания рассматривает 3 проекта: строительство жилого дома (проект 1), офисного центра (проект 2) и продовольственного магазина (проект 3). Денежные потоки проектов представлены в табл. 146. Стоимость капитала корпорации — 15% годовых.

Ограничения:

1. *Бюджетные.* Бюджет капиталовложений компании на ближайшие 3 года предусматривает инвестиции из централизованных фондов компании 850 у. е. в нулевом периоде. Все последующие инвестиции осуществляются за счет прибыли самих проектов.

Таблица 146

**Денежные потоки проектов (у. е.)**

Проекты	Денежные потоки по годам			
	0	1	2	3
Жилой дом (проект 1)	-500	-100	300	700
Офисный центр (проект 2)	-650	-230	-50	1 595
Магазин (проект 3)	-400	330	130	—

2. *Ресурсные.* Проекты 1 и 2 требуют особых отделочных материалов на общую сумму соответственно 110 и 95 у. е. В ближайшие 2 года для корпорации реально заключить контракты на общую сумму 150 у. е. В последующие годы это ограничение не будет иметь существенного значения.

3. *Финансовые.* Любые дополнительные средства компания может вложить в депозит банка под 10% годовых. Для компании открыта кредитная линия под 20% годовых на сумму не более 200 у. е. По опыту срок вложения денег в депозит не превышает 1 года, а срок погашения кредитов обычно составляет 2 года.

Требуется составить оптимальную инвестиционную программу для корпорации.

Пусть каждый из проектов может быть профинансирован частично. Кроме того, предположим, что получить кредит или вложить деньги в депозит можно только в  $t = 0$ .

При ставке 15% годовых NPV каждого из проектов при условии его 100%-го финансирования составит:

$$NPV_{15\%}^{(1)} = 100,15; \quad NPV_{15\%}^{(2)} = 160,93; \quad NPV_{15\%}^{(3)} = -14,74.$$

Введем еще 2 условных проекта.

1. Проект 4 — депозит в банке:

$$CF_0 = -1; \quad CF_1 = 1,1; \quad NPV_{15\%}^{(4)} = -0,04.$$

2. Проект 5 — кредит в банке:

$$CF_0 = 1; \quad CF_1 = -0,2; \quad CF_2 = -1,2; \quad NPV_{15\%}^{(5)} = -0,08.$$

Тогда получим следующую задачу линейного программирования:

$$\max Z = 100,15x_1 + 160,93x_2 - 14,74x_3 - 0,04x_4 - 0,08x_5;$$

ограничения:

$$\left\{ \begin{array}{ll} 500x_1 + 650x_2 + 400x_3 + x_4 = 850 + x_5 & \text{— бюджетные,} \\ 100x_1 + 230x_2 + 0,2x_5 = 330x_3 + 1,1x_4 & \text{— финансовые,} \\ 50x_2 + 1,2x_5 \leq 300x_1 + 130x_3 & \text{— финансовые,} \\ x_5 \leq 200 & \text{— финансовые,} \\ 110x_1 + 95x_2 \leq 150 & \text{— ресурсные,} \\ x_j \leq 1 \quad (j = \overline{1,3}) & \text{— естественные,} \\ x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1,5}) & \text{— естественные.} \end{array} \right.$$

Данную задачу можно решить, например, в пакете *Mathematica*.

Для этого набираем в нем следующий текст программы:

```
NMaximize[{100.15*x1+160.93*x2-14.74*x3-0.04*x4-0.08*x5,
500*x1+650*x2+400*x3+x4==850+x5,
100*x1+230*x2+0.2*x5==330*x3+1.1*x4,
50*x2+1.2*x5<=300*x1+130*x3, x5<=200, 110*x1+95*x2<=150,
x1<=1, x2<=1, x3<=1, x1>=0, x2>=0, x3>=0, x4>=0, x5>=0},
{x1, x2, x3, x4, x5}]
```

Получаем решение  $\mathbf{x}^* = (0,864845; 0,577548; 0; 234,318; 192,147)$ ,  $Z(\mathbf{x}^*) = 154,815$ . Таким образом, при соответствующих долях финансирования проектов  $x_j^*$  мы имеем максимальное значение NPV для совокупности проектов, равное 154,815 у. е.

**Недостатки линейного программирования.** Хотя этот метод и известен в теории, его практическое применение не всегда дает положительный результат.

Недостатки модели состоят в следующем.

- Ресурсные ограничения могут свести решение на нет.

Например, если в проекте строительства обогатительной фабрики нет возможности обеспечить ее рудой так, чтобы она могла работать с необходимым уровнем производственной мощности, то лучше от ее строительства вообще отказаться. Данный же метод предложит частичное финансирование строительства как оптимальное решение, т. е., по сути, проголосует за долгострой убыточной производственной единицы.

Поэтому от ресурсных ограничений в рамках данной задачи целесообразно вообще отказаться, считая неэффективными все проекты, не имеющие сырьевого, материального и инфраструктурного обеспечения.

- Делимость проекта далеко не всегда возможна.

Например, если речь идет о покупке нового конвейера с целью его дальнейшего использования, то такая покупка может быть осуществлена, только если за него будет уплачена вся сумма целиком. Частичная оплата означает рассрочку платежа, что влияет на затраты и результаты.

- Частичное финансирование означает задержку осуществления проекта, растяжение его выполнения во времени.

Это приводит к изменению срока жизни проекта, доходов и затрат по годам, а также воздействует на риск и ставку дисконта. Поэтому должен измениться и критерий оценки проекта, т. е. NPV. Это изменение должно быть существенным, однако оно игнорируется.

Пример 72 (продолжение). Что для нас означает финансирование проекта 2 (строительство офисного центра) на 57,75%? Проект оригинального здания, если он уже разработан, никто менять не будет, поэтому если потребности данного проекта в инвестициях равны в нулевой период 650 у. е., а будет выделено всего  $0,577548 \cdot 650 = 375,41$  у. е., то, скорее всего, нулевой цикл строительства не будет завершен в срок и продолжится в следующем периоде.



Но в следующем периоде также не будет выделена необходимая сумма, т. е. проект не получит денег, необходимых ему согласно смете. Поэтому на каком-то из этапов проект остановится и, конечно, его результат уже не будет интересовать целевых потребителей — деловые люди не станут открывать офисы своих фирм на стройплощадке.

Если же будет найден новый источник финансирования для завершения строительства, то это будет означать новые условия продажи, другие цены и сроки реализации. В этом случае уже никто не сможет сказать, насколько оптимальной была составленная ранее инвестиционная программа.

### 9.10. Оптимизация набора инновационных проектов методом частично целочисленного программирования

Нужно признать, что метод математического моделирования инвестиционной программы с использованием математического программирования должен решать вопрос о целесообразности финансирования проектов в целом, но он неэффективен, если применяется также для установления объемов финансирования, доли предоставления средств по отношению к потребности. Поэтому решение модели — вектор  $\mathbf{x}^*$  — должен состоять только из нулей и единиц: ноль — если проект в целом отклоняется, единица — если осуществляется. Это достигается путем введения в задачу линейного программирования еще одной серии ограничений вида

$$0 \leq x_j \leq 1, \quad x_j \in \mathbb{Z} \quad (j = \overline{1, J_1}).$$

Задачу в таком виде, с дополнением указанных ограничений, на компьютере чисто технически можно решить следующим образом: мы сначала определяем оптимум, а после этого ищем результат, частично связанный с целыми числами.

**Пример 72** (продолжение). Предположим, что частичное финансирование проектов невозможно. Кроме того, допустим, что

получение кредита и вложение денежных излишков в депозит возможны для корпорации на любой срок и в любое время, а не только в нулевом периоде на 1–2 года.

Итак, проекты 1 и 2 нельзя осуществить совместно, т. к.

— бюджетное и финансовое ограничения:

$$500 + 650 = 1\,150 > 1\,050 = 850 + 200;$$

— ресурсное ограничение:

$$110 + 95 = 205 > 150.$$

Проект 3 отдельно не осуществляем, т. к. его  $NPV < 0$ .

Дальнейший анализ покажет, что возможны лишь следующие варианты совместного осуществления проектов:

1) 2 + 3 + 5; 2) 2 + 4 + 5; 3) 1 + 3 + 5; 4) 1 + 4.

Составим комплексные денежные потоки для этих вариантов, предположив, что налоговый щит отсутствует. При этом принимаем за правило не брать кредитов больше и на более долгий срок, чем надо, и не вкладывать деньги в депозит на срок больше, чем необходимо, т. к. обе эти финансовые операции убыточны — их  $NPV < 0$ .

Результаты расчетов для каждого из 4-х портфелей проектов показаны в табл. 147–150.

Таблица 147

**Вариант 1 (2 + 3 + 5) (у. е.)**

Проект	Денежные потоки по годам			
	0	1	2	3
2	–650	–230	–50	1 595
3	–400	330	130	—
5	200	–100	–80	–105,6
$\Sigma$	–850	0	0	1 489,4

$NPV = 129,3$  у. е.

Таблица 148

**Вариант 2 (2 + 4 + 5) (у. е.)**

Проект	Денежные потоки по годам			
	0	1	2	3
2	-650	-230	-50	1 595
4	-200	220	—	—
5	—	10	50	-74,4
$\Sigma$	-850	0	0	1 520,6

NPV = 149,82 у. е.

Таблица 149

**Вариант 3 (1 + 3 + 5) (у. е.)**

Проект	Денежные потоки по годам			
	0	1	2	3
1	-500	-100	300	700
3	-400	330	130	—
5	50	-60	—	—
$\Sigma$	-850	170	430	700

NPV = 83,22 у. е.

Таблица 150

**Вариант 4 (1 + 4) (у. е.)**

Проект	Денежные потоки по годам			
	0	1	2	3
1	-500	-100	300	700
4	-90,91	100	—	—
$\Sigma$	-590,91	0	300	700

NPV = 96,19 у. е.

Таким образом, наилучшим из вариантов является вариант 2, состоящий в том, чтобы сконцентрироваться на проекте 2 (строительство офисного комплекса), наиболее доходном и капиталоемком, нехватку средств компенсировать за счет кредита банка под 20% годовых, а денежные излишки вкладывать в депозит того же банка под 10% годовых. Этот вариант позволит получить максимально возможный эффект, т. е.  $NPV = 149,82$  у. е., или финансовую производительность

$$ЕАА = \frac{NPV}{a_{3;15\%}} = \frac{149,82}{a_{3;15\%}} = 65,62 \text{ (у. е. в год).}$$

**Недостатки частично целочисленного программирования.** Они заключаются в следующем.

- Модель ориентирована только на рентабельность и не рассматривает проблему ликвидности для проектов с неодинаковым сроком действия.
- Модель не исключает возможность формирования недиверсифицированного портфеля проектов.
- Модель не учитывает внутренние связи проектного комплекса.

Дело в том, что оптимальный набор инновационных проектов и совместный их анализ — это задача не только инвестиционная, но и финансовая. Для ее решения необходимо рассматривать не только вопросы вложения капитала в активы проектов, но и проблемы получения финансовых ресурсов для последующего инвестирования их в проекты. Эти соображения во многом обуславливают структуру инвестиционного комплекса.

Для понимания этого необходимо иметь представление о таких системных эффектах, как кросс-финансирование, кросс-субсидирование, кросс-холдинг и кросс-хеджирование.

### 9.11. Кросс-финансирование

Проблема оптимизации проектного комплекса состоит не только в том, чтобы обеспечить оптимальное сочетание проектов *в рамках*

утвержденного бюджета в заданный интервал времени. Задача является более многомерной.

Требуется выбрать время начала каждого проекта таким образом, чтобы:

- добиться достижения глобальной цели, поставленной перед всем комплексом проектов, не растягивая сроки;
- осуществить проекты в оптимальной последовательности, так, чтобы, с одной стороны, их общая коммерческая эффективность была максимальной, а с другой стороны, средства, инвестируемые из внешней среды в проектный комплекс, были невелики.

Это возможно, если выбрать моменты начала каждого из проектов таким образом, чтобы денежные притоки начальных проектов были источниками финансирования последующих инвестиций;

- наконец, проекты должны быть совместимы между собой в течение срока их жизни и по возможности составлять диверсифицированный набор.

Второе соображение составляет суть проблемы *кросс-финансирования*, которая состоит в том, чтобы скомбинировать денежные потоки проектов таким образом, чтобы весь проектный комплекс существовал на основе самофинансирования и требовал как можно меньше финансовой подпитки извне. Во всяком случае, потребности проектного комплекса во внешнем финансировании должны соответствовать возможностям инициаторов по привлечению финансовых ресурсов.

Действительно, стоит ввести выбор начала проекта в анализ, и представление об оптимальном проектном комплексе изменится. Важно отметить, что при таком подходе, возможно, в первую очередь должны будут осуществляться не самые коммерчески эффективные проекты.

**Пример 72** (продолжение). Пусть мы имеем возможность самостоятельно выбирать момент начала каждого проекта таким об-

разом, чтобы проекты финансировали друг друга. Пусть мы ориентированы на максимум NPV, не считаясь с тем, какую при этом финансовую производительность (ЕАА) обеспечиваем.

Предположим также, что проект 2 мы можем начать сейчас, а можем отложить на год или два. К тому же по условию через 2 года перестанут действовать ресурсные ограничения. (С проекта 2 начать не получится, т. к. не хватит денег в  $t = 2$ .)

Посмотрим, как вся эта ситуация будет выглядеть в виде денежных потоков, считая, что с 3-го года возникнут новые инвестиционные возможности с доходностью не ниже 15% годовых (табл. 151).

Таблица 151

**Денежные потоки кросс-финансируемых проектов (у. е.)**

Проект	Денежные потоки по годам					
	0	1	2	3	4	5
1	-500	-100	300	700	—	—
2	—	—	-650	-230	-50	1 595
4	-350	100	313,5	-45,5	50	—
5	—	—	36,5	-43,8	—	—
$\Sigma$	-850	0	0	380,7	0	1 595

Интегральный эффект NPV проектного комплекса при ставке 15% годовых равен 193,31 у. е. Возможность “подвинуть” проект на два года вперед позволила нам увеличить NPV проектного комплекса со 149,82 у. е. (для варианта 2) до 193,31 у. е. При этом были соблюдены бюджетные ограничения, сформулированные ранее.

Финансовая производительность нового проектного комплекса

$$ЕАА = \frac{NPV}{a_{5;15\%}} = \frac{193,31}{a_{5;15\%}} = 57,67 < 65,62 \text{ (у. е. в год).}$$

*Выводы:*

1. При таком подходе, возможно, в первую очередь должны будут осуществляться не самые коммерчески эффективные проекты ( $NPV^{(1)} = 100,15$  у. е.;  $NPV^{(2)} = 160,93$  у. е.).

2. Кросс-финансирование проектного комплекса должно строиться также с учетом генеральной финансовой стратегии корпорации (анализ матрицы BCG, игровой подход и т. д.).

## 9.12. Кросс-субсидирование

Условия для завышения оценки одних проектов за счет возможностей других называется *кросс-субсидированием*.

**Пример 73.** У инновационного проекта  $A$  корпорации  $N$  срок жизни равен 6 годам, а денежный поток отражен в табл. 152.

Таблица 152

**Денежный поток проекта  $A$   
корпорации  $N$  (тыс. долл.)**

Год	0	1÷6
CF	-382,63	105,11

Для осуществления проекта  $A$  кредитор согласен предоставить кредит с двойным покрытием и полным погашением не более чем через 3 года под 15% годовых. При этом минимум 30% всех инвестиций должны быть профинансированы за счет собственного капитала корпорации  $N$ .

Ставка безрискового вложения — 6% годовых, рыночная премия для России — 24% годовых, безрычаговый  $\beta$ -коэффициент для отрасли, в которой работает компания, — 0,5 ([www.finmanager.ru](http://www.finmanager.ru)). Налог на прибыль — 30%.

Однако у корпорации  $N$  есть другие инновационные проекты и благодаря им существует возможность получить дополнительный кредит в размере 80 тыс. долл. и направить эти деньги на финансирование проекта  $A$ . Выгоден ли проект  $A$  для корпорации  $N$ ?

*Классический путь решения задачи*

Стоимость собственного капитала при отсутствии финансового рычага:

$$k_{sU} = k_{RF} + (k_M - k_{RF})\beta = 6\% + 24\% \cdot 0,5 = 18\%.$$

Максимальный размер долга, обеспечивающий двойное покрытие обязательств денежными потоками от проекта за 3 года:

$$D = \frac{105,11}{2} \cdot a_{3;15\%} = 120 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Максимальный размер долга, обеспечивающий 70% финансирования:

$$D = 382,63 \cdot 0,7 = 267,84 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Максимально возможный размер долга:

$$D_{\max} = \min\{120; 267,84\} = 120 \text{ (тыс. долл.)}.$$

NPV проекта  $A$  без учета влияния финансирования:

$$NPV_0 = -382,63 + 105,11 \cdot a_{6;18\%} = -15 \text{ (тыс. долл.)}.$$

Оценка проекта  $A$  с учетом влияния финансирования по технике APV (берем теоретический размер долга):

$$\begin{aligned} APV &= NPV_0 + PV(TS) = \\ &= -15 + 120 \cdot 0,15 \cdot 0,3 \cdot a_{3;15\%} = -2,67 \text{ (тыс. долл.)}. \end{aligned}$$

Берем фактически полученный размер долга:

$$APV = -15 + (120 + 80) 0,15 \cdot 0,3 \cdot a_{3;15\%} = 5,55 \text{ (тыс. долл.)}.$$

*Вывод:* Поскольку возможность получения кредита существовала у корпорации и без проекта, то эффект от его получения не является заслугой проекта  $A$  и не должен быть учтен при анализе данного проекта и подсчете его эффекта. Это означает, что проект убыточен и должен быть отклонен, а при анализе проекта следует ориентироваться на теоретический, а не фактический размер обязательств.

*Исключение из данного правила*

Оно связано со специфической чертой развивающихся рынков — возможностью существования у корпорации проектов с аномально высокой доходностью.

Предположим, у корпорации  $N$  есть другой проект  $B$ , который субсидирует проект  $A$  (табл. 153).



Таблица 153

**Денежный поток проекта *B*  
корпорации *N* (тыс. долл.)**

Год	0	1÷6
CF	-273,8	238

Проект *B* аномален по доходности:  $IRR = 84,74\%$  в валюте. Ему может быть предоставлен кредит на тех же условиях.

Максимальный размер долга, обеспечивающий двойное покрытие обязательств денежными потоками от проекта за 3 года:

$$D = \frac{238}{2} \cdot a_{3;15\%} = 271,7 \text{ (тыс. долл.)}$$

Максимальный размер долга, обеспечивающий 70% финансирования:

$$D = 273,8 \cdot 0,7 = 191,7 \text{ (тыс. долл.)}$$

Максимально возможный размер долга:

$$D_{\max} = \min\{271,7; 191,7\} = 191,7 \text{ (тыс. долл.)}$$

То есть кредитная возможность в 80 тыс. долл. останется нереализованной.

Но если инвестировать одновременно в проекты *A* и *B*, то

$$IC = 382,63 + 273,8 = 656,43 \text{ (тыс. долл.)}$$

Благодаря этому можно претендовать на заемный капитал

$$D_{\max} = \min\{120 + 271,7; 656,43 \cdot 0,7\} = 391,7 \text{ (тыс. долл.)}$$

*Вывод:* Проект *B* получит кредит в размере 191,7 тыс. долл. (это его “предел”), а оставшиеся 200 тыс. долл. будут получены именно в связи с нерентабельным и неэффективным проектом *A*. Если бы не было проекта *A*, корпорация *N* не имела бы возможности получить эти деньги и повысить за счет этого свою ценность. Поэтому налоговый щит с процентов от всего кредита в 200 тыс. долл. должен быть рассмотрен как эффект именно проекта *A*, и его APV в связи с этим равен не -2,67 тыс. долл., а 5,55 тыс. долл., что говорит о его выгоды.

### 9.13. Кросс-холдинг

В примере 73 мы видели, как выполнение не очень интересного с коммерческой точки зрения проекта *A* оказалось выгодно компании, т. к. позволило претендовать на получение большего объема дешевого заемного капитала.

Похожий эффект может быть достигнут за счет другого системного эффекта, называемого *кросс-холдингом*, или *перекрестным владением компаний акциями друг друга*.

Если компания осуществляет несколько разных проектов, следуя стратегии “каждый проект — отдельная компания” (другие варианты — головная структура является холдингом либо предприятия и институты финансового рынка входят в состав единой финансово-промышленной группы), владение компаний акциями друг друга может внешне улучшить финансовый рычаг и повысить рейтинг в глазах кредитора. Конечно, все это будет достигнуто за счет формальных приемов и не будет отражать действительного повышения кредитоспособности потенциальных заемщиков.

Но важно не это, а то, что система при этом получает возможность претендовать на больший размер долга, чем сумма ее разрозненных элементов.

С точки зрения макроэкономических последствий эффект кросс-холдинга повышает капитализацию на фондовом рынке, причем в разных странах в различной степени. Так, по оценкам, кросс-холдинг почти в два раза повышает капитализацию фондового рынка Японии, где, как известно, финансово-промышленные группы получили значительное распространение.

**П р и м е р 74.** Есть две связанные между собой компании (табл. 154 и 155). Налог на прибыль для обеих компаний — 20%. Ставка рефинансирования — 8,25% годовых.

Для осуществления нового инновационного проекта АО “Третий Рим” нуждается в кредите в 100 млн руб. под 20% годовых. Однако кредитор ограничивает балансовый финансовый рычаг ( $D/S$ ) предельной величиной 1. Именно такой рычаг у данной компании:

$$\frac{D}{S} = \frac{150 + 50}{180 + 20} = 1.$$

Таблица 154

## Укрупненный баланс компании "Третий Рим" (млн руб.)

Актив		Пассив	
Основные средства	250	Уставный и добавочный капитал	180
Производственные запасы	30	Прибыль	20
Касса	5	Кредиты банков	150
Расчетный счет	115	Кредиторская задолженность	50
Итого:	400	Итого:	400

Таблица 155

## Укрупненный баланс компании "Жилпромстройальянс" (млн руб.)

Актив		Пассив	
Основные средства	1 000	Уставный и добавочный капитал	2 300
Производственные запасы	2 000	Прибыль	200
Д/срочные фин. вложения	200	Кредиты банков	800
Расчетный счет	300	Кредиторская задолженность	200
Итого:	3 500	Итого:	3 500

Поэтому претендовать на дополнительный кредит данное предприятие не может. Однако возможна следующая ситуация:

- Компания “Третий Рим” выпускает акции (обыкновенные или привилегированные) на сумму 100 млн руб. Их приобретает компания “Жилпромстройальянс”.
- Одновременно с этим компания “Жилпромстройальянс” выпускает акции на ту же сумму и продает их компании “Третий Рим”, возвращая себе назад деньги, уплаченные за акции АО “Третий Рим”.

В результате баланс предприятия “Третий Рим” теперь выглядит так, как показано в табл. 156.

Теперь финансовый рычаг равен

$$\frac{D}{S} = \frac{150 + 50}{280 + 20} = \frac{2}{3}.$$

Тогда, получив кредит еще на 100 млн руб., получим

$$\frac{D}{S} = \frac{150 + 50 + 100}{280 + 20} = 1.$$

За счет получения данного кредита компания “Третий Рим” повысит свою рыночную стоимость на величину приведенного налогового щита, который в пределе к бесконечности и с учетом ограничений российского налогового законодательства (ст. 269 НК РФ) составит величину

$$PV(TS) = \frac{100 \cdot 0,0825 \cdot 1,8 \cdot 0,2}{0,2} = 14,83 \text{ (млн руб.)}.$$

Конечно, внимательный кредитор без энтузиазма отнесется к такому “накачиванию воздухом” собственного капитала заемщика и может отказаться предоставить дополнительный долг под подобное сомнительное обеспечение.

Но мы рассматриваем кросс-холдинг не с точки зрения “как обмануть кредитора”, а как системный эффект, способный при определенных условиях повысить рыночную ценность проектного комплекса, изменить его доходность и оказать влияние на его структуру.

Таблица 156

## Новый баланс компании "Третий Рим" (млн руб.)

Актив		Пассив	
Основные средства	250	Уставный и добавочный капитал	180
Производственные запасы	30	Прибыль	20
Д/срочные фин. вложения	100	Кредиты банков	150
Касса	5	Кредиторская задолженность	50
Расчетный счет	115		
Итого:	500	Итого:	500

## 9.14. Кросс-хеджирование

Финансово-промышленная группа или комплекс взаимосвязанных проектов имеют еще и то преимущество, что отдельные проекты-предприятия в рамках единой инвестиционной программы часто страхуют риски друг друга. При этом повышается устойчивость всего проектного комплекса в целом.

Формы такого взаимного страхования могут быть различными. Вот лишь отдельные из них:

- поставщик создается специально для конкретного потребителя, что страхует операционные риски проекта-потребителя;
- потребитель создается для конкретного поставщика, что сокращает рыночный риск поставщика;
- один проект из своих доходов формирует страховой фонд для другого проекта единого комплекса;
- координатор единого проектного комплекса лоббирует интересы в местных органах власти, сокращая правовой и политический риски своего инвестиционного портфеля;
- один проект авансирует капитал в создание активов другого проекта в счет будущей поставки продукции вторым проектом после выхода его на операционную фазу. При этом страхуются рыночные и капитальные риски;
- несколько проектов составляют диверсифицированный набор, сглаживая сезонность друг друга (например, производство снегоходов и катеров);
- активы одного проекта в дальнейшем используются на объектах другого, что сокращает капитальные и операционные риски проектного комплекса;
- оптимизируются взаиморасчеты между проектами, что ведет к сокращению коммерческих рисков.

Эти и другие примеры иллюстрируют взаимное страхование рисков, или *кросс-хеджирование*, внутри проектного комплекса.

Отрицательной чертой подобной системы взаимосвязанных проектов является то, что в случае избыточного распространения она может превратиться в монополиста и повредить эффективному развитию экономики, привести к снижению инициативы и предприимчивости, условием для которых является конкурентная среда.

### **9.15. Одновременное инвестиционное и производственное планирование**

В этом параграфе речь пойдет о том, как одновременно оптимизируется программа инвестиций и производства. Сфера финансирования исключается как переменная решения и вместо этого принимается как фиксировано заданная. Получение и возврат кредитов теперь больше не являются объектом принятия решения. Об этой сфере планирования решение — возможно, неразумным образом — было принято уже заранее.

В моделях одновременного инвестиционного и финансового планирования мы принимали производственную сферу предприятий как фиксировано заданную. Там мы исходили из известных денежных потоков для отдельных инновационных проектов и предполагали, что проекты не зависят друг от друга. Но денежные потоки инвестиций мы могли знать лишь после того, когда нам уже было известно, какие продукты должны были производиться и продаваться с помощью реализуемых инвестиционных объектов.

Теперь мы откажемся от допущения независимости инновационных проектов друг от друга. Это означает, что их денежные потоки уже невозможно принимать как заранее заданные, а нужно искать как результаты процесса принятия решения.

Всегда, когда имеют место инвестиции в сфере производства (промышленного предприятия) и особенно тогда, когда речь идет о многопродуктовых машинах и/или многоступенчатых процессах производства, мы не можем говорить о независимых друг от друга инновационных проектах. Такие инвестиции требуют — т. к. им нельзя изолированно приписать денежные потоки — одновременного

определения программы инвестиций и производства. Итак, основной вопрос формулируется следующим образом.

*Какие виды инвестиций и на какую сумму должно осуществить предприятие, которое имеет определенные финансовые средства, и какие виды продуктов и в каком объеме оно должно произвести, пользуясь своими существующими или новыми мощностями?*

Проблемы такого типа можно решать на базе математического программирования. Далее мы представим модель Л. Крушвица. Это решение обосновывается прежде всего двумя причинами.

1. С одной стороны, большинство представленных в этой книге инвестиционных расчетов основывается на концепции полного финансового плана. Такую ориентацию нам хотелось бы сохранить из соображений обеспечения согласованности анализа. Это было бы невозможно, если бы мы представили классические модели одновременного инвестиционного и продуктового планирования.

2. С другой стороны, некоторые из этих моделей (мы имеем здесь в виду особенно модели Якоба) имеют уже настолько высокую степень сложности, что человеку, неосведомленному в области инвестиционного планирования, было бы трудно понять их в деталях.

Представляемая далее модель не отклоняется от концепции полного финансового плана, но учитывает большее число аспектов. То обстоятельство, что она из-за названных причин исходит из относительно большого количества отдаленных от реальности допущений, оказывается оправданным из-за достигаемых дидактических преимуществ.

## **Допущения и полный финансовый план**

В соответствии с нашим подходом в других главах книги мы сначала полностью опишем допущения и определим символы, которые будут использоваться при формулировке модели. После этого мы поэтапно разработаем модель на основе структуры полного финансового плана и при этом, как обычно, учтем как случай стремления к имуществу, так и случай стремления к доходу. Наконец, мы представим иллюстрацию, приведя числовой пример.

**Основополагающие допущения.** Наша модель основывается на десяти допущениях, описываемых ниже.



1. Цель инвестора состоит в следующем: или он максимизирует имущество на основе данного потока доходов, исходя из своего горизонта планирования, или им максимизируется уровень ежегодных изъятий при заданном остаточном имуществе.

2. Инвестор знает конечное множество неальтернативных, зависимых друг от друга и неделимых инновационных проектов, которым можно однозначно приписать лишь выплаты за их реализацию.

3. Инвестор осуществляет однофазное многопродуктовое производство. Он знает конечное множество производимых с помощью уже существующего и/или вновь приобретаемого оборудования продуктов, которым он однозначно может приписать порождаемые ими поступления (чистые цены продаж) и переменные производственные выплаты.

4. В каждый момент времени планового периода существуют верхние границы сбыта для каждого вида продукции, на которые инвестор не может повлиять. Складирование продуктов исключено.

5. Объекты, которые приобретены в момент времени  $t$ , можно моментально внедрять и полностью использовать.

6. Производство продуктов длится в точности в течение одного периода.

7. Ни один объект не дезинвестируется до конца планового периода. В конце горизонта планирования все объекты демонтируются. Предприятие полностью ликвидируется.

8. Инвестор желает остаться платежеспособным в каждый момент времени планового периода.

9. Все поступления и выплаты происходят в начале каждого периода.

10. Инвестор ожидает в каждый момент времени своего планового периода фиксированные заранее заданные базовые платежи. Его единственная меняющаяся величина в области финансирования — остатки средств в кассе.

Теперь все допущения модели описаны. Многие из этих допущений можно было бы сформулировать менее ограничительно. Но тогда сразу стало бы сложнее представить модель. Решающее значение для моделей одновременного инвестиционного и производственного планирования имеют допущения 2 и 3. Но и эти допущения можно

было бы сформулировать менее отдаленно от реальности. Центральную роль играет предпосылка, согласно которой инвестициям можно приписать выплаты за их осуществление, а продуктам — поступления от их продажи (оборота).

**Перечень обозначений.** Теперь необходимо определить символы, которые мы хотели бы использовать, формулируя модель. При этом из-за особой постановки проблемы невозможно использовать те же или хотя бы очень похожие символы, что применялись нами в предыдущих главах и параграфах. По сравнению с ранними моделями нам необходимо относительно много символов, так что рекомендуется различать между переменными решений, константами и индексами. Для переменных решений и индексов будем использовать маленькие буквы, а для констант — большие буквы.

*Переменные решений*

$c_t$  — денежные средства в кассе (свободные) в момент времени  $t$  (ден. ед.);

$m_{jkt}$  — число продуктов типа  $k$ , которые в момент времени  $t$  производятся на оборудовании типа  $j$  (ед.);

$x_{jt}$  — число инвестиционных объектов типа  $j$ , которые приобретаются в момент времени  $t$  (ед.).

*Константы*

$A_{jt}$  — платеж за приобретение одного комплекта оборудования типа  $j$  в момент времени  $t$  (ден. ед.);

$B_j$  — начальная мощность всех видов оборудования типа  $j$  (ч);

$C_t$  — избыток или недостаток финансовых средств инвестора в момент времени  $t$  (ден. ед.);

$D_{jk}$  — среднее время производства продукта  $k$  на оборудовании типа  $j$  (ч);

$F_t$  — относительная величина изъятий инвестора в момент времени  $t$  (элемент вектора структуры дохода);

$H_{kt}$  — максимальный объем сбыта продукта типа  $k$  в момент времени  $t$  (ед.);

$L_{jt}$  — выручка от ликвидации одного комплекта оборудования типа  $j$ , которую получает инвестор в момент времени  $n$ , если он покупает это оборудование в момент времени  $t$  (ден. ед.);

$M_t$  — базовый платеж в момент времени  $t$  (ден. ед.);

$P_{kt}$  — чистая цена продажи продукта типа  $k$ , который продается в момент времени  $t$  (ден. ед.);

$V_{jk}$  — средние переменные производственные издержки продукта типа  $k$ , который производится на оборудовании типа  $j$  (ден. ед.);

$Y$  — уровень дохода инвестора (ден. ед.);

$Z_j$  — мощность одного оборудования типа  $j$  в один период (ч).

*Индексы*

$j$  — индекс типа оборудования ( $j = \overline{1, J}$ );

$k$  — индекс типа продукта ( $k = \overline{1, K}$ );

$t$  — временной индекс ( $t = \overline{1, n}$ ).

Теперь определены все используемые нами символы.

**Полный финансовый план.** Перед выведением целевой функции и дополнительных ограничений модели рекомендуется исследовать структуру полного финансового плана, которая характерна для одновременного инвестиционного и производственного планирования при названных допущениях. Полный финансовый план выглядит в рамках нашей простой многопериодной модели всегда так, как это описано в табл. 157. Эта таблица облегчит нам формулировку целевой функции и условий ликвидности инвестора. При использовании определенных выше символов и при сделанных допущениях для отдельных элементов полного финансового плана верно, что

$$\begin{aligned} \text{базовые платежи в момент времени } t: & M_t; \\ \text{поступления от продаж в момент времени } t: & \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kt} m_{jkt-1}; \\ \text{поступления из кассы в момент времени } t: & c_{t-1}; \end{aligned}$$

Таблица 157

Структура поступлений и выплат в полном финансовом плане при одновременном инвестиционном и производственном планировании

$t = 0$	$0 < t < n$	$t = n$
Базовые платежи  Выплаты за приобретение инвестиционных объектов Переменные производственные выплаты Выплаты в кассу Изъятия	Базовые платежи Поступления от продаж Поступления из кассы  Выплаты за приобретение инвестиционных объектов Переменные производственные выплаты Выплаты в кассу Изъятия	Базовые платежи Поступления от продаж Поступления из кассы Поступления от ликвидации
		Изъятия Остаточное имущество

поступления от ликвидации приобретенного в плановом периоде оборудования в момент времени $n$ :	$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{n-1} L_{jt}x_{jt}$ ;
выплаты за приобретение инвестиционных объектов в момент времени $t$ :	$\sum_{j=1}^J A_{jt}x_{jt}$ ;
переменные производственные выплаты в момент времени $t$ :	$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K V_{jk}m_{jkt}$ ;
выплаты в кассу в момент времени $t$ :	$c_t$ ;
изъятия в момент времени $t$ :	$F_tY$ ;
остаточное имущество:	$C_n$ .

## Модель для случая стремления к имуществу

В этой модели мы придерживаемся следующего подхода. На первой стадии мы проанализируем, какая целевая функция и какие виды ограничений будут необходимы. После этого на второй стадии применительно к целевой функции и к каждому типу ограничений мы вербально изложим, какие связи нужно учитывать между переменными решений и константами и опишем эти связи с помощью обозначенных символов.

**Целевая функция.** Инвестор намерен максимизировать свое остаточное имущество и одновременно осуществить фиксированные, заранее заданные изъятия из предприятия. Поэтому из структуры полного финансового плана (табл. 157) можно непосредственно узнать, что остаточное имущество составляет

$$C_n = M_n + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kn}m_{jkn-1} + c_{n-1} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{n-1} L_{jt}x_{jt} - F_nY.$$

Так как в этом выражении величины  $M_n$  и  $F_nY$  являются константами, остаточное имущество инвестора будет максимальным, если вспомогательная величина  $C_n^* = C_n - M_n + F_nY$  станет максимально возможной, т. е.

$$\max C_n^* = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kn}m_{jkn-1} + c_{n-1} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{n-1} L_{jt}x_{jt}.$$

**Дополнительные условия.** При максимизации этой целевой функции необходимо принять во внимание следующие три вида дополнительных условий, которые мы назовем условиями ликвидности, производства и сбыта.

**Условия ликвидности.** Инвестор является ликвидным, если его поступления ни в каком из моментов времени планового периода не меньше его выплат. Поэтому из полного финансового плана табл. 157 для момента времени  $t = 0$  следует, что

$$M_0 - \sum_{j=1}^J A_{j0}x_{j0} - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K V_{jk}m_{jk0} - c_0 = F_0Y.$$

Если мы подставим константу  $M_0$  в правую часть, то это будет означать

$$-\sum_{j=1}^J A_{j0}x_{j0} - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K V_{jk}m_{jk0} - c_0 = F_0Y - M_0.$$

А для всех моментов времени  $t$  при  $0 < t < n$  — наоборот — верно

$$M_t + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kt}m_{jkt-1} + c_{t-1} - \sum_{j=1}^J A_{jt}x_{jt} - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K V_{jk}m_{jkt} - c_t = F_tY.$$

Если мы перенесем константу  $M_t$  в правую часть, то получим

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kt}m_{jkt-1} + c_{t-1} - \sum_{j=1}^J A_{jt}x_{jt} - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K V_{jk}m_{jkt} - c_t = F_tY - M_t, \quad 0 < t < n.$$

В конце планового периода, наконец, согласно табл. 157 верно

$$M_n + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kn}m_{jkn-1} + c_{n-1} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{n-1} L_{jt}x_{jt} = F_nY + C_n.$$

При этом  $C_n$  символизирует неизвестное перед началом решения проблемы максимизации остаточного имущества. Если мы перенесем константу  $M_n$  в правую часть и, кроме того, потребуем, чтобы остаточное имущество было не меньше 0, то тогда последняя формулировка условия ликвидности будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kn} m_{jkn-1} + c_{n-1} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{n-1} L_{jt} x_{jt} \geq F_n Y - M_n.$$

**Условия производства.** Условия производства являются ядром каждой модели одновременного инвестиционного и производственного планирования. Ни в каком из моментов времени планового периода нельзя произвести больше продуктов, чем это позволяют мощности, которыми распоряжается предприятие в это время. Но в противоположность классической модели производственного планирования, мощность оборудования не является неизменной: ее можно увеличить с помощью инвестиций. Имеющиеся в распоряжении в момент времени  $t$  при  $0 \leq t < n$  мощности оборудования типа  $j$  составляют

$$B_j + \sum_{\tau=0}^t Z_j x_{j\tau}.$$

Загрузка оборудования типа  $j$  в момент времени  $t$  — так называемая потребность в мощностях — наоборот, зависит от произведенного объема продуктов и времени обработки единицы продукта:

$$\sum_{k=1}^K D_{jk} m_{jkt}.$$

Так как объем использования оборудования никогда не может превышать мощности, имеющиеся в распоряжении, должно быть всегда верно

$$\sum_{k=1}^K D_{jk} m_{jkt} \leq B_j + \sum_{\tau=0}^t Z_j x_{j\tau}.$$

Если мы после этого еще переместим переменные решения  $\sum_{\tau=0}^t Z_j x_{j\tau}$  в левую часть, то тогда условия производства будут выглядеть следующим образом:

$$\sum_{k=1}^K D_{jk} m_{jkt} - \sum_{\tau=0}^t Z_j x_{j\tau} \leq B_j, \quad t < n.$$

Эти ограничения необходимо учитывать для всех типов оборудования и для всех моментов времени планового периода. Момент времени  $t = n$  можно не учитывать, т. к. в нем, в соответствии с допущениями, уже ничего не производится.

Наконец, укажем еще на то, что мощности, имеющиеся в распоряжении, можно увеличить посредством инвестиций и уменьшить посредством дезинвестиций. В нашей простой модели не допускается возможность дезинвестиций в течение текущего планового периода, и поэтому их можно не учитывать. Следовательно, с помощью представленной здесь модели нельзя одновременно принять решения об оптимальном сроке эксплуатации или сроке замены оборудования. Чисто технически такое расширение нашей модели не представляло бы больших трудностей. Но с другой стороны, опять пострадала бы наглядность описываемой модели.

**Условия сбыта.** В соответствии с допущениями модели длительность производства продуктов в точности равна одному периоду. Продукты не складываются, и существуют верхние границы сбыта. Поэтому необходимо соблюдать дополнительные ограничения типа

$$\sum_{j=1}^J m_{jkt} \leq H_{kt+1}, \quad t < n.$$

Этих условий необходимо придерживаться для всех видов продуктов и для всех моментов времени планового периода.

**Условия целочисленности.** Так как невозможно приобрести части оборудования, мы также должны требовать, чтобы имело место условие

$$x_{jt} \in \mathbb{Z}, \quad t < n.$$



Теперь модель полностью описана. Числовой пример, который должен проиллюстрировать способ ее функционирования, будет приведен позже. Речь пойдет о частично целочисленной линейной модели планирования.

## Модель для случая стремления к доходу

Эта модель основывается на тех же допущениях, что были описаны выше. Единственной фактической разницей является изменение цели инвестора. Теперь он намерен максимизировать уровень своих периодических изъятий по отношению к фиксированному, заранее заданному, остаточному имуществу.

**Целевая функция.** Целевая функция выглядит просто:

$$\max Y,$$

и мы можем сразу перейти к дополнительным условиям.

**Условия ликвидности.** Они полностью совпадают с аналогичными условиями в модели максимизации имущества, и их можно без всяких трудностей вывести из структуры полного финансового плана в соответствии с табл. 157. Но в противоположность случаю максимизации имущества выражение  $F_t Y$  теперь является не константой, а переменной. Поэтому в соответствии с нашей обычной записью модели линейного программирования мы должны перенести выражение в левую часть уравнения (неравенства). Тогда мы для момента времени  $t = 0$  получаем

$$-\sum_{j=1}^J A_{j0} x_{j0} - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K V_{jk} m_{jk0} - c_0 - F_0 Y = -M_0,$$

для моментов времени  $t$  при  $0 < t < n$  —

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kt} m_{jkt-1} + c_{t-1} - \sum_{j=1}^J A_{jt} x_{jt} - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K V_{jk} m_{jkt} - c_t - F_t Y = \\ = -M_t \end{aligned}$$

и для конца планового периода —

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_{kn} m_{jkn-1} + c_{n-1} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^{n-1} L_{jt} x_{jt} - F_n Y \geq -M_n + C_n.$$

**Условия производства.** Они выглядят точно так же, как и в случае максимизации остаточной стоимости

$$\sum_{k=1}^K D_{jk} m_{jkt} - \sum_{\tau=0}^t Z_j x_{j\tau} \leq B_j, \quad t < n,$$

и их необходимо установить для всех типов оборудования и (исключая последний) для всех моментов времени планового периода.

**Условия сбыта.** И в условиях сбыта

$$\sum_{j=1}^J m_{jkt} \leq H_{kt+1}, \quad t < n,$$

которые нужно соблюдать для всех видов продуктов и для всех моментов времени (исключая конец планового периода), не возникает изменений.

**Условия целочисленности.**

$$x_{jt} \in \mathbb{Z}, \quad t < n.$$

Теперь модель полностью сформулирована.

## Конкретизация модели

Сейчас мы можем представить числовой пример, который иллюстрирует построение модели и делает более понятным способ функционирования компонентов модели, до сих пор сформулированных лишь в общем виде.

**Пример 75.** Инвестор имеет плановый период  $n = 3$  года и намерен максимизировать свое остаточное имущество к этому

моменту времени. Кроме того, он хочет, чтобы, начиная с момента времени  $t = 1$ , его изъятия, равные 6 000 ден. ед., ежегодно увеличивались на 10 процентных пунктов, значит, составляли в первом году 6 000 ден. ед., во втором — 6 600 ден. ед., в третьем — 7 200 ден. ед. В конце третьего года предприятие продается.

В настоящее время (в  $t = 0$ ) инвестор имеет три функционирующих комплекта оборудования типа 1 с мощностью в объеме 720 единиц времени, а также два функционирующих комплекта оборудования типа 2 с мощностью в объеме 840 единиц времени в каждом из периодов.

В каждый последующий момент времени ( $t = 0, 1, 2$ ) существует возможность расширения мощности посредством покупки оборудования типа 1 или типа 2. При этом необходимо учитывать выплаты за приобретение объектов в соответствии с табл. 158.

Таблица 158

**Выплаты за приобретение оборудования  
двух типов (ден. ед.)**

Момент времени приобретения $t$	0	1	2
Тип оборудования 1	900	850	820
Тип оборудования 2	750	800	850

С помощью названных типов объектов (однофазовое многопродуктовое оборудование) инвестор может производить два разных вида продукта ( $A$  или  $B$ ). Производственное время и переменные производственные выплаты на единицу продукции различаются в зависимости от вида продукта и используемого типа оборудования. Конкретно их можно увидеть в табл. 159.

Инвестор предполагает, что чистые цены продажи и верхняя граница объема сбыта для продуктов  $A$  и  $B$  с течением времени изменяются. Конкретно он учитывает цифры, приведенные в табл. 160.

Так как инвестор намерен продать все свое предприятие в момент времени  $t = 3$ , он учитывает приведенные в табл. 161 значения чистой выручки от ликвидации приобретенных в течение планового периода комплектов оборудования.

Таблица 159

## Время обработки и производственные выплаты

	Продукт А		Продукт В	
	Произведен на		Произведен на	
	оборудо- вании 1	оборудо- вании 2	оборудо- вании 1	оборудо- вании 2
Время обработки одной единицы	10	12	8	7
Переменные производственные выплаты за единицу	18	16	10	13

Таблица 160

## Цены и ограничения сбыта

Момент времени $t$	0	1	2
<i>Продукт А</i>			
Чистая цена продажи	40	37,5	35
Верхняя граница сбыта	200	300	400
<i>Продукт В</i>			
Чистая цена продажи	25	26	28
Верхняя граница сбыта	400	420	450

Таблица 161

## Выручка от ликвидации (ден. ед.)

Момент времени приобретения $t$	0	1	2
Тип оборудования 1	450	480	580
Тип оборудования 2	350	450	600

Финансовые решения (ликвидные средства, получение кредитов, возврат кредитов) были приняты инвестором заранее. В соответствии с этими решениями ему нужно учитывать базовые платежи, приведенные в табл. 162. В эти платежи, относящиеся к моменту времени  $t = 0$ , включаются поступления от продажи продукции, произведенной в момент времени  $t = -1$ . Базовые же платежи в момент времени  $t = 3$  рассчитаны с учетом выручки от ликвидации уже существовавших комплектов оборудования предприятия. Итак, мы ищем оптимальную при описанных условиях инвестиционную и производственную программу.

Таблица 162

Базовые платежи (ден. ед.)

Момент времени $t$	0	1	2	3
Базовые платежи	9 000	-1 000	0	-4 000

Для решения поставленной задачи можно построить представленную в табл. 163 базовую таблицу. Она содержит 21 переменную, 1 целевую функцию и 16 дополнительных ограничений. При этом инвестиционные переменные  $x_{jt}$  являются целыми числами. Таблицу нужно читать следующим образом.

**Целевая функция.** Инвестор намерен максимизировать свое остаточное имущество на основе данного потока изъятий. Без учета остаточного изъятия в объеме  $F_n Y = 7\,200$  ден. ед. и базового платежа  $M_n = -4\,000$  ден. ед., которые для инвестора в этом случае являются константами при отсутствии возможностей влияния на них, остаточное имущество составляет величину

$$C_3^* = \underbrace{450x_{10} + 350x_{20} + 480x_{11} + 450x_{21} + 580x_{12} + 600x_{22}}_{\text{поступления от ликвидации}} + \underbrace{35m_{1A2} + 28m_{1B2} + 35m_{2A2} + 28m_{2B2}}_{\text{поступления от продаж}} + \underbrace{1c_2}_{\text{поступления из кассы}}.$$

Это выражение нужно максимизировать.



Окончание табл. 163

	Период $t = 2$											
	Продукт				Инвестиции		К.					
	1А	1В	2А	2В	1	2						
1	35	28	35	28	580	600	1	=	max			
2								=	-9 000			
3								=	7 000			
4	-18	-10	-16	-13	-820	-850	-1	=	6 600			
5	35	28	35	28	580	600	1	>	11 200			
6								<	2 160			
7								<	1 680			
8								<	2 160			
9								<	1 680			
10	10	8			-720			<	2 160			
11			12	7		-840		<	1 680			
12								<	200			
13								<	400			
14								<	300			
15								<	420			
16	1	1	1	1				<	400			
17				1				<	450			

**Условия ликвидности.** Строки с 2 по 5 представляют условия ликвидности для всех моментов времени планового периода, значит, для всех  $t$  при  $0 \leq t \leq 3$ . При этом строка 3 отражает условия ликвидности для момента времени  $t = 1$ . В этот момент времени инвестор имеет потребность в капитале объемом, который определяется следующим образом:

	$F_1 Y$	6 000
+ Базовая выплата	$M_1$	1 000
= Потребность в капитале в момент времени $t = 1$		7 000

Эта потребность в капитале в интересах сохранения ликвидности должна быть точно такой же большой, как и покрытие капитала в момент времени  $t = 1$ , а именно:

Выручка от продаж	$40m_{1A0} + 25m_{1B0} + 40m_{2A0} + 25m_{2B0}$	
+ Поступления из кассы	$1c_0$	
- Производственные выплаты	$-18m_{1A1} - 10m_{1B1} - 16m_{2A1} - 13m_{2B1}$	
- Выплаты за приобретение	$-850x_{11} - 800x_{21}$	
- Выплаты в кассу	$-1c_1$	
= Покрытие капитала в момент времени $t = 1$		

Переменные решения ( $x_{jt}$ ,  $m_{jkt}$  и  $c_t$ ) могут принять лишь такие значения, при которых действительно обеспечено соответствие покрытия капитала потребности в нем.

**Условия производства.** В строках с 6 по 11 мы найдем условия производства, причем строка 9, например, изображает условие для производства на оборудовании типа 2 в момент времени  $t = 1$ . Общая потребность в мощностях в этот момент времени за вычетом приобретенных до этого момента времени новых мощностей ни в коем случае не может быть больше начальной мощности, следовательно:



Потребность в мощностях	$12m_{2A1} + 7m_{2B1}$
– Дополнительно купленные мощности	$-840x_{20} - 840x_{21}$
$\leq$ Начальные мощности	$2 \cdot 840 = 1\,680$

**Условия сбыта.** Наконец, условия сбыта содержатся в строках с 12 по 17. Они должны обеспечить, чтобы объем производства одного вида продукта на оборудовании типа 1 и 2 в момент времени  $t$  не превышал максимальное количество вида продукта, которое удастся продать в следующий момент времени. Так, строка 15 отражает условия сбыта для продуктов  $B$  в момент времени  $t = 2$  и выглядит следующим образом:

$$\underbrace{1m_{1B1} + 1m_{2B1}}_{\substack{\text{объем производства} \\ \text{в момент времени} \\ t=1}} \leq \underbrace{420}_{\substack{\text{объем} \\ \text{сбыта} \\ \text{в момент} \\ \text{времени} \\ t=2}}.$$

Решая поставленную таким образом задачу частично целочисленного программирования, получим следующие значения для переменных решения.

- Период  $t = 0$ :

$$\begin{aligned} m_{1A0} = 0; & \quad m_{1B0} = 360; & \quad m_{2A0} = 200; & \quad m_{2B0} = 17,14; \\ x_{10} = 1; & \quad x_{20} = 1; & \quad c_0 = 327,14. \end{aligned}$$

- Период  $t = 1$ :

$$\begin{aligned} m_{1A1} = 20; & \quad m_{1B1} = 420; & \quad m_{2A1} = 280; & \quad m_{2B1} = 0; \\ x_{11} = 1; & \quad x_{21} = 1; & \quad c_1 = 65,71. \end{aligned}$$

- Период  $t = 2$ :

$$\begin{aligned} m_{1A2} = 0; & \quad m_{1B2} = 450; & \quad m_{2A2} = 400; & \quad m_{2B2} = 0; \\ x_{12} = 0; & \quad x_{22} = 2; & \quad c_2 = 3\,035,71. \end{aligned}$$

При этом оптимальное значение целевой функции составляет  $C_3^* = 32\,565,71$  ден. ед. Результат можно проверить в пакете *Maple*:

```

> restart:with(simplex): for x5 from 0 to 1 do
for x6 from 0 to 1 do for x12 from 0 to 1 do
for x13 from 0 to 1 do for x20 from 0 to 2 do
z:=[subs(maximize(450*x5+350*x6+480*x12+450*x13+35*x15
+28*x16+35*x17+28*x18+580*x19+600*x20+x21,
{-18*x1-10*x2-16*x3-13*x4-900*x5-750*x6-x7=-9000,
40*x1+25*x2+40*x3+25*x4+x7-18*x8-10*x9-16*x10-13*x11
-850*x12-800*x13-x14=7000,
37.5*x8+26*x9+37.5*x10+26*x11+x14-18*x15-10*x16-16*x17
-13*x18-820*x19-850*x20-x21=6600,
450*x5+350*x6+480*x12+450*x13+35*x15+28*x16+35*x17
+28*x18+580*x19+600*x20+x21}>=11200,
10*x1+8*x2-720*x5<=2160,12*x3+7*x4-840*x6<=1680,
-720*x5+10*x8+8*x9-720*x12<=2160,
-840*x6+12*x10+7*x11-840*x13<=1680,
-720*x5-720*x12+10*x15+8*x16-720*x19<=2160,
-840*x6-840*x13+12*x17+7*x18-840*x20<=1680,
x1+x3<=200,x2+x4<=400,x8+x10<=300,x9+x11<=420,
x15+x17<=400,x16+x18<=450},NONNEGATIVE),
450*x5+350*x6+480*x12+450*x13+35*x15+28*x16+35*x17
+28*x18+580*x19+600*x20+x21),
maximize(450*x5+350*x6+480*x12+450*x13+35*x15+28*x16
+35*x17+28*x18+580*x19+600*x20+x21,
{-18*x1-10*x2-16*x3-13*x4-900*x5-750*x6-x7=-9000,
40*x1+25*x2+40*x3+25*x4+x7-18*x8-10*x9-16*x10-13*x11
-850*x12-800*x13-x14=7000,
37.5*x8+26*x9+37.5*x10+26*x11+x14-18*x15-10*x16-16*x17
-13*x18-820*x19-850*x20-x21=6600,
450*x5+350*x6+480*x12+450*x13+35*x15+28*x16+35*x17
+28*x18+580*x19+600*x20+x21}>=11200,
10*x1+8*x2-720*x5<=2160,12*x3+7*x4-840*x6<=1680,
-720*x5+10*x8+8*x9-720*x12<=2160,
-840*x6+12*x10+7*x11-840*x13<=1680,
-720*x5-720*x12+10*x15+8*x16-720*x19<=2160,
-840*x6-840*x13+12*x17+7*x18-840*x20<=1680,
x1+x3<=200,x2+x4<=400,x8+x10<=300,x9+x11<=420,
x15+x17<=400,x16+x18<=450},NONNEGATIVE),
x5,x6,x12,x13,x20] od od od od od;
> z;

```

[32565.71428, {x10=280.0000000, x18=0., x3=200.0000000, x8=20.00000001, x19=4.374318143 10<sup>-10</sup>, x14=65.71428547, x4=17.14285714, x2=360.0000000, x7=327.1428572, x17=400.0000000, x21=3035.714285, x15=0., x9=420.0000000, x11=0., x16=450.0000000, x1=0.}, 1, 1, 1, 1, 2]

Таким образом, самая лучшая инвестиционная политика в нашем примере состоит в том, чтобы приобрести в моменты времени  $t = 0$  и  $t = 1$  по одному комплекту оборудования каждого типа, а также купить в момент времени  $t = 2$  два комплекта оборудования типа 2. При этом мощности предприятия изменяются таким образом, как показано в табл. 164.

Таблица 164

**Динамика мощностей  
при реализации оптимальной  
инвестиционной программы  
(единицы времени)**

	Мощности оборудования	
	типа 1	типа 2
Начальные мощности	2 160	1 680
Период $t = 0$	2 880	2 520
Период $t = 1$	3 600	3 360
Период $t = 2$	3 600	5 040

С помощью имеющихся в распоряжении в отдельных периодах производственных мощностей можно осуществить описанную в табл. 165 производственную программу.

В рамках этой программы полностью загружено оборудование типа 1 в нулевом, первом и втором периодах и оборудование типа 2 в первом и втором периодах. Но ни в одном из периодов не имеется существенно незагруженных мощностей. Описанная в предыдущих двух таблицах инвестиционная и производственная политика отражается в финансовом плане предприятия таким образом, как показана

Таблица 165  
**Производственная программа при реализации оптимальной  
 инвестиционной программы (ед.)**

	Продукт А	Продукт В
<i>Период <math>t = 0</math></i>		
Производство на оборудовании типа 1	0	360
Производство на оборудовании типа 2	200	17,14
Общее производство	200	377,14
<i>Период <math>t = 1</math></i>		
Производство на оборудовании типа 1	20	420
Производство на оборудовании типа 2	280	0
Общее производство	300	420
<i>Период <math>t = 2</math></i>		
Производство на оборудовании типа 1	0	450
Производство на оборудовании типа 2	400	0
Общее производство	400	450

но в табл. 166. Инвестор достигает остаточного имущества величиной  $C_3 = 21\,365,71$  ден. ед. Это соответствует значению целевой функции  $C_3^* = 32\,565,71$  ден. ед., если вычесть базовый платеж 4 000 ден. ед. и конечное изъятие 7 200 ден. ед. Большее остаточное имущество при условиях нашего числового примера не достижимо.

## Критика модели

Критику представленной модели можно сфокусировать на двух пунктах, а именно, на допущениях и на проблемах приобретения информации.

## Критика допущений

Для разумного упорядочения критики допущений мы используем отдельные функциональные сферы предприятия (снабжение, производство, сбыт, финансирование) как элементы структурирования.

**Сфера снабжения и производства.** На практике, по меньшей мере, в механизированных отраслях (например, в машиностроении) преобладает вид многоступенчатого многопродуктового производства. Что касается метода производства, то мы концентрировали внимание на преобладающем в механизированных отраслях типе “параллельного” производства. В химической промышленности, наоборот, мы часто встречаем методы “связанного” производства (при котором одна единица использованных материалов обязательно трансформируется в несколько единиц выпускаемой продукции). Кроме того, мы не принимали во внимание удельный вес брака между фазами производства и возможность складирования полуфабрикатов и конечной продукции. К этому следует добавить, что в нашей модели хотя и существует возможность вариации времени эксплуатации разных видов оборудования (селективное приспособление), но невозможно изменение скорости работы отдельных объектов (приспособление по интенсивности). Наконец, модель также не учитывает возможность перехода от собственного производства к закупкам “на стороне”.

Таблица 166

Полный финансовый план при одновременном инвестиционном и производственном планировании в случае стремления к имуществу (ден. ед.)

Момент времени $t$	0	1	2	3
Базовые платежи	9 000	-1 000	0	-4 000
<i>Переменные выплаты:</i>				
Инвестиция типа 1	-900	-850		
Инвестиция типа 2	-750	-800	-1 700	
Производство продукта А на оборудовании типа 1		-360		
Производство продукта А на оборудовании типа 2	-3 200	-4 480	-6 400	
Производство продукта В на оборудовании типа 1	-3 600	-4 200	-4 500	
Производство продукта В на оборудовании типа 2	-222,86			
Держание кассы	-327,14	-65,71	-3 035,71	

Окончание табл. 166

Момент времени $t$	0	1	2	3
<i>Переменные поступления:</i>				
Продажи продукта А		8 000	11 250	14 000
Продажи продукта В		9 428,58	10 920	12 600
Дезинвестиции				2 930
Держание кассы		327,14	65,71	3 035,71
Изъятия	0	6 000	6 600	7 200
Остаточное имущество				21 365,71

**Сфера сбыта.** В сфере сбыта описанного выше смоделированного предприятия мы исходили из фиксированных, заранее заданных цен продажи и верхних границ сбыта для каждого периода. В действительности предприятие, естественно, имеет возможности проведения ценовой политики и, таким образом (а также через применение прочих маркетинговых инструментов, прежде всего рекламы и продуктовой политики), может повлиять на сбыт своей продукции.

**Сфера инвестиций и финансирования.** В узкой сфере инвестиций и финансирования является весьма отдаленным от действительности допущение о том, что оборудование в случае его приобретения сразу готово к эксплуатации. Часто установка оборудования требует много времени и даже ограничивает из-за необходимых строительных мероприятий мощность уже существующего оборудования. Даже если установка уже закончена, оборудование нельзя сразу использовать на полную мощность. Далее, недостатком разработанной модели является то, что нельзя принимать решения о сроке эксплуатации оборудования. В этой связи, помимо аспектов, которые были уже упомянуты в 7-й главе этой книги, необходимо было бы учитывать влияние профилактики и ремонтных работ. Наконец, в качестве критики можно привести еще такой довод, что в модели нет никакой политики финансирования.

Без всякого ограничения можно было бы сформулировать модели одновременного и производственного планирования, которые учитывают всю эту критику, базируясь на допущениях, более близких к реальности и предоставляющих меньше возможностей для нападков. Но такие расширенные и одновременно более сложные модели обязательно будут иметь более сложные целевые функции (с дополнительными переменными решения). Кроме того, для них потребуется ввести больше дополнительных ограничений. По существу, каждый способен на такие расширения моделей, если он выполнит два следующих условия: будет иметь солидные знания об основных моделях инвестиционной теории и о методах исследования операций (особенно о математическом программировании). Однако мы не должны забывать, что при формальном построении таких моделей оптимизации важен другой аспект, а именно, практическая работа с ними. Здесь мы пришли ко второму аспекту необходимой критики моде-



лей одновременного инвестиционного и производственного планирования инноваций на предприятии.

### **Критика потребности в информации**

По сравнению с моделями одновременного инвестиционного и финансового планирования для построения моделей одновременно инвестиционного и производственного планирования необходим очень большой объем информации. При этом — в отношении выше описанной простой модели — имеются в виду сведения о чистых ценах продажи продуктов, средних переменных издержках при производстве на разном (отчасти на еще неизвестном) производственном оборудовании, времени производства продуктов на этом оборудовании, финансовых “рамочных” условиях, производственных мощностях как существующего, так и нового оборудования, и возможностях сбыта при данном применяемом маркетинговом инструментарии. Значит, речь идет о данных, которые нельзя извлечь из отчетной информации предприятия (например, из бухгалтерского учета), а они должны быть составлены с большими затратами по отдельности в разных отделах предприятия. К этому следует добавить то, что речь здесь идет не просто о цифрах “прошлого и настоящего”, которые можно вывести из статистических отчетов предприятий, а скорее, почти исключительно о цифрах, для получения которых необходимы прогнозы и оценки. А эти цифры, чем больше они касаются будущего, тем в большей степени характеризуются неопределенностью.

**Затраты на получение данных.** Но основное значение для проблематики приобретения информации имеет количество данных, которые нам нужно приобрести для осуществления одновременного инвестиционного и производственного планирования. В нашем стандартном примере 75, представленном выше, мы работали с плановым периодом  $n = 3$  года, двумя типами оборудования и двумя видами продукции. В этом очень простом случае базовая таблица состояла из 22 столбцов и 17 строк (см. табл. 163). Это составляет в совокупности  $17 \cdot 22 = 374$  матричные клетки, из которых 118 клеток было занято (т. е. не характеризовалось нулями). Это занятая плотность,

составляющая примерно 32%. Если же мы будем исходить из планового периода  $n = 10$  лет, 10 типов оборудования и 50 видов продуктов, то при том же типе модели (очень простом и поэтому отдаленном от действительности) будет создана базовая таблица следующей размерности:

90	Переменные инвестиций (в виде целых чисел)
4 500	Переменные продуктов
9	Переменные держания кассы
1	Правая часть (вектор ограничений)
<hr/>	
4 600	Столбцы
<hr/>	
1	Целевая функция
10	Условия ликвидности
90	Условия производства
90	Условия сбыта
<hr/>	
191	Строки

Это в совокупности составляет 878 600 матричных клеток, из которых, однако, заполнены не 32%, а лишь примерно 2%. Но в абсолютных цифрах это все-таки еще 20 000 данных, которые нужно приобрести. Не надо много фантазии для того, чтобы представить, какие затраты на приобретение информации придется в таком случае осуществить. Но еще более пугающими будут цифры тогда, когда мы решимся на работу с более сложными (более близкими к реальности) моделями.

**Агрегирование моделей.** Для того чтобы справиться с затратами на получение информации, мы видим лишь один путь, а именно, агрегирование моделей. Здесь возможны две формы.

- *Временное агрегирование.* Под ним понимается сведение нескольких субпериодов планового периода в одному модельному периоду. Так, например, вместо того чтобы разделять плановый период, равный 10 годам, на 10 моделируемых периодов, мы могли бы разделить его на 3 моделируемых периода (период 1 представить как первый год, период 2 — как интервал, охватывающий со второго года до четвертого, период 3 —

как интервал, охватывающий с пятого года до десятого). В результате, мы могли бы работать с существенно более агрегированными и таким образом в основном легче прогнозируемыми данными.

- *Содержательное агрегирование.* Под ним понимается соединение нескольких переменных (или констант) в одну единственную переменную (константу).

Примером содержательного агрегирования переменных является следующий: автомобили состоят из несколько тысяч отдельных частей. Инвестиционная модель для предприятия автомобильной отрасли, которая должна была бы учитывать явным образом все эти части, подверглась бы опасности сразу “взорваться”. Поэтому предпочитают работать с более агрегированными составными частями, например, с двигателем, коробкой передач, шасси и кузовом.

### **9.16. Согласование интересов участников инновационного проекта**

Любой крупный проект сам по себе является инвестиционным комплексом, портфелем, т. к. представляет собой совокупность активов, характер использования которых нацелен на удовлетворение потребностей его участников. Причем интересы разных категорий участников не совпадают между собой.

Денежный поток проекта с позиции конкретного участника отличается от потока, который генерируют активы проекта в целом. Мы имели возможность в этом убедиться, рассматривая денежные потоки от активов и остаточные потоки инновационного проекта в главе 4.

Поток от активов относился ко всем участникам проекта, остаточный же поток определялся только для долевого инвестора. По сути, каждый участник схемы финансирования имеет свой интерес в проекте и свой денежный поток, который касается лично его. А проект в целом является комплексом более мелких взаимосвязанных проектов его участников.

Выводы, которые мы сделали в параграфах 9.11–9.14 настоящей главы, о том, по какому принципу должен строиться проектный комплекс, справедливы и для рассматриваемого случая крупного проекта со множеством участников.

А это значит, что крупному инновационному проекту присущи такие системные эффекты, как кросс-финансирование, кросс-хеджирование и т. д., и что задача его оптимизации по своей постановке представляет собой модификацию задачи оптимизации инвестиционного портфеля.

## Основные категории участников проекта

Разберемся, какие категории участников инновационного проекта обычно могут быть выделены, каковы их интересы и роль в осуществлении проекта.

**Долевые инвесторы и спонсоры.** Спонсоры — это те юридические и физические лица, которые заинтересованы в исходе проекта и готовы содействовать его осуществлению тем или иным образом. Часто спонсоры являются основными поставщиками долевого капитала для проекта. Однако, в отличие от долевого инвестора, они играют более активную роль в организации осуществления проекта и часто заинтересованы в конечном продукте проекта даже больше, чем в получении доходов от проекта непосредственно.

Кроме того, спонсоры могут страховать риски проекта, взяв на себя, например, обязательства перед кредиторами по поводу возвращения суммы долга. Также они могут дать гарантии предоставить в той или иной форме финансовую поддержку проекту в случае возникновения у него проблем с ликвидностью (т. е. в случае нехватки средств для поддержания текущей жизнеспособности проекта).

Какие интересы у этой категории участников?

Возможно, это непосредственный коммерческий эффект от проекта. Но, может быть, инновационный проект осуществляется потенциальным потребителем его продукции или поставщиком, который хотел бы поставлять свою продукцию или услуги данному проекту. Тогда интерес спонсоров состоит в получении действующего объекта инвестиций.

Примером такой ситуации является толлинг — схема, при которой заинтересованные предприятия участвуют в строительстве фабрики по переработке сырья. Зачем? Чтобы потом поставлять свое сырье на эту фабрику для переработки. Вложенные в строительство деньги компенсируются в будущем низкой комиссией за услуги фабрики после ее запуска, а также возможностью вывести на мировой рынок качественный и недорогой продукт переработки.

Если у одного проекта несколько спонсоров, то между ними должно быть четко оговорено:

- кто за что отвечает и кто на какую долю доходов претендует;
- в случае банкротства одного из участников кто возьмет на себя его обязательства (перекрестные обязательства спонсоров);
- как должны решаться спорные вопросы в процессе осуществления проекта;
- кто на какие активы проекта претендует после его завершения и каков порядок ликвидации.

Согласование этих вопросов может быть непростым делом и продлиться несколько месяцев или даже лет.

**Кредиторы и гаранты.** Они предоставляют заемный капитал проекту и иногда страхуют риски других участников проекта. В последнем случае они выступают в роли гарантов. Основной интерес кредиторов состоит в своевременном и полном обслуживании предоставленного долга. Привлекательность проекта для них тем больше,

- чем более надежны гарантии против кредитного риска, которые предоставляют им спонсоры, и чем выше покрытие долга активами (приведенными денежными потоками) проекта в период погашения долга;
- чем более высока процентная ставка при прочих равных условиях;
- чем более ликвиден долг, т. е. чем легче он может быть реализован на финансовом рынке.

Если у крупного проекта несколько кредиторов, то важной задачей является правильно построенная очередность между ними.

Другими словами, необходимо определить роль каждого кредитора и гаранта в финансировании проекта и иерархию требований кредиторов и гарантов относительно друг друга. Между кредиторами также могут возникать спорные вопросы, процедура решения которых должна быть определена.

**Потребители продукции проекта.** Крупный инновационный проект может растянуться на долгие годы, и за время его осуществления могут существенно измениться условия рынка. Поэтому хорошо, если потребители продукции и услуг проекта заранее известны и изначально являются его участниками.

Потребители могут предоставлять гарантии по выкупу определенной доли продукции на определенных условиях. В более сложных случаях они могут выступать спонсорами или кредиторами проекта.

Например, в практикуемой в газовой промышленности схеме *through-output agreement* спонсоры (заинтересованные компании) вкладывают деньги в создание газопровода в счет будущей поставки газа по этой трубе в определенном количестве.

В другом случае предоставленный проекту кредит погашается продукцией, произведенной им (схема *production payment*).

Подобные соглашения страхуют рыночные риски проекта, повышают его надежность и коммерческую состоятельность. Суть страхования в данном случае состоит в том, что потребители авансируют деньги в строительство объекта в счет цены за продукцию и услуги, которую все равно придется платить после ввода объекта в строй.

Разумеется, при этом потребители получают какой-то дисконт в связи с тем, что платят раньше.

То же можно сказать о поставщиках и подрядчиках.

**Поставщики и подрядчики.** Это те, кто заинтересован поставлять свою продукцию и услуги проекту. Важно, чтобы соглашения с ними были заключены на длительные сроки и условия этих соглашений были стабильны, чтобы не было монополии на поставку какой-либо продукции или услуги проекту и чтобы по возможности расчеты с поставщиками и подрядчиками производились по завершении поставки продуктов и услуг.

Например, подрядчик, осуществляющий строительство капитального объекта, должен возвести его в установленные сроки, не превысив сметную стоимость, и при этом соблюсти условия, которым должен удовлетворять объект по качественным и количественным характеристикам. Правильно определив условия оплаты его работ, мы во многом мотивируем его на выполнение этих требований.

Подобно потребителю продукции, поставщик или подрядчик может выступить спонсором проекта.

Например, за первоочередное право поставлять свою продукцию проекту будущий поставщик может принять участие в его создании. При этом проект обретет еще один источник капитала, а у поставщика появится возможность снизить свой рыночный риск и получить доход от эксплуатации коммерчески жизнеспособного объекта.

### **Условия увязки интересов основных участников проекта**

Увязка интересов основных участников проекта — процесс творческий и неформализуемый. Основные требования, которые должны соблюдаться при такой увязке, можно выразить следующими четырьмя правилами.

- Активы проекта и состав участников должны быть сформированы строго в соответствии с целью инициаторов проекта.
- Проект должен получить необходимые ресурсы, чтобы все его стадии были выполнены в срок. Вместе с тем объем потребляемых ресурсов не должен превышать объективные потребности проекта на каждой его стадии.
- Требования участников проекта не должны быть взаимоисключающими, и каждый из участников должен получить от него то, чего он ожидает.
- Должны быть проанализированы возможные случаи остановки проекта или существенного отклонения от проектных условий и по возможности застрахованы с помощью гарантий участников проекта. При этом важно не только определить, *кто* является гарантом, но и с достаточной степенью достоверности

*представить себе, что произойдет, если эти гарантии придется выполнять.*

## **Мотивы участия государства в инновационных проектах**

Во многих проектах непосредственным участником является государство в лице правительственных и муниципальных органов власти. Мотивом участия государства в инновационных проектах чаще всего не является непосредственно коммерческая выгода. Государство — это спонсор, гарант или кредитор, который заинтересован прежде всего в действующем объекте, имеющем народнохозяйственное значение.

Например, государство может участвовать в создании объектов инфраструктуры, публичного сектора экономики (школ, детских садов и т. п.). Своим участием оно может способствовать развитию тех отраслей, которые оказывают мультипликативный эффект на развитие экономики в целом или на формирование отдельных рынков (труда, капитала и др.).

Кроме того, мотивом государственного участия может стать получение финансовых эффектов в виде повышения налоговых сборов или притока твердой валюты. Создание объектов, имеющих большое значение для национального престижа, также может проходить при непосредственном спонсировании со стороны органов государственной или муниципальной власти.

Какова же роль государства в осуществлении проектов?

## **Участие государства**

**Непосредственный источник капитала.** Государственный или муниципальный бюджет может быть непосредственным источником капитала для осуществления проекта. В этом случае, предоставляя субсидии или дотации, государство является спонсором проекта, а давая кредиты и займы, оно выступает в качестве кредитора.

Следует заметить, что государство редко выступает в этом качестве по своей воле. Субсидированию обычно подлежат проекты,



имеющие системообразующее, социальное значение, но не способные давать коммерческую выгоду.

Зачастую остановка такого проекта приводит к столь негативным последствиям для бюджета, что ликвидационные расходы в случае остановки значительно превышают затраты, которые несет государство на субсидирование заведомо неэффективного проекта.

Если проект способен себя окупить, государственная поддержка может быть предоставлена в форме кредитов и займов. Но на это могут претендовать лишь отдельные проекты, т. к. бюджет капитальных расходов ограничен, а процедура его утверждения инерционна. Кроме того, весьма вероятным является пересмотр (секвестр) бюджетных статей, и рассматриваемый проект, если он напрямую зависит от государственной поддержки, может быть неожиданно приостановлен.

Поэтому общей рекомендацией для развивающихся стран является финансирование проектов таким образом, чтобы они не зависели от поддержки со стороны местного бюджета. При этом сама строка в бюджете полезна для проекта, т. к. рассматривается как уверенность, что государство не намерено мешать осуществлению проекта и заинтересовано в его благополучном завершении.

Приведем пример проекта с прямым государственным участием.

**Пример 76.** Имеется проект “Скорая помощь” с участием краевой администрации и краевого бюджета в качестве источника капитала. На приведенной ниже схеме (рис. 79) цифры обозначают:

- 1 — администрация края приобретает пакет акций предприятия. В счет приобретения акций она обязуется финансировать сделку по приобретению оборудования;
- 2 — администрация заключает договор поручения с оператором сделки и финансирует поручение;
- 3 — оператор сделки финансирует приобретение оборудования . . .
- 4 — . . . и организует поставку оборудования оператору эксплуатации;
- 5 — происходит эксплуатация оборудования и выплата налогов и дивидендов.

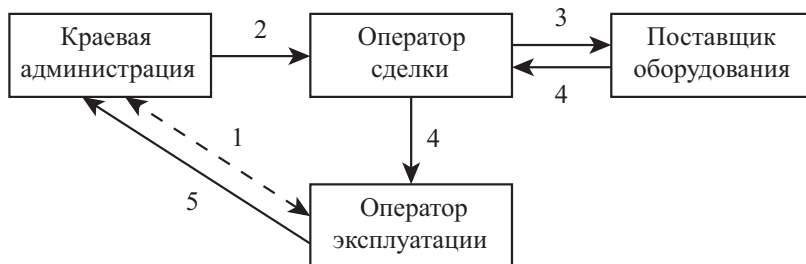


Рис. 79. Схема реализации проекта “Скорая помощь” с участием органов власти в качестве источника капитала

**Гарант.** Государство в лице правительственных или муниципальных органов власти чаще всего выступает гарантом и выдает поручительства. Даже если оно просто дает разрешения или лицензии на определенные виды деятельности, оно страхует инициаторов проекта против правового риска, т. е. неопределенности, связанной с недостаточным развитием, возможным изменением законодательства или своеобразной его трактовкой со стороны чиновников всех рангов.

Однако в некоторых случаях объектом страхования выступает и кредитный риск. Важно понимать, что, когда федеральные или местные органы власти дают подобные гарантии, они стремятся лишь придать определенную степень авторитета совершаемым сделкам. Вместе с тем зачастую они совершенно не готовы платить по своим обязательствам, если страховое событие все-таки наступает.

Ситуация, в которой орган власти является гарантом, представлена ниже.

Обратим внимание, что представленный проект оказался неудачным примером участия государства в качестве гаранта: за время осуществления проекта изменилась ситуация на рынке сбыта, оборудование так и не было установлено и запущено, а администрация не смогла выполнить свои обязательства.

Этот пример еще раз подчеркивает важность гарантий со стороны не только авторитетных органов власти, но и потенциальных потребителей продукции и услуг проекта.

Пример 77. Имеется инновационный проект с участием органов власти в качестве гаранта. На приведенной ниже схеме (рис. 80) цифры обозначают:

- 1 — инициатор проекта согласовывает с администрацией условия поручительства ...
- 2 — ... заключает договор о поставке оборудования ...
- 3 — ... и договор о связанном кредите;
- 4 — поручительство краевой администрации;
- 5 — поручительство Минфина России перед кредитором;
- 6 — кредит на закупку оборудования на сумму 85% его стоимости;
- 7 — выплата 15% стоимости оборудования и поставка оборудования предприятию — инициатору проекта;
- 8 — запуск оборудования, выплата налогов, обслуживание долга.

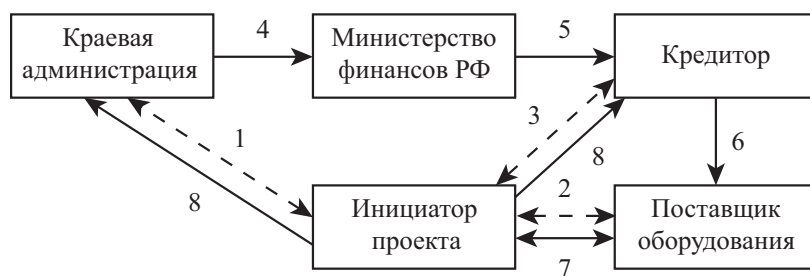


Рис. 80. Схема реализации инновационного проекта с участием органов власти в качестве гаранта

**Налоговые каникулы и льготы.** Одним из способов предоставить проекту кредит является смягчение в отношении него налоговых требований, например, отсрочка налоговых платежей до определенного срока. Это вариант участия органов власти в проекте имеет

тот недостаток, что если предприятие в конце срока оказывается неспособным погасить задолженность по налогу, то от этого бюджет может понести потери.

Например, иногда практикуется приобретение самого предприятия (его акций) в счет недоимки налоговых платежей. Тогда, если предприятие плохое, оно может оказаться для бюджета “денежным боровом”, а его национализация зачастую еще более снижает инициативу и предприимчивость менеджеров.

С другой стороны, если предприятие перспективное, с ценными активами и потенциально высокими денежными притоками, то его приобретение в счет недоимки налогов может быть формой злоупотребления со стороны бюрократии, стремящейся захватить этот “лакомый кусок” под свой контроль.

**Концессии.** Одним из наиболее перспективных направлений сотрудничества государства и частного бизнеса является концессия в форме предоставления федерального или муниципального имущества в распоряжение частной компании.

Характерным и наиболее распространенным вариантом концессии является схема *BOT (build-operate-transfer)*. По этой схеме частная структура получает право достроить, финансировать развитие и эксплуатировать объект государственной собственности в течение определенного времени. По завершении согласованного периода действующий объект с заданными технико-экономическими параметрами передается государству.

В другой схеме (*LDO — lease-develop-operate*) частная компания арендует действующий объект государственной собственности и землю, на которой он находится. Она развивает объект, а затем эксплуатирует его, перечисляя в бюджет органа государственного управления арендную плату. Подобные схемы выгодны, если объект в его теперешнем состоянии не способен приносить прибыль, у государства нет средств на его завершение, а у частной компании нет денег для того, чтобы купить объект целиком.

Преимуществом схемы для обеих сторон является распределение рисков проекта между государством и частным бизнесом.

Передача объекта и строительство его частной фирмой позволяет государству высвободить часть средств бюджета и направить их

на объекты, менее коммерчески выгодные, но необходимые по объективным причинам. Кроме того, государство получает возможность воспользоваться более эффективными методами и технологиями, характерными для передовых компаний частного сектора.

Выгода частных компаний состоит в снижении правового риска (проект осуществляется при непосредственном патронаже со стороны органа государственной власти) и в получении монопольного права на развитие перспективного с коммерческой точки зрения объекта. Это обстоятельство, однако, иногда создает почву для коррупции, т. к. приводит к неравенству условий конкурирующих компаний в зависимости от предпочтений высших чиновников.

Большая часть крупных проектов развития транспортной инфраструктуры и энергетики сегодня создается таким способом.

## 9.17. Задачи

### Задача 1

ЛПР планирует на период, равный одному году, и рассматривает четыре инновационных проекта с денежными потоками, представленными в табл. 167.

Таблица 167

#### Денежные потоки проектов (млрд руб.)

Момент времени $t$	1	2
Проект $A$	-30	34
Проект $B$	-11	14
Проект $C$	-18	21
Проект $D$	-6	8

Для финансирования имеются в распоряжении три вида кредитов, величина каждого из которых не превышает 15 млрд руб. Их посленалоговые ставки составляют  $i_1 = 7,5\%$ ,  $i_2 = 14\%$  и  $i_3 = 10\%$ .

1. Определить арифметически и графически оптимальную программу инвестиций и финансирования. Налогами пренебрегаем.
2. Найти величину предельной цены капитала проектов.
3. Рассчитать NPV каждого проекта, пользуясь предельной ценой капитала, и прокомментировать полученный результат.

**Р е ш е н и е**

1. Сначала по данным табл. 167 нужно рассчитать доходности проектов, которые оказываются равными

$$\begin{aligned} IRR_A &= 13,33\%; & IRR_B &= 27,27\%; \\ IRR_C &= 16,67\%; & IRR_D &= 33,33\%. \end{aligned}$$

В порядке убывания доходности анализируемые проекты ранжируются следующим образом:  $D \succ B \succ C \succ A$ . Ранжирование же возможностей финансирования осуществляется в порядке увеличения стоимости заемного капитала:  $1 \succ 3 \succ 2$ . Проекты  $D$ ,  $B$  и  $C$  согласно данным табл. 167 требуют инвестиций на общую сумму 35 млрд руб. Чтобы их профинансировать, необходимо получить три кредита; из них 1-й и 3-й составляют по 15 млрд руб. каждый. Кредит 2 со стоимостью заемного капитала 14% покрывает остальную потребность в капитале, величиной в 5 млрд руб. Проект  $A$  не осуществляется, т. к. его доходность 13,33% меньше, чем необходимые для финансирования издержки капитала в 14% (см. рис. 81).

2. Предельная цена капитала проектов получается в точке пересечения графика инвестиционных возможностей (IRR) и графика стоимости заемного капитала ( $i$ ) и составляет величину МСС = 14%.

3. Если рассчитаем NPV каждого из четырех проектов, используя в качестве ставки дисконта найденную нами предельную цену капитала, то получим, что

$$\begin{aligned} NPV_A &= -30 + \frac{34}{1,14} = -0,175; & NPV_B &= -11 + \frac{14}{1,14} = 1,281; \\ NPV_C &= -18 + \frac{21}{1,14} = 0,421; & NPV_D &= -6 + \frac{8}{1,14} = 1,018. \end{aligned}$$

Проект  $A$ , от которого согласно рис. 81 необходимо отказаться, имеет отрицательный NPV. Все остальные NPV положительны. Это

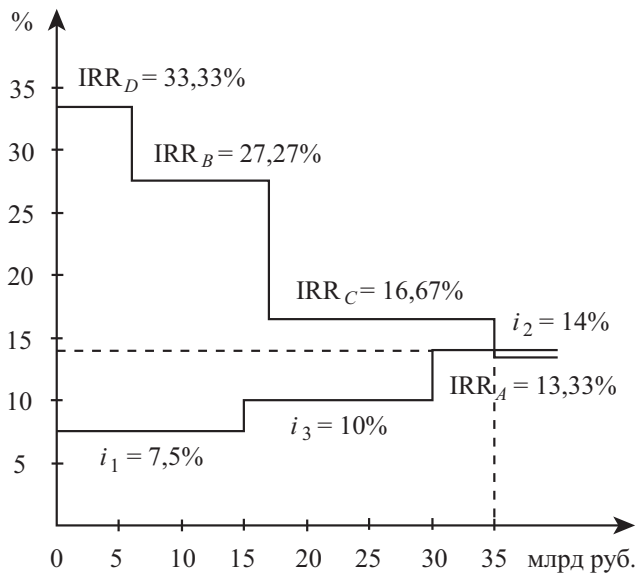


Рис. 81. Графическое определение оптимальной программы инвестиций и финансирования

означает, что метод чистой сегодняшней стоимости пригоден для определения оптимальной программы инвестиций и финансирования, несмотря на то, что здесь не выполнено допущение совершенного рынка капитала (см. главу 6). Однако причиной достоверности расчетов является использование правильной предельной цены капитала.

## Задача 2

Инвестор имеет горизонт планирования, равный одному году, и хочет максимизировать свое остаточное имущество в конце срока. Он имеет пять инновационных проектов, а также шесть проектов финансирования, которые независимы друг от друга и бесконечно делимы. Их денежные потоки представлены в табл. 168.

Таблица 168

**Денежные потоки инновационных проектов  
и проектов финансирования (млн руб.)**

Год	Инновационный проект $j$					
	1	2	3	4	5	
0	-40	-10	-89	-60	-28	
1	49	13	100	75	33	
Год	Проект финансирования $l$					
	1	2	3	4	5	6
0	11	20	40	30	34	50
1	-14	-22	-46	-32	-42	-60

1. Определить арифметически и графически оптимальную программу инвестиций и финансирования. Налогами пренебрегаем.
2. Составить для оптимальной программы инвестиций и финансирования полный финансовый план.
3. Найти величину предельной цены капитала проектов.
4. Рассчитать NPV каждого инновационного проекта и проекта финансирования, пользуясь предельной ценой капитала, и прокомментировать полученный результат.

**Р е ш е н и е**

1. Сначала рассчитаем внутренние ставки процента проектов в табл. 169. Тогда оптимальную программу инвестиций и финансирования можно вывести на этой основе или в форме таблицы (см. табл. 170) или графически (см. рис. 82).

Пересечение графика инвестиционных возможностей (IRR) и графика предельной цены капитала (MCC) осуществляется в точности при 110 млн руб. Отсюда следует, что если инвестор хочет максимизировать свое остаточное имущество, то должны быть реализованы инновационные проекты 2, 4, 1 (полностью) и проекты финансирования 4, 2, 3 (полностью) и 6 (частично). Остаточным имуществом является сумма денежных потоков, происходящих в момент времени  $t = 1$  по всем содержащимся в программе проектам, а именно



Таблица 169

## Внутренние ставки процента и ранги проектов

	Инновационный проект $j$				
	1	2	3	4	5
Внутренняя ставка процента $IRR_j$	0,225	0,3	0,124	0,25	0,179
Ранг	3	1	5	2	4
	Проект финансирования $l$				
	1	2	3	4	5
Внутренняя ставка процента $i_l$	0,273	0,1	0,15	0,067	0,235
Ранг	6	2	3	1	4

**Определение оптимальной программы инвестиций и финансирования  
в форме таблицы**

Инно- ваци- онный проект	Спрос на капитал			Предложение капитала				Проект финан- сиро- вания
	Внут- ренняя ставка процента	Потреб- ность капи- тала	Накоплен- ная по- требность капитала	Накоплен- ный объем кредита	Объем кредита	Внут- ренняя ставка процента	Проект финан- сиро- вания	
2	0,3	10	10	10	10	0,067	4	
4	0,25	20	30	30	20	0,067	4	
4	0,25	20	50	50	20	0,1	2	
4	0,25	20	70	70	20	0,15	3	
1	0,225	20	90	90	20	0,15	3	
1	0,225	20	110	110	20	0,2	6	
5	0,179	28	138	138	28	0,2	6	
3	0,124	2	140	140	2	0,2	6	
3	0,124	34	174	174	34	0,235	5	
3	0,124	11	185	185	11	0,273	1	
3	0,124	42	227	227				

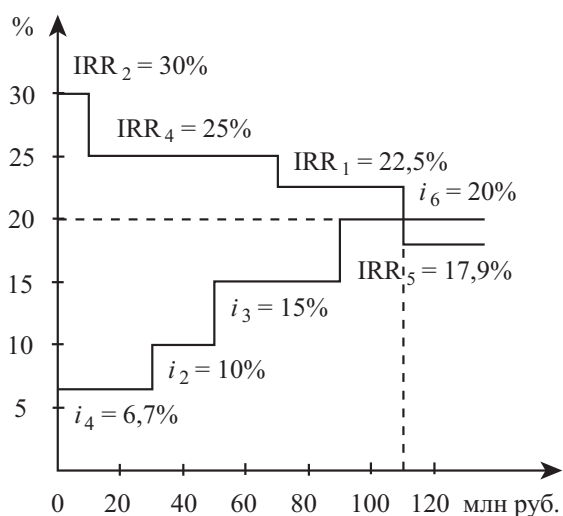


Рис. 82. Графическое определение оптимальной программы инвестиций и финансирования

$$\underbrace{13 + 75 + 49}_{\text{инвестиции}} - \underbrace{32 - 22 - 46 - 0,4 \cdot 60}_{\text{финансирование}} = 13 \text{ (млн руб.)}.$$

2. Полный финансовый план оптимальной программы инвестиций и финансирования представлен в табл. 171.

3. Предельная цена капитала проектов получается в точке пересечения графиков IRR и MCC и составляет величину 20%.

4. Если мы вычислим NPV всех возможных инновационных проектов и проектов финансирования на базе полученной ставки MCC = 20%, то получим, что все принадлежащие оптимальной программе проекты имеют  $NPV \geq 0$ , а все проекты, от которых нужно отказаться, имеют  $NPV < 0$  (табл. 172).

Если бы ставка MCC была известна уже перед принятием решения, то мы могли бы с помощью чистого приведенного дохода сразу определить оптимальную программу инвестиций и финансирования.

Таблица 171

**Полный финансовый план оптимальной  
программы инвестиций и финансирования  
(млн руб.)**

Момент времени $t$	0	1
Инновационный проект 2	-10	13
Инновационный проект 4	-60	75
Инновационный проект 1	-40	49
Проект финансирования 4	30	-32
Проект финансирования 2	20	-22
Проект финансирования 3	40	-46
Проект финансирования 6 (0,4 раза)	20	-24
Остаточное имущество	0	13

Таблица 172

**NPV инновационных проектов и проектов  
финансирования, вычисленные на основе ставки МСС  
(млн руб.)**

	Инновационный проект $j$					
	1	2	3	4	5	
NPV <sub>20%</sub>	0,833	0,833	-5,667	2,5	-0,5	
	Проект финансирования $l$					
	1	2	3	4	5	6
NPV <sub>20%</sub>	-0,667	1,667	1,667	3,333	-1	0

Это обстоятельство позволяет нам сделать важное обоснование подхода к анализу случая одного периода. А именно, чистый приведенный доход можно применить даже в условиях, в которых он казался непригодным для нас, поскольку в нашей модели одного периода мы однозначно имеем дело с несовершенным рынком капитала,

а чистый приведенный доход был создан для ситуации совершенного рынка капитала (см. главу 6).

Однако, согласно предпосылке, мы работаем с правильной ставкой дисконта. Это мы узнаем лишь после принятия решения, что отличается от классического применения чистого приведенного дохода. Но если нам удастся оценить предельную цену капитала хотя бы приблизительно, то мы могли бы превратить описанную здесь формальную связь в подлинные практические преимущества.

### Задача 3

Предприятие имеет возможность инвестировать в инновации: 1) до 55 млрд руб.; 2) до 90 млрд руб. При этом цена капитала составляет 10% годовых. Составить оптимальный портфель инновационных проектов, представленных в табл. 173, для обоих вариантов.

Таблица 173

#### Денежные потоки инновационных проектов (млрд руб.)

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект А	-30	6	11	13	12
Проект В	-20	4	8	12	5
Проект С	-40	12	15	15	15
Проект D	-15	4	5	6	6

**Решение.** Сначала вычисляются NPV проектов по ставке WACC = 10%:

$$\begin{aligned} NPV_A &= 2,509; & NPV_B &= 2,679; \\ NPV_C &= 4,821; & NPV_D &= 1,375. \end{aligned}$$

Поскольку сроки всех 4-х проектов одинаковые, дисконтные множители для них тоже одинаковые, и они составят величину

$$a_{4;10\%} = \frac{1 - 1,1^{-4}}{0,1} = 3,169865.$$

Далее вычисляются эквивалентные аннуитеты NPV и инвестиций IC для  $j$ -х проектов по формулам

$$EAA_j(\text{NPV}) = \frac{\text{NPV}_j}{a_{n;i}^{(j)}} \quad \text{и} \quad EAA_j(\text{IC}) = \frac{\text{IC}_j}{a_{n;i}^{(j)}}.$$

Получаем следующие результаты:

$$\begin{aligned} EAA_A(\text{NPV}) &= 0,791516; & EAA_A(\text{IC}) &= 9,464125; \\ EAA_B(\text{NPV}) &= 0,845146; & EAA_B(\text{IC}) &= 6,309417; \\ EAA_C(\text{NPV}) &= 1,520885; & EAA_C(\text{IC}) &= 12,618834; \\ EAA_D(\text{NPV}) &= 0,433772; & EAA_D(\text{IC}) &= 4,732063. \end{aligned}$$

Наконец, зная полученные параметры, для каждого возможного портфеля проектов можно рассчитать индекс общей рентабельности (TP), модифицированный индекс общей доходности (TMPI) и индекс общей доходности эквивалентных аннуитетов (TEAPI) по формулам

$$\begin{aligned} \text{TP} &= \frac{\sum_{j=1}^J \text{NPV}_j}{\sum_{j=1}^J \text{IC}_j}; & \text{TMPI} &= \frac{\sum_{j=1}^J EAA_j(\text{NPV})}{\sum_{j=1}^J \text{IC}_j}; \\ \text{TEAPI} &= \frac{\sum_{j=1}^J EAA_j(\text{NPV})}{\sum_{j=1}^J EAA_j(\text{IC})}. \end{aligned}$$

В варианте 1 задачи бюджет финансирования ограничен суммой 55 млрд руб., что существенно ограничивает набор возможных портфелей проектов. Результаты расчетов индексов для них представлены в табл. 174. Также в ней показаны ранги портфелей согласно значениям индексов, откуда видно, что наиболее выгодным вариантом является тиражирование проекта  $B$ . Если же инвестор хочет диверсифицировать свой бизнес, то ему следует предпочесть портфель  $B + D$ .

Исследование всех возможных портфелей проектов  
при ограниченном бюджете финансирования 55 млрд руб.

Портфели	$\sum_{j=1}^J IC_j$	TP	Ранг	ТМРІ	Ранг	ТЕААРІ	Ранг
A + B	50	0,10376	5	0,032733	5	0,10376	5
A + D	45	0,086311	7	0,027229	7	0,086311	7
B + D	35	0,115829	<b>3</b>	0,036541	<b>3</b>	0,115829	<b>3</b>
C + D	55	0,112655	4	0,035539	4	0,112655	4
A	30	0,083633	8	0,026384	8	0,083633	8
B	20	0,13395	<b>1</b>	0,042257	<b>1</b>	0,13395	<b>1</b>
C	40	0,120525	2	0,038022	2	0,120525	2
D	15	0,091667	6	0,028918	6	0,091667	6

Исследование всех возможных портфелей проектов  
при ограниченном бюджете финансирования 90 млрд руб.

Портфели	$\sum_{j=1}^j IC_j$	ТР	Р <sub>анг</sub>	ТМРІ	Р <sub>анг</sub>	ТЕААРІ	Р <sub>анг</sub>
A + B + C	90	0,111211	7	0,035084	7	0,111211	7
A + B + D	65	0,100969	11	0,031853	11	0,100969	11
A + C + D	85	0,102412	10	0,032308	10	0,102412	10
B + C + D	75	0,118333	4	0,037331	4	0,118333	4
A + B	50	0,10376	9	0,032733	9	0,10376	9
A + C	70	0,104714	8	0,033034	8	0,104714	8
A + D	45	0,086311	13	0,027229	13	0,086311	13
B + C	60	0,125	2	0,039434	2	0,125	2
B + D	35	0,115829	5	0,036541	5	0,115829	5
C + D	55	0,112655	6	0,035539	6	0,112655	6
A	30	0,083633	14	0,026384	14	0,083633	14
B	20	0,13395	1	0,042257	1	0,13395	1
C	40	0,120525	3	0,038022	3	0,120525	3
D	15	0,091667	12	0,028918	12	0,091667	12



Нетрудно также заметить, что индексы ТР, ТМРІ и ТЕААРІ дали нам одинаковые результаты в отношении рангов портфелей. Это произошло по причине одинаковых дисконтных множителей  $a_{4;10\%}$  для проектов, что обусловлено равными их сроками.

Вариант 2 задачи предполагает бюджет финансирования 90 млрд руб., что позволяет увеличить набор рассматриваемых портфелей проектов. Все необходимые результаты их анализа показаны в табл. 175, откуда видно, что наиболее выгодным вариантом опять является тиражирование проекта *B*. Если же инвестор хочет максимально диверсифицировать свой бизнес, то ему следует предпочесть портфель  $B + C + D$ .

#### Задача 4

Анализируются четыре инновационных проекта, представленных в табл. 176. Средневзвешенная цена капитала для них — 12% годовых. Бюджет корпорации ограничен — 120 млрд руб. Требуется составить оптимальную комбинацию проектов.

Таблица 176

#### Денежные потоки инновационных проектов (млрд руб.)

Год	Проект А	Проект В	Проект С	Проект D
0	-31	-60	-25	-40
1	6	20	—	30
2	6	20	—	25
3	6	40	—	
4	6	10	—	
5	6		—	
6	6		—	
7	6		—	
8	6		—	
9	6		—	
10	6		80	

Р е ш е н и е. NPV проектов по ставке WACC = 12% составят:

$$\begin{aligned} NPV_A &= 2,901; & NPV_B &= 8,627; \\ NPV_C &= 0,758; & NPV_D &= 6,716. \end{aligned}$$

Дисконтные множители для проектов равны соответственно:

$$\begin{aligned} a_{10;12\%}^{(A)} &= 5,650223; & a_{4;12\%}^{(B)} &= 3,037349; \\ a_{10;12\%}^{(C)} &= 5,650223; & a_{2;12\%}^{(D)} &= 1,690051. \end{aligned}$$

Эквивалентные аннуитеты NPV и инвестиций IC для  $j$ -х проектов составят:

$$\begin{aligned} EAA_A(NPV) &= 0,513491; & EAA_A(IC) &= 5,486509; \\ EAA_B(NPV) &= 2,840441; & EAA_B(IC) &= 19,754068; \\ EAA_C(NPV) &= 0,134129; & EAA_C(IC) &= 4,424604; \\ EAA_D(NPV) &= 3,973585; & EAA_D(IC) &= 23,667925. \end{aligned}$$

Условия задачи предполагают бюджет финансирования 120 млрд руб. Результаты расчетов индексов и рангов всех возможных портфелей проектов показаны в табл. 177, откуда видно, что наиболее выгодным вариантом является тиражирование проекта  $D$ . Если же инвестор хочет максимально диверсифицировать свой бизнес, то ему следует предпочесть портфель  $A + C + D$ .

## Задача 5

Инвестор имеет плановый период  $n = 4$  года и намеревается максимизировать свое остаточное имущество в конце горизонта планирования. Кроме того, он хочет осуществлять постоянные изъятия из предприятий на уровне  $Y = 20$  млн руб., которые начинаются в момент времени  $t = 1$  и ежегодно растут на 5 процентных пунктов, т. е. структура изъятий составляет вектор  $(f_0, \dots, f_4) = (0; 1; 1,05; 1,1; 1,15)$ . Инвестору известны четыре реальных инновационных проекта, порождающих денежные потоки, приведенные в табл. 178.

Таблица 177

Исследование всех возможных портфелей проектов  
при ограниченном бюджете финансирования 120 млрд руб.

Портфели	$\sum_{j=1}^J IC_j$	ТР	Ранг	ТМРІ	Ранг	ТЕААРІ	Ранг
$A + B + C$	116	0,105914	9	0,030069	9	0,117581	9
$A + C + D$	96	0,108073	8	0,048138	5	0,137622	6
$A + B$	91	0,126681	5	0,036856	7	0,132879	7
$A + C$	56	0,065339	11	0,011565	11	0,065343	11
$A + D$	71	0,135451	4	0,063198	3	0,153907	3
$B + C$	85	0,110412	7	0,034995	8	0,123025	8
$B + D$	100	0,15343	2	0,06814	2	0,156926	2
$C + D$	65	0,114985	6	0,063196	4	0,146221	4
$A$	31	0,093581	10	0,016564	10	0,093592	10
$B$	60	0,143783	3	0,047341	6	0,14379	5
$C$	25	0,03032	12	0,005365	12	0,030314	12
$D$	40	0,1679	1	0,09934	1	0,167889	1

Таблица 178

## Денежные потоки инновационных проектов (млн руб.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	4
Проект 1		-500	-900	1 250	350
Проект 2	-800	80	160	320	520
Проект 3	-700	500	300	-200	220
Проект 4	-300	700	350	170	-1 090

Кроме того, на протяжении всего планового периода он может осуществлять финансовые инвестиции по остающейся постоянной ставке процента, равной 6%. Инновационные проекты 1, 2 и 3 включаются в программу лишь по одному разу. Но проект 4 можно было бы осуществить и два раза. Инвестор в момент времени  $t = 0$  имеет ликвидные средства величиной в 500 млн руб. Дальнейшие базовые выплаты учитывать не нужно. Кроме того, он может осуществить два проекта финансирования 1 и 2. Первый кредит позволяет получить финансирование по ставке 8%, при этом в первый год не выплачивается основная сумма, а после этого в течение трех лет возвращается равными годовыми платежами. Предлагаемая кредитором сумма кредита равна 1 000 млн руб. При втором кредите речь идет о сумме, не превышающей 600 млн руб., которая должна быть возвращена вместе с начисленными процентами по ставке 8,5% по истечении четырех лет. Значит, денежные потоки обоих кредитов при их полном использовании выглядят так, как показано в табл. 179. Кроме того, инвестор может получить любую сумму по ставке 10%. Все финансовые проекты бесконечно делимы и совершенно независимы между собой. Нужно найти оптимальную программу инвестиций и финансирования и составить для нее полный финансовый план.

Таблица 179

## Денежные потоки кредитов (млн руб.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	4
Финансирование 1	1 000	-80	-388	-388	-388
Финансирование 2	600	0	0	0	-832

Р е ш е н и е. Перед началом формулировки решения этой ситуации на основе линейного программирования разумно установить схему полного финансового плана для всех достижимых программных альтернатив (табл. 180).

Таблица 180

**Основополагающая формальная структура полного  
финансового плана при одновременном  
инвестиционном и финансовом планировании**

Момент времени $t$	0	1	...	$n$
Базовые платежи	$M_0$	$M_1$	...	$M_n$
Инновационный проект 1	$z_{10}^I x_1^I$	$z_{11}^I x_1^I$	...	$z_{1n}^I x_1^I$
Инновационный проект 2	$z_{20}^I x_2^I$	$z_{21}^I x_2^I$	...	$z_{2n}^I x_2^I$
.....	...	...	...	...
Инновационный проект $J$	$z_{J0}^I x_J^I$	$z_{J1}^I x_J^I$	...	$z_{Jn}^I x_J^I$
Проект финансирования 1	$z_{10}^F x_1^F$	$z_{11}^F x_1^F$	...	$z_{1n}^F x_1^F$
Проект финансирования 2	$z_{20}^F x_2^F$	$z_{21}^F x_2^F$	...	$z_{2n}^F x_2^F$
.....	...	...	...	...
Проект финансирования $K$	$z_{K0}^F x_K^F$	$z_{K1}^F x_K^F$	...	$z_{Kn}^F x_K^F$
Изъятия	$f_0 Y$	$f_1 Y$	...	$f_n Y$
Остаточное имущество				$C_n$

**Целевая функция.** Из табл. 180 без всяких затруднений можно увидеть, что остаточное имущество инвестора  $C_n$  образуется как остаток после учета всех платежей по инновационным проектам ( $z_{jn}^I$ ), проектов финансирования ( $z_{kn}^F$ ), базового платежа ( $M_n$ ) и изъятия ( $f_n Y$ ) в рамках горизонта планирования, а значит,

$$\begin{aligned} \max C_n = & \underbrace{z_{1n}^I x_1^I + z_{2n}^I x_2^I + \dots + z_{Jn}^I x_J^I}_{\text{платежи, связанные с инвестициями}} + \\ & + \underbrace{z_{1n}^F x_1^F + z_{2n}^F x_2^F + \dots + z_{Kn}^F x_K^F}_{\text{платежи, связанные с финансированием}} + \underbrace{M_n - f_n Y}_{\text{базовый платеж минус остаточное изъятие}} = \end{aligned}$$

$$= \sum_{j=1}^J z_{jn}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kn}^F x_k^F + M_n - f_n Y.$$

Необходимо максимизировать это выражение. Но в качестве целевой функции при линейном программировании можно также использовать вспомогательную величину

$$\max C_n^* = C_n - M_n + f_n Y = \sum_{j=1}^J z_{jn}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kn}^F x_k^F,$$

поскольку окончательное изъятие инвестора и базовые платежи являются константами. Таким образом, мы вывели целевую функцию.

**Дополнительные ограничения.** Нам необходимо два вида дополнительных ограничений. С одной стороны, мы должны обеспечить, чтобы инвестор ни в одном из моментов своего планового периода не стал бы неплатежеспособным (условия ликвидности), с другой — мы должны позаботиться о том, чтобы задаваемые количества проектов равнялись разумным, с точки зрения инвестора, величинам или же определялись ими (условия количества проектов).

**Условия ликвидности.** Ликвидность инвестора сохраняется, если сумма его выплат ни в одном из моментов времени не превышает сумму его поступлений и/или финансовых запасов. Нам необходимы разные виды этих условий, а именно, для момента времени  $0 \leq t < n$ , с одной стороны, и для момента времени  $t = n$  — с другой. Между прочим, ограничение ликвидности очень легко вывести из схемы полного финансового плана (табл. 180).

Для всех моментов времени перед окончанием планового периода, очевидно, должно быть верно

$$M_t + \sum_{j=1}^J z_{jt}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kt}^F x_k^F = f_t Y.$$

Если мы прибавим константу  $M_t$  к правой части этого уравнения, то условия ликвидности для момента времени  $0 \leq t < n$  выглядят следующим образом:

$$\sum_{j=1}^J z_{jt}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kt}^F x_k^F = -M_t + f_t Y.$$

Наконец, мы обратимся к последнему столбцу таблицы полного финансового плана (табл. 180). Здесь, очевидно, верно

$$M_n + \sum_{j=1}^J z_{jn}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kn}^F x_k^F = f_n Y + C_n.$$

Если мы трактуем инвестора ликвидным лишь тогда, когда он достигает остаточного имущества, которое не меньше нуля, то условие ликвидности для момента времени  $t = n$  выглядит следующим образом:

$$\sum_{j=1}^J z_{jn}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kn}^F x_k^F \geq -M_n + f_n Y.$$

Теперь все условия ликвидности инвестора сформулированы.

**Условия количества проектов.** Разумно полагать, что переменные решения не должны быть отрицательными, т. к. мы не можем реализовывать отрицательное число проектов. С другой стороны, количество проектов не должно превышать верхней границы, которую также устанавливает инвестор. Поэтому условия количества для инвестиций формулируются в виде

$$0 \leq x_j^I \leq X_j^I \quad (j = \overline{1, J})$$

и для финансирования

$$0 \leq x_k^F \leq X_k^F \quad (k = \overline{1, K}).$$

Теперь мы описали все необходимые дополнительные ограничения проблемы принятия решения. Если для этой проблемы мы составим систему уравнений (неравенств) с конкретными цифрами, то сможем найти оптимальное решение.

Итак, сначала мы должны определить все те проекты инвестиций и финансирования, которые можно реализовывать. Ими являются, кроме инновационных проектов 1 и 4, также и финансовые инвестиции (вложение под постоянный процент, равный 6%). Так как совокупный плановый период состоит из четырех лет, эти инвестиционные возможности можно описать, определив еще четыре проекта (с 5 по 8) с помощью изображенных в табл. 181 денежных потоков. Аналогично и при проектах финансирования должно быть учтено, что инвестор может получить любые средства по ставке процента, равной 10%. Значит, денежные потоки необходимых по этой причине дополнительных кредитов 1 и 2 в рамках проектов финансирования (с 3 по 6) выглядят так, как они изображены в нижней части табл. 181. А теперь мы можем сразу записать целевую функцию, а также дополнительные ограничения проблемы, и обобщить их в табл. 182. Строка 1 описывает целевую функцию. Строки с 2 по 6 отражают условия ликвидности для моментов времени с  $t = 0$  до  $t = 4$ . В строках 7–11 учитываются верхние границы для инновационных проектов с 1 по 4 и кредита 2 (условия количества проектов).

Таблица 181

**Денежные потоки дополняющих инвестиций и кредитов  
(млн руб.)**

Момент времени $t$	0	1	2	3	4
Проект 5	-100	106			
Проект 6		-100	106		
Проект 7			-100	106	
Проект 8				-100	106
Финансирование 3	100	-110			
Финансирование 4		100	-110		
Финансирование 5			100	-110	
Финансирование 6				100	-110

Но пока проблема еще не решена, а лишь сформулирована математически в соответствии с методом линейного программирования.



Таблица 182

Базовая таблица для линейного программирования  
при одновременном инвестиционном и финансовом  
планировании в случае стремления к имуществу

	Инновационные проекты							
	$x_1^I$	$x_2^I$	$x_3^I$	$x_4^I$	$x_5^I$	$x_6^I$	$x_7^I$	$x_8^I$
1	350	520	220	-1 090				106
2		-800	-700	-300	-100			
3	-500	80	500	700	106	-100		
4	-900	160	300	350		106	-100	
5	1 250	320	-200	170			106	-100
6	350	520	220	-1 090				106
7	1							
8		1						
9			1					
10				1				
11								
	Проекты финансирования							
	$x_1^F$	$x_2^F$	$x_3^F$	$x_4^F$	$x_5^F$	$x_6^F$		
1	-388	-832				-110	=	max
2	1 000	600	100				=	-500
3	-80		-110	100			=	20
4	-388			-110	100		=	21
5	-388				-110	100	=	22
6	-388	-832				-110	≥	23
7							≤	1
8							≤	1
9							≤	1
10							≤	2
11		1					≤	1

Данную задачу можно решить, например, в пакете *Mathematica*. Для этого набираем в нем следующий текст программы:

```
NMaximize[{350*x1+520*x2+220*x3-1090*x4+106*x8-388*x9-832*x10-110*x14,-800*x2-700*x3-300*x4-100*x5+1000*x9+600*x10+100*x11== -500,-500*x1+80*x2+500*x3+700*x4+106*x5-100*x6-80*x9-110*x11+100*x12==20,-900*x1+160*x2+300*x3+350*x4+106*x6-100*x7-388*x9-110*x12+100*x13==21,1250*x1+320*x2-200*x3+170*x4+106*x7-100*x8-388*x9-110*x13+100*x14==22,350*x1+520*x2+220*x3-1090*x4+106*x8-388*x9-832*x10-110*x14>=23,x1<=1,x2<=1,x3<=1,x4<=2,x10<=1,x1>=0,x2>=0,x3>=0,x4>=0,x5>=0,x6>=0,x7>=0,x8>=0,x9>=0,x10>=0,x11>=0,x12>=0,x13>=0,x14>=0},{x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7,x8,x9,x10,x11,x12,x13,x14}]
```

Получаем следующие результаты:

$$\begin{array}{llll} x_1^I = 0,96; & x_2^I = 1; & x_3^I = 1; & x_4^I = 0; \\ x_5^I = 0; & x_6^I = 0; & x_7^I = 0; & x_8^I = 0,157; \\ x_1^F = 1; & x_2^F = 0; & & \\ x_3^F = 0; & x_4^F = 0; & x_5^F = 8,13; & x_6^F = 0. \end{array}$$

Согласно этому решению оптимум достигается, если осуществляются инновационные проекты 1 (0,96 раз), 2 и 3 (по одному разу) и финансовая инвестиция 8 (0,157 раз). Финансирование этой инвестиционной программы осуществляется ликвидными средствами, а также кредитами 1 (1 раз) и 5 (8,13 раз). Таким образом, инвестор в сумме достигает остаточного имущества с учетом конечного изъятия в объеме  $C_4^* = 704,64$  млн руб. Лучшего решения при необходимости соблюдения ограничений не существует. Полный финансовый план инвестора при реализации оптимальной программы выглядит так, как показывает табл. 183.

Таблица 183

**Полный финансовый план для оптимальной программы  
инвестиций и финансирования в случае стремления  
к имуществу (млн руб.)**

Момент времени <i>t</i>	0	1	2	3	4
<i>Базовые платежи</i>	500	0	0	0	0
<i>Инвестиции</i>					
Проект 1 (0,96 раз)		-480	-864	1 200	336
Проект 2 (1 раз)	-800	80	160	320	520
Проект 3 (1 раз)	-700	500	300	-200	220
Проект 8 (0,157 раз)				-15,7	16,64
<i>Финансирование</i>					
Проект 1 (1 раз)	1 000	-80	-388	-388	-388
Проект 5 (8,13 раз)			813	-894,3	
Изъятия	0	20	21	22	23
Остаточное имущество					681,64

## Задача 6

Используем условия задачи 5. Только теперь цель инвестора состоит в том, чтобы максимизировать свой уровень доходов и при этом одновременно достичь остаточного имущества в объеме 500 млн руб. (т. е. добиться того, чтобы оно было идентично начальному запасу ликвидных средств).

**Решение.** Для получения оптимального решения с помощью линейного программирования мы снова должны составить линейную функцию и линейные дополнительные ограничения. При этом, как и в случае максимизации имущества, разумно ориентироваться на схематический полный финансовый план в соответствии с табл. 180.

**Целевая функция.** Для формулировки целевой функции не нужно детальных рассуждений. Она выглядит просто:

$$\max Y.$$

**Дополнительные ограничения.** При выведении дополнительных ограничений нам необходимо, как и в случае максимизации остаточного имущества, определить условия ликвидности и условия количества проектов.

**Условия ликвидности.** Для всех моментов времени  $0 \leq t < n$  верно в соответствии с полным финансовым планом табл. 180

$$M_t + \sum_{j=1}^J z_{jt}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kt}^F x_k^F = f_t Y,$$

отсюда посредством вычисления константы  $M_t$  и зависящей от времени величины  $f_t Y$  мы можем вывести условие ликвидности

$$\sum_{j=1}^J z_{jt}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kt}^F x_k^F - f_t Y = -M_t.$$

В последнем моменте времени планового периода платежеспособность инвестора сохранена, если верно

$$M_n + \sum_{j=1}^J z_{jn}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kn}^F x_k^F = f_n Y + C_n.$$

Если мы перенесем зависящую от решения величину  $f_n Y$  в левую часть и базовый платеж — в правую часть, то тогда получим условие ликвидности

$$\sum_{j=1}^J z_{jn}^I x_j^I + \sum_{k=1}^K z_{kn}^F x_k^F - f_n Y \geq C_n - M_n.$$

Теперь все условия ликвидности инвестора сформулированы.

**Условия количества проектов.** Условия количества проектов те же самые, что и в случае максимизации имущества. Значит,

$$0 \leq x_j^I \leq X_j^I \quad (j = \overline{1, J}); \quad 0 \leq x_k^F \leq X_k^F \quad (k = \overline{1, K}).$$

После этого все необходимые дополнительные ограничения описаны. Модель полностью сформулирована.

Итак, инвестор может осуществлять те же проекты, что и в случае максимизации остаточного имущества. Поэтому можно сразу же вывести целевую функцию и дополнительные ограничения и представить их в табл. 184. Строка 1 содержит целевую функцию. Строки с 2 по 6 обозначают ограничения ликвидности. Строки с 7 по 11 описывают верхние границы для количества проектов с 1 по 4, а также кредит 2. Решаем задачу, например, в пакете *Mathematica*:

```
NMaximize[{x15, -800*x2-700*x3-300*x4-100*x5+1000*x9
+600*x10+100*x11== -500,
-500*x1+80*x2+500*x3+700*x4+106*x5-100*x6-80*x9-110*x11
+100*x12-x15==0,
-900*x1+160*x2+300*x3+350*x4+106*x6-100*x7-388*x9
-110*x12+100*x13-1.05*x15==0,
1250*x1+320*x2-200*x3+170*x4+106*x7-100*x8-388*x9
-110*x13+100*x14-1.1*x15==0,
350*x1+520*x2+220*x3-1090*x4+106*x8-388*x9-832*x10
-110*x14-1.15*x15>=500,
x1<=1, x2<=1, x3<=1, x4<=2, x10<=1,
x1>=0, x2>=0, x3>=0, x4>=0, x5>=0, x6>=0, x7>=0, x8>=0, x9>=0,
x10>=0, x11>=0, x12>=0, x13>=0, x14>=0, x15>=0},
{x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10, x11, x12, x13, x14, x15}]
```



Окончание табл. 184

	Проекты финансирования						Доход		
	$x_1^F$	$x_2^F$	$x_3^F$	$x_4^F$	$x_5^F$	$x_6^F$	Y		
1							1	=	max
2	1 000	600	100					=	-500
3	-80		-110	100			-1	=	0
4	-388			-110	100		-1,05	=	0
5	-388				-110	100	-1,1	=	0
6	-388	-832				-110	-1,15	≥	500
7								∨	1
8								∨	1
9								∨	1
10								∨	2
11		1						∨	1

Получаем следующие результаты:

$$\begin{array}{llll} x_1^I = 0,6117; & x_2^I = 1; & x_3^I = 1; & x_4^I = 0; \\ x_5^I = 0; & x_6^I = 1,3667; & x_7^I = 0; & x_8^I = 0; \\ x_1^F = 1; & x_2^F = 0; & & \\ x_3^F = 0; & x_4^F = 0; & x_5^F = 3,94; & x_6^F = 0. \end{array}$$

Согласно этому решению для цели максимизации доходов оптимум достигается, если мы осуществим инновационные проекты 1 (0,6117 раз), 2 и 3 (по одному разу) и финансовую инвестицию 6 (1,3667 раз). Для финансирования мы должны использовать, помимо ликвидных средств, кредиты 1 (1 раз) и 5 (3,94 раз). Таким образом, инвестор достигает уровня дохода  $Y = 57,47$  млн руб. Невозможно найти более хорошее решение, чем это, при ограничениях, которые нужно соблюдать. Соответствующий этому решению полный финансовый план приводится в табл. 185.

## Задача 7

Инвестор рассматривает плановый период  $n = 5$  лет и желает при фиксированном остаточном имуществе 1 000 млн руб. максимизировать уровень своих ежегодных изъятий. Они должны оставаться одинаковыми в течение планового периода. Инвестор может получить деньги под 16% и вложить их под 5% без количественных ограничений. Он учитывает фиксированные базовые платежи  $(M_0, \dots, M_5) = (300; -400; -500; -200; 800; 1\,700)$ . Он выбирает между пятью бесконечно делимыми проектами модернизации с денежными потоками, представленными в табл. 186.

Инвестор имеет следующие три возможности финансирования при следующих условиях. Первый кредит имеет срок погашения 5 лет и не может превышать 1 000 млн руб. Ставка процентов составляет 10%, причем промежуточные выплаты процентов осуществлять не нужно. Это означает, что весь долг с процентами подлежит возврату по истечении 5 лет. Второй кредит имеет похожие условия. Ставка процентов составляет 7%, срок погашения — 3 года, и кредит можно получить лишь в начале следующего года, т. е. в момент



Таблица 185

Полный финансовый план для оптимальной программы инвестиций  
и финансирования в случае стремления к доходу (млн руб.)

Момент времени <i>t</i>	0	1	2	3	4
<i>Базовые платежи</i>	500	0	0	0	0
<i>Инвестиции</i>					
Проект 1 (0,6117 раз)		-305,86	-550,52	764,62	214,1
Проект 2 (1 раз)	-800	80	160	320	520
Проект 3 (1 раз)	-700	500	300	-200	220
Проект 6 (1,3667 раз)		-136,67	144,87		
<i>Финансирование</i>					
Проект 1 (1 раз)	1 000	-80	-388	-388	-388
Проект 5 (3,94 раз)			394	-433,4	
Изыятия	0	57,47	60,35	63,22	66,1
Остаточное имущество					500

Таблица 186  
**Денежные потоки проектов модернизации (млн руб.)**

Момент времени $t$	0	1	2	3	4	5
Проект 1	-800	40	-200	700	300	300
Проект 2	-400	-300	600	150	210	100
Проект 3	-1 200	1 800	-200	60	-450	
Проект 4	-750	-250	120	880	300	300
Проект 5	-200	120	20	80	30	40

времени  $t = 1$ . При третьем кредите речь идет о ссуде, которую нужно возвращать методом аннуитета, ее величина не превышает 600 млн руб. Ставка процентов составляет 8%, срок погашения — 3 года. Ни один из проектов модернизации не имеет смысла осуществлять более одного раза.

1. Составить денежные потоки этих трех предположений финансирования. При этом округлить платежи должника до целых чисел.

2. Сформулировать проблему принятия решения как задачу линейной оптимизации и составить базовую таблицу.

3. Определить приносящую максимальные доходы программу инвестиций и финансирования и составить для нее полный финансовый план.

#### Р е ш е н и е

1. Общий долг в рамках первого кредита при 10% и сроке 5 лет составляет

$$1\,000 \cdot 1,1^5 = 1\,610,51 \text{ (млн руб.)}.$$

Для второго кредита со сроком 3 года и ставкой 7% весь долг с процентами равен

$$1\,000 \cdot 1,07^3 = 1\,225,04 \text{ (млн руб.)}.$$

Для третьего кредита верно следующее:

$$600 = R a_{3,8\%}; \quad R = \frac{600}{a_{3,8\%}} = \frac{600}{2,577097} = 232,82 \text{ (млн руб.)}.$$

Тогда денежные потоки этих трех видов финансирования имеют вид, представленный в табл. 187.

2. Базовая таблица линейного программирования выглядит так, как показано в табл. 188. Но пока проблема еще не решена, а лишь сформулирована математически в соответствии с методом линейного программирования.

3. Данную проблему принятия решения несложно решить, например, в пакете *Mathematica*. Для этого набираем в нем следующий текст программы:

Таблица 187  
**Денежные потоки нескольких видов финансирования (млн руб.)**

Момент времени <i>t</i>	0	1	2	3	4	5
Финансирование 1	1 000	0	0	0	0	-1 611
Финансирование 2	0	1 000	0	0	-1 225	0
Финансирование 3	600	-233	-233	-233	0	0

Таблица 188

Базовая таблица для линейного программирования при одновременном инвестиционном и финансовом планировании в случае стремления к доходу

		Проекты модернизации									
	$x_1^I$	$x_2^I$	$x_3^I$	$x_4^I$	$x_5^I$	$x_6^I$	$x_7^I$	$x_8^I$	$x_9^I$	$x_{10}^I$	
1											
2	-800	-400	-1 200	-750	-200	-100					
3	40	-300	1 800	-250	120	105	-100				
4	-200	600	-200	120	20		105	-100			
5	700	150	60	880	80			105	-100		
6	300	210	-450	300	30				105	-100	
7	300	100		300	40					105	
8	1										
9		1									
10			1								
11				1							
12					1						
13											
14											
15											



```

NMaximize[{x19, -800*x1-400*x2-1200*x3-750*x4-200*x5
-100*x6+1000*x11+600*x13+100*x14-x19== -300,
40*x1-300*x2+1800*x3-250*x4+120*x5+105*x6-100*x7
+1000*x12-233*x13-116*x14+100*x15-x19==400,
-200*x1+600*x2-200*x3+120*x4+20*x5+105*x7-100*x8-233*x13
-116*x15+100*x16-x19==500,
700*x1+150*x2+60*x3+880*x4+80*x5+105*x8-100*x9-233*x13
-116*x16+100*x17-x19==200,
300*x1+210*x2-450*x3+300*x4+30*x5+105*x9-100*x10
-1225*x12-116*x17+100*x18-x19== -800,
300*x1+100*x2+300*x4+40*x5+105*x10-1611*x11-116*x18-x19
>= -700, x1<=1, x2<=1, x3<=1, x4<=1, x5<=1, x11<=1, x12<=1,
x13<=1, x1>=0, x2>=0, x3>=0, x4>=0, x5>=0, x6>=0, x7>=0, x8>=0,
x9>=0, x10>=0, x11>=0, x12>=0, x13>=0, x14>=0, x15>=0, x16>=0,
x17>=0, x18>=0, x19>=0}, {x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10,
x11, x12, x13, x14, x15, x16, x17, x18, x19}]

```

Табл. 189 показывает решение. Целевая функция в оптимуме принимает значение  $Y = 160,38$  млн руб. Отсюда можно разработать приведенный в табл. 190 полный финансовый план.

Таблица 189

**Значения переменных в оптимуме**

<i>Деятельность</i>	<i>Уровень деятельности</i>
Проект 2	1
Проект 3	0,1241
Проект 4	1
Проект 5	1
Вложение денег под 5% в $t = 3$	3,1736
Вложение денег под 5% в $t = 4$	2,3201
Финансирование 1	0,7593
Финансирование 2	1
Финансирование 3	1
Кредит под 16% в $t = 2$	1,782

Таблица 190

Полный финансовый план для оптимальной программы инвестиций  
и финансирования в случае стремления к доходу (млн руб.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	4	5
Базовые платежи	300	-400	-500	-200	800	1 700
Проект 2	-400	-300	600	150	210	100
Проект 3	-148,91	223,38	-24,82	7,45	-55,84	0
Проект 4	-750	-250	120	880	300	300
Проект 5	-200	120	20	80	30	40
Вложение денег под 5%				-317,36	333,23	
Вложение денег под 5%					-232,01	243,6
Финансирование 1	759,29	0	0	0	0	-1 223,22
Финансирование 2	0	1 000	0	0	-1 225	0
Финансирование 3	600	-233	-233	-233	0	0
Кредит под 16%			178,2	-206,71		
Изытия	160,38	160,38	160,38	160,38	160,38	160,38
Остаточное имущество						1 000



## Задача 8

Используем условия задачи 5. Только теперь инновационные проекты с 1 по 4 и проект финансирования 1 неделимы. При этом инновационные проекты 1 и 2 взаимно исключают друг друга. Далее, кредит 1 можно получить лишь тогда, когда осуществляется инновационный проект 2. Найти оптимальную программу инвестиций и финансирования и составить для нее полный финансовый план.

**Р е ш е н и е.** Формализованная модель в отношении целевой функции, а также условий ликвидности и количества проектов соответствует представленному в задаче 5 подходу. К этому добавляются следующие ограничения.

**Условия целочисленности.**

$$\{x_1^I, x_2^I, x_3^I, x_4^I, x_1^F\} \subset \mathbb{Z}.$$

**Логические условия.** Инновационные проекты 1 и 2 несовместимы. Логическое “или” означает, что лишь один из двух проектов можно осуществлять. Но одновременно один из обоих проектов должен быть реализован. Эту связь можно описать посредством условий

$$\begin{aligned}x_1^I + x_2^I &= 1, & \{x_1^I, x_2^I\} &\subset \mathbb{Z}; \\x_1^I &\leq 1; & x_2^I &\leq 1.\end{aligned}$$

Если  $x_1^I = 1$ , тогда должно быть  $x_2^I = 0$ , и если  $x_1^I = 0$ , тогда должно быть  $x_2^I = 1$ . Иначе условия нарушены. Если мы хотим сделать так, чтобы при некоторых условиях ни один из проектов не реализовывался, то тогда условия должны выглядеть как

$$\begin{aligned}x_1^I + x_2^I &\leq 1, & \{x_1^I, x_2^I\} &\subset \mathbb{Z}; \\x_1^I &\leq 1; & x_2^I &\leq 1.\end{aligned}$$

Здесь ограничение не нарушено и тогда, когда и  $x_1^I = 0$  и  $x_2^I = 0$ . Условие лишь предотвращает совместную реализацию обоих проектов ( $x_1^I = 1$  и  $x_2^I = 1$ ).

Наконец, финансирование 1 можно получить лишь тогда, когда осуществляется инновационный проект 2. Эту связь можно описать посредством условий

$$\begin{aligned}x_2^I - x_1^F &\geq 0, & \{x_2^I, x_1^F\} &\subset \mathbb{Z}; \\x_2^I &\leq 1; & x_1^F &\leq 1.\end{aligned}$$

Посредством этих условий предотвращается ситуация, при которой мы берем кредит 1 ( $x_1^F = 1$ ) и одновременно отказываемся от инновационного проекта 2 ( $x_2^I = 0$ ). С другой стороны эти условия позволяют осуществление инвестиции ( $x_2^I = 1$ ) и одновременный отказ от кредита ( $x_1^F = 0$ ).

Теперь проблема полностью сформулирована. Решая поставленную таким образом задачу частично целочисленного программирования, получим следующие значения для переменных решения:

$$\begin{aligned}x_1^I &= 0; & x_2^I &= 1; & x_3^I &= 1; & x_4^I &= 0; \\x_5^I &= 0; & x_6^I &= 4,8; & x_7^I &= 5,598; & x_8^I &= 3,0339; \\x_1^F &= 1; & x_2^F &= 0; \\x_3^F &= 0; & x_4^F &= 0; & x_5^F &= 0; & x_6^F &= 0.\end{aligned}$$

При этом оптимальное значение целевой функции составляет  $C_4^* = 673,59$  млн руб. Результат можно проверить в пакете *Maple*:

```
> restart;with(simplex):
for x2 from 0 to 1 do for x3 from 0 to 1 do
for x9 from 0 to 1 do
w:=[subs(maximize(350*x1+520*x2+220*x3-1090*x4+106*x8
-388*x9-832*x10-110*x14,
{-800*x2-700*x3-300*x4-100*x5+1000*x9+600*x10+100*x11
=-500,
-500*x1+80*x2+500*x3+700*x4+106*x5-100*x6-80*x9-110*x11
+100*x12=20,
-900*x1+160*x2+300*x3+350*x4+106*x6-100*x7-388*x9
-110*x12+100*x13=21,
```

```

1250*x1+320*x2-200*x3+170*x4+106*x7-100*x8-388*x9
-110*x13+100*x14=22,
350*x1+520*x2+220*x3-1090*x4+106*x8-388*x9-832*x10
-110*x14>=23,
x1<=1,x2<=1,x3<=1,x4<=2,x10<=1,x1+x2<=1,x2-x9>=0},
NONNEGATIVE),
350*x1+520*x2+220*x3-1090*x4+106*x8-388*x9-832*x10
-110*x14),
maximize(350*x1+520*x2+220*x3-1090*x4+106*x8-388*x9
-832*x10-110*x14,
{-800*x2-700*x3-300*x4-100*x5+1000*x9+600*x10+100*x11
=-500,
-500*x1+80*x2+500*x3+700*x4+106*x5-100*x6-80*x9-110*x11
+100*x12=20,
-900*x1+160*x2+300*x3+350*x4+106*x6-100*x7-388*x9
-110*x12+100*x13=21,
1250*x1+320*x2-200*x3+170*x4+106*x7-100*x8-388*x9
-110*x13+100*x14=22,
350*x1+520*x2+220*x3-1090*x4+106*x8-388*x9-832*x10
-110*x14>=23,
x1<=1,x2<=1,x3<=1,x4<=2,x10<=1,x1+x2<=1,x2-x9>=0},
NONNEGATIVE),x2,x3,x9]; od od od;
> w;
> evalf(w,9);
[673.591280,{x13=0.,x1=0.,x8=3.03388000,x12=0.,
x7=5.59800000,x6=4.80000000,x5=0.,x11=0.,x4=0.,x10=0.,
x14=0.},1.,1.,1.]

```

Итак, оптимальным является осуществление инновационных проектов 2 и 3, а также финансовых инвестиций 6, 7 и 8 при финансировании этих проектов посредством кредита 1. Полный финансовый план для этого решения представлен в табл. 191.

## Задача 9

Какие дополнительные связи необходимы для обеспечения следующих связей между инновационными проектами?

Таблица 191

Полный финансовый план для оптимальной программы инвестиций и финансирования в случае стремления к имуществу при необходимости частичного представления результатов в виде целых чисел (млн руб.)

Момент времени $t$	0	1	2	3	4
<i>Базовые платежи</i>	500	0	0	0	0
<i>Инвестиции</i>					
Проект 2 (1 раз)	-800	80	160	320	520
Проект 3 (1 раз)	-700	500	300	-200	220
Проект 6 (4,8 раз)		-480	508,8		
Проект 7 (5,598 раз)			-559,8	593,39	
Проект 8 (3,0339 раз)				-303,39	321,59
<i>Финансирование</i>					
Проект 1 (1 раз)	1 000	-80	-388	-388	-388
Изъятия	0	20	21	22	23
Остаточное имущество					650,59

1. Если мы реализуем проект 1, то должен быть реализован и проект 2.

2. Если мы отказываемся от проекта 1, то тогда проект 2 должен быть обязательно реализован.

3. Проект 1 допускается к реализации лишь в том случае, если будут реализованы также проекты 2 и 3.

4. Проект 1 нельзя осуществить, если осуществляется либо проект 2, либо проект 3.

#### Р е ш е н и е

1. Для решения задачи рекомендуется сначала составить так называемую “таблицу истинности” — см. табл. 192.

Таблица 192

**Таблица истинности 1**

Проект 1	Проект 2	
0	0	Истина
0	1	Истина
1	0	Ложь
1	1	Истина

В этой таблице истинности 1 можно легко выяснить, что справедливы следующие дополнительные ограничения:

$$\begin{aligned}x_2 - x_1 &\geq 0, & \{x_1, x_2\} &\subset \mathbb{Z}; \\ 0 \leq x_1 &\leq 1; & 0 \leq x_2 &\leq 1.\end{aligned}$$

2. Опять начнем с подходящей таблицы истинности (табл. 193) и выведем из нее дополнительные ограничения

$$\begin{aligned}x_1 + x_2 &\geq 1, & \{x_1, x_2\} &\subset \mathbb{Z}; \\ 0 \leq x_1 &\leq 1; & 0 \leq x_2 &\leq 1.\end{aligned}$$

3. Таблица истинности, которая отражает обсуждаемый сейчас случай, соответствует табл. 194.

Таблица 193

Таблица истинности 2

Проект 1	Проект 2	
0	0	Ложь
0	1	Истина
1	0	Истина
1	1	Истина

Таблица 194

Таблица истинности 3

Проект 1	Проект 2	Проект 3	
0	0	0	Истина
0	0	1	Истина
0	1	0	Истина
0	1	1	Истина
1	0	0	Ложь
1	0	1	Ложь
1	1	0	Ложь
1	1	1	Истина

Мы получаем из таблицы истинности 3 следующие дополнительные ограничения:

$$(0,5x_2 + 0,5x_3) - x_1 \geq 0, \quad \{x_1, x_2, x_3\} \subset \mathbb{Z};$$

$$0 \leq x_1 \leq 1; \quad 0 \leq x_2 \leq 1; \quad 0 \leq x_3 \leq 1.$$

4. В последнем случае мы используем табл. 195 и получаем

$$x_1 + x_2 \leq 1; \quad x_1 + x_3 \leq 1; \quad \{x_1, x_2, x_3\} \subset \mathbb{Z};$$

$$0 \leq x_1 \leq 1; \quad 0 \leq x_2 \leq 1; \quad 0 \leq x_3 \leq 1.$$

Таблица 195

Таблица истинности 4

Проект 1	Проект 2	Проект 3	
0	0	0	Истина
0	0	1	Истина
0	1	0	Истина
0	1	1	Истина
1	0	0	Истина
1	0	1	Ложь
1	1	0	Ложь
1	1	1	Ложь

### Задача 10

Руководство завода предполагает провести комплекс организационно-технических мероприятий с целью модернизации производства. Мероприятия предполагают соответствующие затраты производственных, трудовых и финансовых ресурсов с их экономической отдачей (табл. 196). На реализацию всех мероприятий завод может выделить трудовых ресурсов — 1300 чел.-дней, финансовых ресурсов — 1 млрд руб., производственных площадей — 700 м<sup>2</sup>.

Какие мероприятия следует провести, чтобы общий экономический эффект был максимальным, и какова тогда его величина?

**Решение.** Делим все показатели на 100. Обозначаем мероприятия: закупка станков —  $x_1, \dots$ , разработка АСУП —  $x_6$ . Приходим к целочисленной задаче линейного программирования с булевыми переменными:

$$\begin{aligned} \max Z &= 130x_1 + 30x_2 + 80x_3 + 120x_4 + 25x_5 + 150x_6; \\ \begin{cases} 3,5x_1 + 2,5x_2 + x_3 + 2x_4 + 1,3x_5 + 8x_6 \leq 13, \\ 4x_1 + 0,9x_2 + 0,6x_3 + 3x_4 + 5x_6 \leq 10, \\ 1,3x_1 + 3x_3 + 1,5x_4 + 1,5x_5 + x_6 \leq 7, \\ 0 \leq x_j \leq 1, \quad x_j \in \mathbb{Z} \quad (j = \overline{1,6}). \end{cases} \end{aligned}$$

Таблица 196

## Исходные данные по модернизации производства

Мероприятие	Трудовые ресурсы (чел.-дней)	Финансовые ресурсы (млн руб.)	Производственные площади (м <sup>2</sup> )	Экономический эффект (млн руб.)
Закупка станков с ЧПУ	350	400	130	13 000
Текущий ремонт	250	90	—	3 000
Монтаж транспортного конвейера	100	60	300	8 000
Установка рельсового крана	200	300	150	12 000
Ввод системы контроля качества	130	—	150	2 500
Разработка АСУП	800	500	100	15 000



Данную задачу можно решить, например, в пакете *Maple*:

```
> m[1]:=0:
> for x1 from 0 to 1 do for x2 from 0 to 1 do
for x3 from 0 to 1 do for x4 from 0 to 1 do
for x5 from 0 to 1 do for x6 from 0 to 1 do
130*x1+30*x2+80*x3+120*x4+25*x5+150*x6; if
130*x1+30*x2+80*x3+120*x4+25*x5+150*x6>m[1] and
3.5*x1+2.5*x2+x3+2*x4+1.3*x5+8*x6<=13 and
4*x1+0.9*x2+0.6*x3+3*x4+5*x6<=10 and
1.3*x1+3*x3+1.5*x4+1.5*x5+x6<=7 then
m:=[130*x1+30*x2+80*x3+120*x4+25*x5+150*x6,
x1,x2,x3,x4,x5,x6] fi; od od od od od od;
> m;
[375,0,0,1,1,1,1]
```

Таким образом, необходимо провести следующие мероприятия модернизации производства: 1) монтаж транспортного конвейера, 2) установка рельсового крана, 3) ввод системы контроля качества, 4) разработка АСУП. Общий экономический эффект такого комплекса организационно-технических мероприятий составит 37,5 млрд руб.

## Задача 11

Сформулировать модель одновременного инвестиционного и производственного планирования при стремлении к имуществу, которая отличается от представленной в параграфе 9.15 в следующем пункте: в каждый момент времени планового периода возможны дезинвестиции. Для этого нужно сделать следующее.

- Составить основополагающую структуру полного финансового плана.
- Определить подходящие обозначения для переменных решений и для констант.
- Дополнить целевую функцию и дополнительные ограничения основной модели.

- Включить в модель новые дополнительные ограничения, которые не позволят осуществление дезинвестиций перед приобретением соответствующего оборудования.

**Решение.** Если в каждый момент времени планового периода возможны дезинвестиции, то во все моменты времени могут возникнуть поступления от ликвидации, и полный финансовый план будет иметь по сравнению с основной моделью (табл. 157) изображенную в табл. 197 картину. Поступления от ликвидации в определенный момент времени зависят от:

- а) количества проданного оборудования (переменной решения),
- б) цены продажи оборудования определенного типа с соответствующим возрастом (является константой).

По сравнению с основной моделью мы используем следующие дополнительные символы:

$w_{jtt'}$  — количество объектов типа  $j$ , которые были приобретены в момент времени  $t'$  и будут проданы в момент времени  $t$  (ед.);

$L_{jtt'}$  — выручка от ликвидации одного объекта типа  $j$ , если он покупается в момент времени  $t'$  и продается в момент времени  $t$  (ден. ед.);

$\underline{t'}$  — самый отдаленный в прошлое момент приобретения оборудования (лет);

$U_{jt'}$  — количество уже существующих к началу планового периода агрегатов типа  $j$ , которые были приобретены в момент времени  $t'$  (ед.).

Изменения и дополнения, которые нужно произвести в основной модели после этой подготовительной работы, касаются целевой функции, условий ликвидности, условий производства и условий агрегирования.

**Целевая функция.** Поступления от ликвидации в целевой функции нужно лишь выразить в новых символах. Поступления от дезинвестиций в момент времени  $t = n$  сейчас выглядят как

Структура поступлений и выплат в полном финансовом плане при одновременном инвестиционном и производственном планировании

$t = 0$	$0 < t < n$	$t = n$
Базовые платежи	Базовые платежи	Базовые платежи
Поступления от ликвидации	Поступления от продаж	Поступления от продаж
Выплаты за приобретение инвестиционных объектов	Поступления из кассы	Поступления из кассы
Переменные производственные выплаты	Поступления от ликвидации	Поступления от ликвидации
Выплаты в кассу	Выплаты за приобретение инвестиционных объектов	
Изъятия	Переменные производственные выплаты	
	Выплаты в кассу	
	Изъятия	Изъятия
		Остаточное имущество

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t'=\underline{t}}^{n-1} w_{jnt'} L_{jnt'}.$$

**Условия ликвидности.** В основной модели поступления от ликвидации возникли лишь в соответствующих условиях момента времени  $t = n$ . Сейчас их нужно учесть в форме

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t'=\underline{t}}^{t-1} w_{jtt'} L_{jtt'}$$

в каждый момент времени.

**Условия производства.** Эти ограничения означают, что ни в какой момент времени ни на одном типе оборудования не производится больше, чем позволяют имеющиеся мощности. При учете дезинвестиций существующая в момент времени  $t$  мощность оборудования  $j$  составляет

$$B_j + \sum_{\tau=0}^t Z_j x_{j\tau} - \sum_{\tau=0}^t \sum_{t'=\underline{t}}^t Z_j w_{j\tau t'}.$$

Поэтому производственные условия теперь должны быть записаны в форме

$$\sum_{k=1}^K D_k m_{jkt} - \sum_{\tau=0}^t Z_j x_{j\tau} + \sum_{\tau=0}^t \sum_{t'=\underline{t}}^t Z_j w_{j\tau t'} \leq B_j.$$

**Условия агрегирования.** Пока модель описана не полностью. Мы должны еще вывести условие, что продается лишь такое оборудование, которое или имелось с самого начала, или было приобретено в промежуточный период. Оно выводится с помощью дополнительного учета условий агрегирования. Непосредственно перед тем, как приобретенные в момент времени  $t'$  машины типа  $j$  будут проданы, их запас составляет

$$U_{jt'} + x_{jt'} - \sum_{\tau=t'}^{t-1} w_{j\tau t'}.$$

Это сальдо начального запаса, закупок и уже осуществленных продаж. В момент времени  $t$  дезинvestированное количество объектов этого типа ни в коем случае не должно превышать этот запас. Поэтому должно быть верно

$$w_{jtt'} \leq U_{jt'} + x_{jt'} - \sum_{\tau=t'}^{t-1} w_{j\tau t'},$$

или после соответствующего преобразования —

$$\sum_{\tau=t'}^t w_{j\tau t'} - x_{jt'} \leq U_{jt'}.$$

Такие условия объекта предусмотрены для всех типов объектов и всех моментов времени их приобретения.

## Глава 10

### Планирование инновационной деятельности методом реальных опционов

#### 10.1. Недостатки традиционной DCF-технологии

В настоящее время метод дисконтированных денежных потоков проекта (DCF-технология) и оценка NPV наиболее популярны среди менеджеров большинства корпораций. Критерий NPV напрямую связан с целью собственников и финансовых менеджеров — максимизацией ценности компании. Он показывает, насколько должны увеличиться благосостояние собственников компании, ее рыночная (экономическая) ценность, если компания примет проект.

Однако все ли факторы ценности при таком подходе принимаются во внимание? Многие считают, что нет. *Экономическая ценность*, определенная как приведенная ценность свободных денежных потоков, не учитывает таких стратегических аспектов, как перспективы будущего роста и качество управления, возможность проявить управленческую гибкость при осуществлении проектов.

Поэтому в противовес экономической ценности некоторые ученые и практики предлагают ввести более полное понятие *стратегической ценности бизнеса*, которое не ограничивается только денежными потоками, непосредственно относящимися к анализируемому проекту, но охватывает и ценность стратегических перспектив, которые могут быть получены от его осуществления. В чем отличие и преимущество такого подхода?

Разберем практическую ситуацию.

**Пример 78.** Специализацией Каракорумского автомобильного завода является выпуск микролитражных автомобилей, основным конкурентным преимуществом которых является низкая цена. Поэтому неудивительно, что важнейшей стратегической задачей завода его руководство считает удешевление производства, комплектующих деталей и системы сбыта производимых автомобилей.

Если проанализировать модельный ряд автомобилей, выпускаемых заводом, то можно сделать вывод, что именно на удешевление были направлены научно-исследовательские и опытно-конструкторские изыскания последнего десятилетия. В частности, по мнению руководства, для завода было бы перспективно организовать собственное производство комплектующих деталей из пластмассы.

Как показывают маркетинговые исследования, рынок комплектующих деталей для микролитражных автомобилей неуклонно растет. Это связано с ростом объемов производства таких машин. Вместе с тем доля изделий из пластмассы в общей стоимости машкомплекта также растет. Последнее, видимо, обусловлено и технологической необходимостью, и предпочтениями большинства потенциальных потребителей.

В регионе существует ряд факторов, позволяющих организовать пластмассовое производство комплектующих деталей, в частности:

- имеющиеся запасы углеводородного сырья и развитая система их добычи;
- крупнейшие в Европе мощности по переработке нефти и газа;
- заинтересованность органов региональной власти в реализации продукции более высоких переделов, чем исходное сырье;
- наличие рабочей силы и управленческих кадров высокой квалификации.

Все перечисленное и легло в основу бизнес-идеи проекта производства пластмассовых изделий на автомобильном заводе. Проектом предусмотрены закупка двух термопластавтоматов у канадской компании *GGG Packaging Systems*, их поставка и организация производства изделий из полистирола и полипропилена (поставщик полимеров — АО «Энскнефтехим»).

Для проекта разработаны два сценария дальнейшего развития в зависимости от ожидаемого спроса:

- 1) оптимистичный — предполагает умеренно-высокий спрос на автомобили и умеренный спрос на рынке комплектующих (запчастей);

2) пессимистичный — умеренно-низкий спрос на автомобили и отсутствие спроса на рынке комплектующих деталей.

Денежные потоки проекта для обоих сценариев представлены в табл. 198.

Таблица 198

**Денежные потоки проекта для оптимистичного и пессимистичного сценариев (тыс. руб.)**

Сценарий развития	Величина денежного потока по годам				
	0	1	2	3	4
Оптимистичный	-5 206	2 078	3 233	3 556	5 533
Пессимистичный	-5 206	88	456	669	703

Как полагают менеджеры компании, оба сценария развития проекта равновероятны. Стоимость капитала равна 20% годовых.

Требуется оценить проект с помощью критерия NPV и построить однозвенное бинарное дерево решений.

Инвестиции в проект составляют величину  $K = 5\,206$  тыс. руб. Ценность активов проекта в 1-м году будет равна:

- при оптимистичном сценарии

$$S_{1,\text{opt}} = 2\,078 + \frac{3\,233}{1,2} + \frac{3\,556}{1,2^2} + \frac{5\,533}{1,2^3} = 10\,443,58 \text{ (тыс. руб.)};$$

- при пессимистичном сценарии

$$S_{1,\text{pes}} = 88 + \frac{456}{1,2} + \frac{669}{1,2^2} + \frac{703}{1,2^3} = 1\,339,41 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Ожидаемую ценность бизнеса в 1-м году можно вычислить как

$$E[S_1] = S_{1,\text{opt}} p_{\text{opt}} + S_{1,\text{pes}} p_{\text{pes}},$$

где  $p_{\text{opt}}$  и  $p_{\text{pes}}$  — вероятности оптимистичного и пессимистичного развития событий.



Тогда в начале срока проекта

$$E[S_0] = \frac{10\,443,58 \cdot 0,5 + 1\,339,41 \cdot 0,5}{1,2} = 4\,909,58 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Следовательно,

$$NPV = E[S_0] - K = 4\,909,58 - 5\,206 = -296,42 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Это могло бы означать, что проект невыгоден и его надо отвергнуть. Нарисуем для наглядности дерево ценности, или дерево решений, для данного проекта (рис. 83).

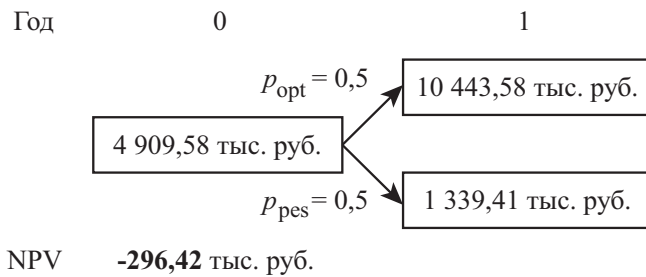


Рис. 83. Дерево ценности проекта (DCF-технология)

Что можно было бы сказать о результатах такого анализа? Очевидно, что проект невыгоден. Но смущают два обстоятельства.

Во-первых, ни один из сценариев не дает результата, который получается при усреднении. Это значит, что с вероятностью 0,5 при осуществлении такого проекта мы получим более весомый отрицательный результат, чем тот, который рассчитали. А с вероятностью 0,5 упустим очень выгодный проект, который, возможно, будет аномально доходным.

Некоторые предприниматели считают, что если иногда очертя голову вы не будете бросаться в такие проекты, то мифы о сказочном обогащении в отношении вас так и останутся мифами. С этой точки зрения риск является фактором, способствующим ценности проекта,

поскольку дает надежду (пусть и нетвердую) на получение аномальных доходов.

Традиционный же DCF-анализ рассматривает риск исключительно как негативный фактор (вспомните модель CAPM: за больший риск предприниматели назначают более высокий уровень доходности и дисконтируют денежные потоки проекта по более высокой ставке).

Во-вторых, в данном анализе никак не оценивалась роль менеджеров, управляющих проектом. По традиционной концепции все, что должен делать менеджер, — это следить за тем, чтобы проект осуществлялся по заранее определенному наиболее вероятному сценарию. На самом деле активный менеджер может сделать гораздо больше. В частности, в его власти:

- сократить, приостановить или остановить негативные процессы, которые могут начаться при осуществлении проекта;
- развить позитивные черты проекта, тиражировать его опыт на других объектах;
- отсрочить проект до получения новой информации, имеющей коммерческую ценность;
- изменить корпоративную, инновационную или финансовую стратегию в соответствии с новыми условиями;
- сократить в контрактах негативную сторону рисков, увеличив позитивную;
- воспользоваться новыми возможностями финансирования проектов и корпорации, оперативно изменять структуру и стоимость капитала.

Все это делается не случайным образом, а в соответствии с целью проекта, поэтому, как правило, увеличивает его эффективность. Рассмотрим более подробно эти дополнительные возможности.

## 10.2. Опционы на сокращение и на выход из бизнеса (проекта)

**Опцион на сокращение бизнеса.** Первая из таких возможностей — это единичное или поэтапное сокращение бизнеса или проекта в случае, если ситуация развивается по нежелательному сценарию и проект терпит убытки. Такая возможность существует не у каждого проекта, и в разных проектах она присутствует в различной степени.

Например, если инициатор связан долгосрочными обязательствами, фиксирующими объемы и цены поставок или закупок, то сократить бизнес, даже если это и целесообразно, не всегда возможно. Напротив, если организационно и технологически проект легко может быть сокращен, это может придать ему дополнительную привлекательность.

Возможность на каком-то этапе сократить объем производства называется *реальным опционом на сокращение*. В проектах с высоким риском его присутствие может быть очень желательным, поскольку способно снизить потенциальные убытки, поэтому естественно, что этот опцион может придать дополнительную ценность такому проекту.

Рассмотрим, как можно было бы оценить этот дополнительный эффект в конкретной ситуации.

**Пример 78 (продолжение).** Вернемся к проекту Каракорумского автомобильного завода. Пусть по поводу поставляемого оборудования известно, что оно может работать в двух режимах — облегченном и нормальном. Переход на облегченный режим способен снизить производительность оборудования и сократить денежные потоки на 20%. Вместе с тем он потребует небольших дополнительных инвестиций и вмененных издержек (остановка, регулирование, пусконаладочные работы). По оценке они составляют 82 тыс. руб.

Изменится ли при таком условии эффективность инновационного проекта?

Очевидно, нет. При оптимистичном развитии событий сокращать бизнес (да еще тратить на это деньги) было бы бессмысленно. При пессимистичном же варианте все денежные потоки после 1-го года положительны, поэтому сокращать производство в 1-й год тоже

невыгодно — это означает сокращать возможность окупить какую-то часть вложенных инвестиций.

Действительно, при сокращении производства на 20% получим, что ценность бизнеса при пессимистичном сценарии равна

$$S_{1, \text{pes}} = 88 + (1\,339,41 - 88)(1 - 0,2) - 82 = 1\,007,13 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Здесь 88 тыс. руб. — денежный поток, получаемый по результатам 1-го года;  $1\,339,41 - 88$  (тыс. руб.) — ценность денежных потоков последующих лет (2, 3, 4-го годов), она сокращается на 20%; 82 тыс. руб. — вложения капитала в сокращение бизнеса.

Поскольку 1 007,13 тыс. руб. (ценность сокращенного бизнеса) меньше 1 339,41 тыс. руб. (ценность бизнеса в прежнем объеме), сокращение бизнеса невыгодно.

Опцион на сокращение бизнеса имел бы ценность, если бы в пессимистичном варианте все потоки проекта были отрицательными (например, его ценность была бы равна не плюс, а минус 1 339,41 тыс. руб.). Тогда, сократив бизнес, инициаторы проекта могли бы сократить свои убытки.

Действительно, предположим, что денежные потоки проекта в пессимистичном сценарии были бы такими же по абсолютной величине, но отрицательными. Тогда дерево ценности для проекта выглядело бы так, как на рис. 84.

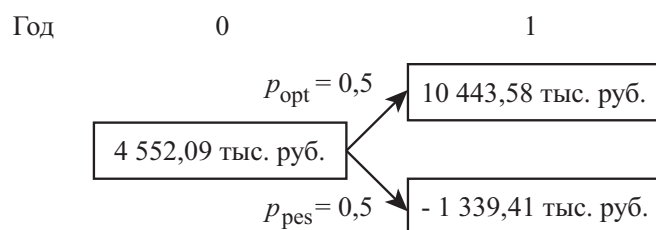


Рис. 84. Дерево ценности проекта с убытками в пессимистичном сценарии

Ценность сокращенного бизнеса в пессимистичном сценарии была бы равна

$$S_{1,\text{pes}} = -88 + (-1\,339,41 + 88)(1 - 0,2) - 82 = -1\,171,13 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Поскольку  $-1\,171,13$  тыс. руб. немного лучше, чем  $-1\,339,41$  тыс. руб., было бы лучше сократить бизнес (хотя и в этом случае выгода от сокращения, как видно из расчетов, была бы небольшой).

**Опцион на выход из бизнеса (проекта).** Для потенциально убыточных проектов, как правило, более ценной является возможность полностью покинуть бизнес (остановить проект), получить за него ликвидационную стоимость и тем самым полностью (а не частично) избавиться от убытков, ожидаемых в будущем. Такая возможность называется реальным опционом на выход.

Аналогия реальных опционов с их прототипами на финансовых рынках очевидна. Пут-опцион — это право продать актив по фиксированной цене в будущем. Представленные далее реальные опционы — это возможность продать бизнес (или его часть) по фиксированной цене (фиксированной или взятой по консервативной оценке ликвидационной стоимости) через определенное время после начала проекта.

Примером опциона на выход является не только возможность выхода из проекта. Это могут быть также различные положения заключаемых договоров, позволяющие при определенных условиях выйти из них (опционы на выход из контракта). Это также страхующие гарантии об обратных закупках товара в случае, если на него не будет рыночного спроса.

**Пример 78** (продолжение). Пусть у Каракорумского автомобильного завода в течение года есть возможность продать полный комплект формовочного оборудования компании АО “ЗП ЭРА”, которая занимается производством пластмассовой игрушки. Таким образом, можно ликвидировать проект.

Руководство этого АО выразило заинтересованность в такой сделке. К сожалению, данная компания не может похвастаться большой платежеспособностью и цена, которую она готова реально заплатить за термопластавтоматы, невелика. Чистая выгода от ликви-

дации проекта в 1-й год не превысит 1 500 тыс. руб. (что чрезвычайно мало по сравнению с инвестициями автозавода в проект, которые согласно данным табл. 198 составили 5 206 тыс. руб.).

Изменит ли данная возможность выхода (опцион на выход из бизнеса) расчетный эффект от проекта?

Дерево ценности проекта без опционов, как мы помним, выглядит так, как это показано на рис. 83.

Если ход проекта будет соответствовать оптимистичным ожиданиям, выходить из проекта незначем. Если же реализуется пессимистичный сценарий, то менеджмент встанет перед дилеммой: продолжить проект или выйти из него?

В случае продолжения ценность бизнеса составит 1 339,41 тыс. руб., как следует из построенного дерева ценности проекта. В случае ликвидации будет получен денежный поток 1-го года 88 тыс. руб. и чистая ценность ликвидации 1 500 тыс. руб. Итого

$$S_{1,\text{pes}} = 88 + 1500 = 1588 > 1339,41 \text{ (тыс. руб.)},$$

следовательно, выгоднее ликвидировать бизнес.

Дерево ценности проекта с опционом на выход будет выглядеть так, как это показано на рис. 85.

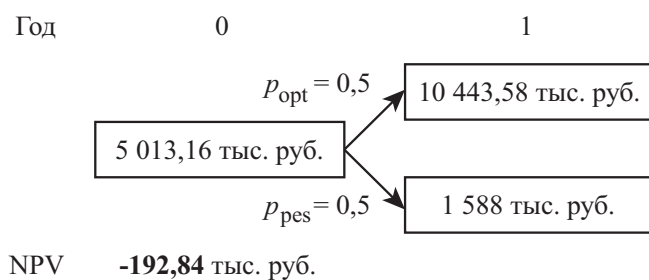


Рис. 85. Дерево ценности проекта с опционом на выход из него

Чистая выгода от возможности покинуть бизнес (премия за пут-опцион) составит

$$\Delta P_0 = NPV_{\text{new}} - NPV_{\text{old}} = -192,84 + 296,42 = 103,58 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Хотя возможность выйти из бизнеса повысила его ценность, она не сделала эффект от проекта положительным. Проект в целом по-прежнему невыгоден.

**Дерево решений для проекта и для опциона.** Таким образом, для того, чтобы рассчитать ценность опциона, надо сначала построить бинарное дерево решений (дерево ценности) для базисного проекта. Затем следует понять, какое влияние могут оказать те или иные решения на результат проекта, т. е. построить такое же дерево для проекта с учетом влияния опционов. И наконец, рассчитав эффект проекта с учетом опционов, отнять от него базисный эффект без их учета. Так можно получить ценность самого реального опциона.

Можно пойти по другому пути. После того, как будет построено базисное дерево решений, второе дерево можно строить уже для самого опциона. Для этого в узлах дерева надо оценить эффект, получаемый непосредственно от самого опциона, а не от комбинации “проект + опцион”. Результат расчета по такому дереву даст эффект опциона (а не проекта с опционом).

**Пример 78 (продолжение).** Построим дерево ценности пут-опциона. Для этого оценим эффект, который может принести этот опцион при осуществлении оптимистичного и пессимистичного сценариев.

Если ход проекта будет соответствовать оптимистичным ожиданиям, выходить из проекта незачем и пут-опцион не даст никакого эффекта. В случае же реализации пессимистичного сценария эффект от опциона будет

$$\Delta P_{1,\text{pes}} = 1\,588 - 1\,339,41 = 248,59 \text{ (тыс. руб.)}$$

Построим тогда на рис. 86 дерево ценности опциона. Ценность этого пут-опциона

$$\Delta P_0 = \frac{0 \cdot 0,5 + 248,59 \cdot 0,5}{1,2} = 103,58 \text{ (тыс. руб.)}$$

что соответствует ранее полученному результату.

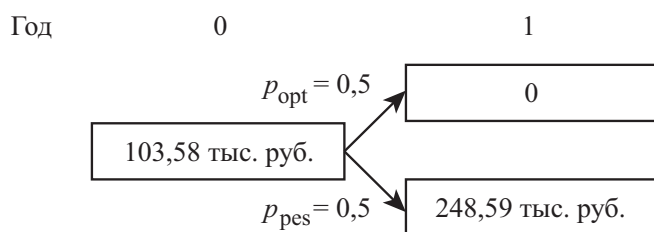


Рис. 86. Дерево ценности опциона на выход из проекта

### 10.3. Опционы на развитие и тиражирование опыта

**Опцион на развитие проекта (бизнеса).** Другой вариант для менеджмента улучшить характеристики проекта — это способность увеличить отдачу от него в случае благоприятного стечения обстоятельств.

Например, менеджеры могут иметь возможность увеличения производственной мощности в случае избыточного спроса на продукт проекта. Такая возможность похожа на обыкновенный колл-опцион.

В случае если вы покупаете колл-опцион, вы получаете право через некоторое время (или в течение определенного времени) вложить фиксированную сумму денег в базисный актив (сколько бы он ни стоил) и получить его.

Если вы имеете возможность расширить выпуск продукта проекта, то вы также фактически получаете своеобразный “опцион” — право на то, чтобы вложить дополнительную сумму денег в развитие производства в благоприятных для этого обстоятельствах и получить дополнительный эффект от проекта.

Таким образом, если у проекта не точно определен спрос и возможен его “всплеск” в будущем, то иметь такой реальный колл-опцион было бы очень полезно и это добавило бы привлекательности инновационному проекту.



**Пример 78** (продолжение). Вернемся к проекту Каракорумского автомобильного завода. Отдачу от проекта можно увеличить, если помимо двух комплектов формовочного оборудования приобрести, поставить и смонтировать установку по утилизации отходов и, таким образом, организовать производство пластмассовых изделий по безотходной технологии. Менеджеры компании полагают, что удобнее всего это можно сделать по результатам 1-го года, когда будет ясно, по какому из сценариев (оптимистичному или пессимистичному) развивается проект. Для этого в проект необходимо вложить еще 1 225 тыс. руб. По оценке разработчиков, денежные потоки проекта при этом повысятся на 20% и соответственно увеличится ценность бизнеса.

Как изменит это дополнительное условие эффективность инновационного проекта?

При осуществлении пессимистичных ожиданий в рамках данной задачи увеличивать бизнес бессмысленно.

В оптимистичном сценарии мы получим, что

- если в проект не вкладывать дополнительные 1 225 тыс. руб., то ценность его активов в 1-й год составит 10 443,58 тыс. руб. (см. рис. 85);
- если в проект вложить эту сумму денег, ценность активов, учитывая данные табл. 198, будет

$$S_{1,opt} = 2078 + (10\,443,58 - 2078)(1 + 0,2) - 1\,225 = \\ = 10\,891,7 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Здесь 2 078 тыс. руб. — это денежный поток 1-го года при реализации оптимистичного сценария.

Поскольку 10 891,7 тыс. руб. > 10 443,58 тыс. руб., выгоднее увеличить ценность бизнеса путем утилизации его отходов. Дерево ценности проекта будет выглядеть при этом так, как это показано на рис. 87.

Проект все еще невыгоден, т. к. его эффект (NPV) отрицателен, хотя уже и близок к нулю. А ценность опциона на развитие бизнеса

$$\Delta C_0 = NPV_{new} - NPV_{old} = -6,12 + 192,84 = 186,71 \text{ (тыс. руб.)}.$$

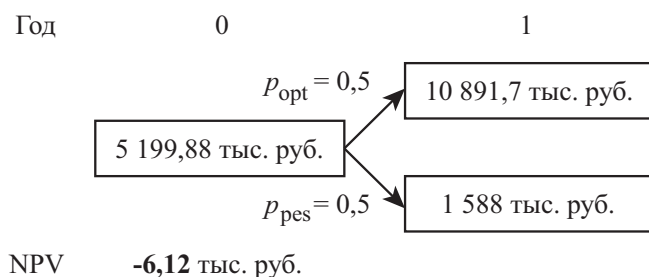


Рис. 87. Дерево ценности проекта с опционами на выход из него и на его развитие

Существует много разновидностей реального колл-опциона на развитие бизнеса (проекта). Приведем некоторые из них.

**Возможность наращивания бизнеса.** Помимо возможности увеличить проектную мощность на действующем объекте, которую мы только что обсуждали в примере 78, к этому классу реальных колл-опционов можно отнести проекты, осуществляемые с целью выхода на новые рынки.

В этом случае первая (пилотная) часть инвестиционной программы является затратами на тестирование свойств нового рынка, с тем чтобы в дальнейшем при получении благоприятных результатов инициатор проекта мог расширить производство и закрепить за собой долю на новом рынке.

Кроме того, проекты венчурного бизнеса тоже можно рассматривать как реальные опционы, поскольку инновационные инвестиции представляют собой вложения фиксированной суммы денег в неопределенные перспективы, которые потенциально могут быть очень привлекательны (а могут стать потерей вложенных сумм).

**Резервные возможности.** К этому классу реальных опционов можно отнести приобретение избыточных активов и избыточные производственные мощности.

Избыточные активы у предприятия могут возникнуть в том случае, если на рынке появляется уникальная возможность их приобре-

тения на выгодных условиях. Тогда, даже если компании сегодня эти активы не нужны, она может приобрести их впрок и использовать в благоприятных обстоятельствах.

Например, риелторская компания может неожиданно для себя получить возможность дешево купить участок земли в Москве. Понимая, насколько это может быть выгодно, такая компания, возможно, приобретет этот участок, даже если на сегодня в этом для нее нет необходимости и неизвестно, появится ли такая необходимость в будущем. Однако если она все-таки появится и рыночные условия, производственные и финансовые возможности окажутся благоприятными, компания будет иметь право вложить деньги в исключительно выгодный проект. Таким образом, приобретение участка представляет собой покупку опциона на будущее развитие.

Избыточная производительность — это дополнительные вложения предприятия в создание большей производственной мощности, чем этого требует проект в его нынешнем состоянии.

Например, компания-авиаперевозчик может иметь больше воздушных судов, чем ей надо сегодня, потому что допускает, что спрос на рынке авиаперевозок может возрасти, и тогда ей понадобятся резервные самолеты.

А, например, брокерская компания, вводящая для своих клиентов систему интернет-трейдинга в режиме *online*, возможно, захочет предусмотреть в проекте более высокую пропускную способность такой системы, чем этого требует нынешний состав клиентов, потому что допускает возможность расширения клиентуры и рынка таких услуг.

**Промышленные испытания и научные исследования** также являются разновидностью реальных колл-опционов.

Действительно, вложения денег в любые фундаментальные или прикладные исследования представляют собой реальный опцион на те доходы, которые эти исследования могут повлечь в будущем.

Например, разрабатывая новое лекарство, проводя маркетинговые исследования, вкладывая деньги в объекты интеллектуальной собственности, компания заботится о том, чтобы закрепить за собой права на те выгоды, которые повлекут эти вложения, если увенчаются успехом.

При успешном завершении, например, научных исследований или пробных испытаний компания может вложить деньги в производство нового продукта или услуги в промышленном масштабе.

И наоборот, если результаты окажутся неудачными, это приведет к потере вложений в исследования (т. е. к потере премии за этот реальный опцион). С этой точки зрения стоимость патентов, лицензий и тому подобных нематериальных активов можно оценить как ценность реальных опционов.

**Бронирование** и прочие гарантии, фиксирующие цену и условия поставки в контрактах в будущем, зачастую также могут иметь цену как реальные опционы.

Например, пусть некоторое туристическое агентство полагает, что в летний период цены на поездки, скажем, в Италию могут существенно возрасти из-за роста спроса со стороны российских клиентов. Агентство может обратиться к туристическому оператору с просьбой о том, чтобы не повышать цены выше определенного предела, и оплатить при этом часть стоимости поездок в счет будущих покупок уже сейчас. Таким образом, оно выплатит цену реального опциона на будущую покупку туров по фиксированным ценам.

Поэтому если в двусторонних контрактах возникают положения, ограничивающие риски кого-либо из участников, эти ограничения имеют определенную ценность для того, кто ими пользуется. Эта ценность может быть определена методом реальных опционов.

**Опцион на тиражирование опыта.** Близким по сути и по содержанию к опциону на развитие проекта является опцион на тиражирование опыта. Это также реальный колл-опцион, который отражает стратегические возможности развития компании в будущем.

Однако, в отличие от предыдущего опциона, он показывает не возможность расширения конкретного инновационного проекта, а способность использовать опыт данного проекта на других объектах. Как правило, если такой опцион существует, он оказывает значительное влияние на эффективность исходного проекта.

**Пример 78** (продолжение). Вернемся к проекту Каракорумского автомобильного завода и продолжим его условие.

Проект развертывания пластмассового производства на автомобильном заводе имеет, как мы знаем, два сценария развития — оптимистичный и пессимистичный. Однако менеджерами компании этот проект рассматривается как пилотный в том смысле, что, если в течение ближайшего года реализуются оптимистичные ожидания, на свободных производственных площадях завода можно будет разместить еще два термопластавтомата и установку по утилизации отходов. Возможность приобретения оборудования в течение года сохранится. Предполагается, что если этот первый проект окажется удачным, то удачным будет и его развитие.

Как это условие изменит результат оценки данного проекта?

Как мы помним, два автомата плюс их доставка и установка стоят 5 206 тыс. руб., а вложения в утилизацию отходов — 1 225 тыс. руб. Таким образом, в развитие проекта предполагается вложить в конце 1-го года  $5\,206 + 1\,225 = 6\,431$  (тыс. руб.).

Ожидаемая ценность активов нового проекта в конце 1-го года его осуществления в этом случае составит 10 891,7 тыс. руб. Это результат оптимистичного сценария развития проекта 1, который, как ожидается, будет повторен проектом 2. NPV проекта 2 в этом случае составит

$$NPV_1^{(2)} = \frac{10\,891,7}{1,2} - 6\,431 = 2\,645,42 \text{ (тыс. руб.)} > 0.$$

Итак, при оптимистичном сценарии проекта 1 проект 2 выгоден. Таким образом,

- если проект 1 не оправдает надежд (реализуется пессимистичный сценарий), он будет свернут в 1-й год. Ценность его активов в этом случае, как мы показали на рис. 85 и 87, составит 1 588 тыс. руб.;
- если результат проекта 1 по итогам 1-го года будет оптимистичным, ценность активов будет равна 10 891,7 тыс. руб. Кроме того, начнется проект 2 и его  $NPV_1^{(2)} = 2\,645,42$  тыс. руб. в 1-й год добавится к ценности проекта 1:

$$S_{1,\text{opt}} = 10\,891,7 + 2\,645,42 = 13\,537,12 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Дерево ценности проекта 1 с учетом возможности выхода на проект 2 будет выглядеть так, как это показано на рис. 88.

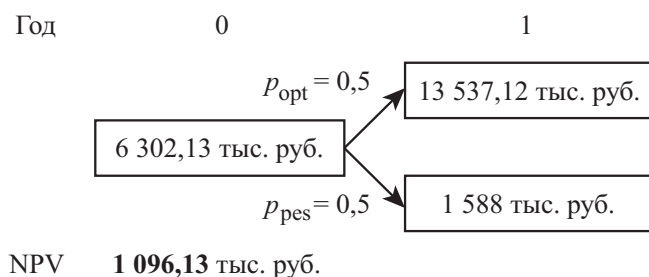


Рис. 88. Дерево ценности проекта с опционами на выход из него, на его развитие и на тиражирование опыта

*Выводы:*

1. Возможность тиражирования опыта сделала эффект от проекта 1 положительным. Проект выгоден, поскольку он является первым шагом в реализации программы развития нового бизнеса на предприятии. При этом ценен не только его эффект, но и та информация, которую он дает по поводу успеха возможных будущих проектов.

2. Ценность возможности расширения, или премия за опцион на тиражирование опыта проекта 1, составляет

$$\Delta C_0 = NPV_{\text{new}} - NPV_{\text{old}} = 1\,096,13 + 6,12 = 1\,102,25 \text{ (тыс. руб.)}.$$

#### 10.4. Опционы на переключение и временную остановку бизнеса

**Опционы на переключение и временную остановку проекта как факторы гибкости бизнеса.** Еще одним (зачастую основным) фактором управленческой гибкости, способным повлиять на ценность компании, является адаптивность проекта к изменяющимся условиям. Это во многом зависит от характеристик той отрасли, в которой осуществляется проект.

Если, например, проект заключается в строительстве алюминиевого завода и последующей его эксплуатации, то при падении цен на алюминий невозможно будет переориентировать такое производство на какой-то другой вид деятельности, рынок и т. п. Остановить завод тоже не всегда возможно, т. к. такая остановка может привести к потере факторов производства (например, квалифицированной рабочей силы), нарушению технологического процесса, потребовать больших затрат на остановку и новый запуск проекта. Поэтому такой завод будет продолжать работать даже в те периоды, когда его деятельность будет убыточной.

Однако в некоторых видах бизнеса временная остановка или переориентация на другой вид деятельности вовсе не так опасна по своим последствиям. Например, если компания занимается разработкой программного обеспечения для управления производством в автомобильной промышленности, то в случае выхода заказчика из договора многие создаваемые ею процедуры могут быть использованы в каком-то другом бизнесе. Если заказчик временно прекратит финансирование проекта строительства коттеджного поселка в этом году, к нему можно будет вернуться в будущем без больших потерь.

**Виды переключения бизнеса.** Возможно несколько вариантов переключения бизнеса.

Во-первых, это может быть переключение на другую технологию.

Так, получение электроэнергии в отдаленном поселке может происходить с помощью установленных там ветроэлектростанций, и это может быть наиболее дешевым вариантом энергоснабжения, однако в качестве резерва может быть сохранена возможность получения электричества от центральной линии электропередачи. Резервный вариант энергоснабжения может повысить устойчивость проекта к авариям, потерям мощности, т. е. улучшит характеристики проекта.

Во-вторых, это может быть переключение на другой рынок, т. е. на другой вид продукции, другой регион, страну, другой тип потребителя.

Наконец, в-третьих, может быть осуществлен переход на иной масштаб деятельности, что по своей сути является опционом на развитие и на сокращение бизнеса.

Пример 78 (продолжение). Вернемся к проекту Каракурмского автомобильного завода. Основной проект предусматривал развитие производства запчастей и комплектующих для микролитражных автомобилей. Но прогноз рынка комплектующих изделий из пластмассы для микролитражных автомобилей недостаточно надежен. Однако, в случае если подтвердятся худшие ожидания, есть возможность переориентировать оборудование проекта на производство товаров из полистирола и полипропилена массового спроса.

В частности, возможный ассортимент включает:

- ПЭТ-тару для безалкогольных напитков, пива, минеральной воды, растительного масла;
- канцелярские принадлежности и чертежные инструменты;
- конструкторы, детские игрушки, в том числе со встроенной электроникой;
- одноразовую посуду из пластмассы.

Известны каналы сбыта и потенциальные оптовые покупатели перечисленной продукции, высказывающие большую заинтересованность в ее поставках.

Дерево ценности для этой технологии (технологии  $Y$ , в отличие от исходной технологии  $X$ ) с учетом всех вышеперечисленных опционов представлено на рис. 89. Дерево показывает ценность развития технологии  $Y$ , начиная с 1-го года осуществления проекта. Два сценария отражают два прогноза спроса на пластмассовые изделия — *оптимистичный* и *пессимистичный*. При этом переключение с технологии  $X$  на технологию  $Y$  требует дополнительного вложения капитала в сумме 500 тыс. руб. (покупка дополнительного оборудования, монтаж, опытно-конструкторские работы).

Каким образом возможность переключения может сказаться на эффекте проекта?

При оптимистичном сценарии развития событий нет необходимости переходить с технологии  $X$  на технологию  $Y$ , ведь результат деятельности в рамках новой технологии

$$S_{1,opt} = 2078 + 11\,000 - 500 = 12\,578 \text{ (тыс. руб.)}$$



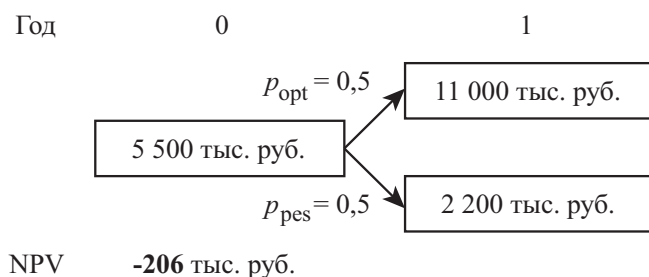


Рис. 89. Дерево ценности технологии  $Y$  переключения бизнеса

будет меньше, чем по исходной технологии, т. е. 13 537,12 тыс. руб. Здесь 2 078 тыс. руб. — это денежный поток 1-го года реализации проекта по технологии  $X$ ; 500 тыс. руб. — цена перехода на технологию  $Y$ ; 13 537,12 тыс. руб. — рыночная ценность активов для технологии  $X$  (рис. 88).

При пессимистичном варианте развития событий:

- технология  $X$  даст рыночную ценность активов 1 588 тыс. руб.;
- переход на технологию  $Y$  в 1-й год даст результат

$$S_{1,pes} = 88 + 2\,200 - 500 = 1\,788 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Здесь 88 тыс. руб. — это денежный поток 1-го года реализации проекта по технологии  $X$ . Поскольку 1 788 тыс. руб. > 1 588 тыс. руб., лучшим является переход на технологию  $Y$ .

Таким образом, в случае развития событий по пессимистичному сценарию правильнее будет не ликвидировать активы проекта (и исполнить пут-опцион), а переключиться на производство товаров народного потребления из пластмассы. При этом дерево ценности будет выглядеть так, как это показано на рис. 90. А ценность опциона на переключение составит

$$\Delta C_0 = NPV_{new} - NPV_{old} = 1\,179,47 - 1\,096,13 = 83,34 \text{ (тыс. руб.)}.$$

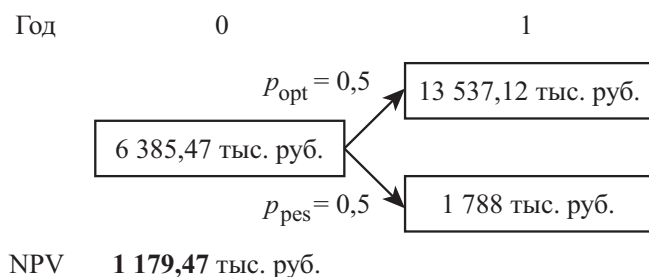


Рис. 90. Дерево ценности проекта с опционами на выход из него, на его развитие, на тиражирование опыта и не переключение бизнеса

### 10.5. Опцион на отсрочку начала проекта

Проект со всеми его опционами может начаться раньше или позднее. Если решение надо принимать немедленно, у инициатора нет времени на то, чтобы собрать необходимую информацию, оценить все факторы за и против проекта и соответственно принять более обоснованное решение.

Поэтому инвесторы больше ценят проект, в котором нет спешки, который оставляет время на размышление перед принятием ответственного решения. С методологической точки зрения это означает, что реальный колл-опцион на осуществление инновационного проекта в будущем может стоить дороже, чем сам проект, который надо начать немедленно.

**Пример 78 (продолжение).** Предположим, Каракорумский автомобильный завод обеспечил себе эксклюзивные права на приобретение и распространение на российском рынке оборудования компании *GGG Packaging Systems*. Именно эта компания поставляет, как мы помним, все оборудование для рассматриваемого проекта. Период эксклюзивности продлится еще один год. При этом покупка конкурентами подобного оборудования у альтернативных поставщиков и развертывание в течение года такого же производства пластмассовых изделий очень маловероятны.

Таким образом, у автомобильного завода есть в запасе еще один год, чтобы подумать и принять решение о начале проекта. В течение года можно осуществить маркетинговые исследования стоимостью 531,22 тыс. руб. В результате исследований возможно точно предсказать, какой из сценариев будет реализован, и в случае пессимистического прогноза отказаться от проекта.

Какова ценность возможности такой отсрочки?

В данной ситуации мы меняем проект, который надо начать немедленно, на опцион на этот проект. В пессимистическом сценарии мы через год откажемся от проекта (эффект равен 0). В случае оптимистического сценария мы начнем проект, чистая приведенная стоимость которого составит

$$NPV_1 = \frac{13\,537,12}{1,2} - 5\,206 = 6\,074,93 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Здесь 13 537,12 тыс. руб. — стоимость активов проекта через год после его начала при оптимистическом развитии событий; 5 206 тыс. руб. — инвестиции в проект.

На рис. 91 показано дерево ценности данного опциона на проект.

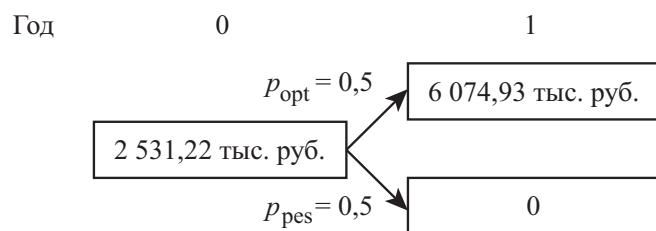


Рис. 91. Дерево ценности опциона на отсрочку начала проекта

Ценность опциона равна

$$C_0 = \frac{6\,074,93 \cdot 0,5 + 0 \cdot 0,5}{1,2} = 2\,531,22 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Из этой суммы надо отнять издержки на получение маркетинговой информации, чтобы получить чистый эффект от проекта (опциона на проект):

$$APV = 2\,531,22 - 531,22 = 2\,000 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Эффект права отсрочки проекта равен разнице чистого эффекта проекта с отсрочкой и проекта без права отсрочки:

$$\Delta C_0 = APV - NPV_{\text{old}} = 2\,000 - 1\,179,47 = 820,53 \text{ (тыс. руб.)}.$$

### 10.6. Опцион на опцион. Стадийность осуществления инновационного проекта

**Опцион на опцион.** На финансовом рынке помимо опционов на такие базисные активы, как акции, облигации, реальные активы (золото, нефть, пшеница), могут выпускаться и опционы на производные финансовые инструменты, например, на другие опционы. Покупка такого опциона дает право на приобретение определенного количества базисных опционов через некоторое время или в течение определенного интервала времени по фиксированной цене.

Опционы на опционы могут быть последовательными и параллельными. Случай параллельного опциона предполагает, что и базисный, и производный опционы существуют в одно и то же время. Последовательные опционы возникают тогда, когда выстраивается цепочка опционов и к моменту исполнения опциона 1 выпускается опцион 2, к моменту исполнения опциона 2 — опцион 3 и т. д. При этом каждый последующий опцион является базисным активом по отношению к предыдущему опциону, т. е. каждый предшествующий опцион дает право на покупку следующего.

**Оценка рискованных форм финансирования инновационных проектов.** Еще одним применением реальных опционов для обоснования финансовых решений может быть оценка структурных форм финансирования проектов. Характерным примером является схема LBO (leveraged buyout).

Проект LBO состоит в приобретении готового бизнеса прежде всего за счет заемного капитала. Обслуживание полученного долга

производится из денежных потоков поглощенного бизнеса, т. е. либо за счет продажи его активов, либо за счет доходов от текущей деятельности. Основные этапы, которые могут быть выделены в данной схеме финансирования, представлены на рис. 92.

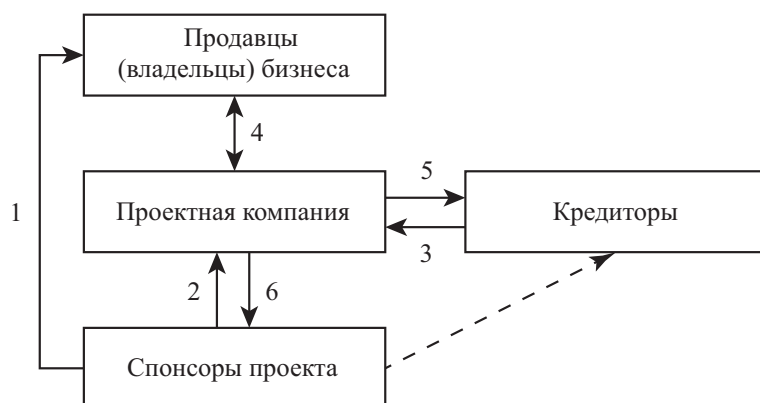


Рис. 92. Основные этапы финансирования проектов LBO

В приведенной схеме цифры обозначают:

- 1 — спонсоры и продавцы бизнеса договариваются о приобретении контрольного пакета акций целевой компании;
- 2 — спонсоры экономически обославляют проект и вкладывают в него часть собственного капитала (при необходимости);
- 3 — против гарантий спонсоров кредиторы предоставляют долг на осуществление проекта LBO;
- 4 — оплата стоимости контрольного пакета и передача бизнеса под контроль проектной компании;
- 5 — обслуживание долга из денежных потоков целевой компании;
- 6 — поступление остаточных денежных потоков в распоряжение спонсоров.

Если проект LBO осуществляется топ-менеджерами компании, то он называется MBO (management buyout).

Для того, чтобы подобные проекты были экономически жизнеспособны, желательно выполнение следующих условий.

1. С целью гарантированного возвращения долга сумма не обремененных обязательствами ликвидных активов заемщика и целевой компании, оцененная по ликвидационной стоимости, должна превышать размер предоставленного для осуществления проекта кредита. Это прежде всего в интересах кредиторов.

2. Условия проектного долга не должны быть слишком жесткими. Если долг будет револьверным (возобновляемым) и шкала его погашения не будет жестко установленной, то любые отклонения от графика погашения задолженности не будут критичны для проекта в целом.

Это важно, т. к. в подобных сделках трудно гарантировать твердое соблюдение этого графика, поскольку высока неопределенность, связанная с временем продажи активов, осуществлением необходимой реорганизации целевой компании и т. п. Это прежде всего в интересах спонсоров проекта.

3. У спонсоров и целевой компании должна быть хорошая история получения денежных потоков в предшествующие периоды времени, а цель поглощения должна быть внятно сформулированной и не слишком сложной с точки зрения путей ее достижения.

4. Необходимо доброжелательное поглощение с заранее известными потребностями в капитале на осуществление проекта и полным покрытием этих потребностей за счет заранее известных источников финансирования.

Если какие-то из этих условий не выполняются, то это источник риска для участников, т. е. причина, по которой сделка может провалиться.

Проекты LBO и MBO для их инициаторов часто являются реальными опционами, особенно если первое из сформулированных выше условий жизнеспособности не выполняется.

Тогда, если сделка удастся, инициаторы приобретают целевую компанию и рассчитываются по проектному долгу из ее денежных потоков.

Если сделка не удастся, инициаторы несут ограниченную ответственность в пределах своих гарантий и суммы вложенного капитала. Поскольку целевая компания сама является реальным опционом, то сделку LBO можно рассматривать как опцион на опцион.

Следует отметить, что в данном случае мы имеем дело с параллельным опционом, т. к. и опцион, и базисный актив существуют в одно и то же время.

**П р и м е р 79.** Специализацией нефтяной компании “Сампонефт” являются:

- добыча, транспортировка, реализация нефти, газа;
- эксплуатация установок комплексной подготовки нефти и газа, сепарационных установок, насосных и компрессорных станций (резервуарных парков) нефтедобывающих комплексов;
- строительство нефтяных и газовых скважин;
- технический надзор за качеством строительства;
- проектирование производств и объемов нефтяной и газовой промышленности, разработка (проектирование) документации на строительство разведочных и эксплуатационных скважин на нефть и газ.

Компания имеет большое значение для развития региона Крайнего Севера РФ, в котором она находится. Сложная транспортная схема завоза грузов сезонного характера вызывает здесь большие сложности и высокие затраты по обеспечению нефтепродуктами, а, следовательно, негативно отражается на себестоимости основной продукции местных предприятий.

Создание производственного комплекса по добыче и переработке нефти на месте дислокации предприятий привело бы к разгрузке действующей транспортной схемы завоза грузов, ликвидации промежуточных баз, резкому сокращению нефтеналивного автотранспорта, существенному сокращению кредитов под сезонный завоз грузов и, как следствие, повышению эффективности работы всех компаний региона.

Именно для решения этой задачи и была создана компания “Сампонефть”. Перспективы ее роста таковы, что уже через год ее денежные потоки могут стабилизироваться, а ценность активов достичь в оптимистическом сценарии — 450 млн руб., в пессимистичном — 320 млн руб. (оба сценария равновероятны). Долг компании равен 350 млн руб. (в оценке через год).

Менеджмент компании планирует выкупить ее акции, получив таким образом 100%-й контроль над данным предприятием. Доходность, которую хотел бы получить предыдущий хозяин предприятия от данной сделки, равна 17% годовых.

Для того, чтобы совершить данную сделку, менеджеры планируют взять кредит под 15% сроком на год на сумму, равную 85% ценности приобретаемого пакета (остальное будет покрыто собственными средствами).

Требуется оценить выгодность данной сделки для менеджеров, если требуемая ими доходность равна 20% годовых.

Рассмотрим акции данной компании как опцион. Его ценность отражается бинарным деревом, представленным на рис. 93, и равна

$$C_0 = \frac{(450 - 350) \cdot 0,5}{1,17} = 42,74 \text{ (млн руб.)}.$$

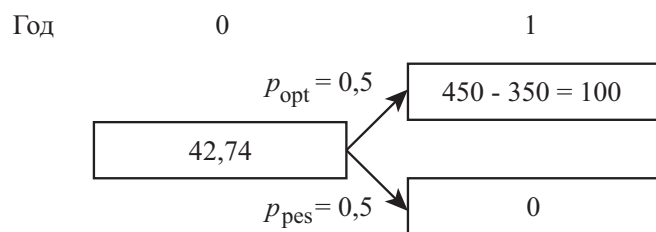


Рис. 93. Дерево ценности опциона на 100%-й пакет акций (млн руб.)

Менеджеры берут кредит на сумму

$$42,74 \cdot 0,85 = 36,33 \text{ (млн руб.)}.$$



Соответственно они финансируют сделку за счет собственного капитала величиной

$$42,74 - 36,33 = 6,41 \text{ (млн руб.)}$$

Осуществляя такую сделку, менеджеры получают реальный колл-опцион на акции предприятия, которые сами по себе, как было показано, являются опционом. Таким образом, мы имеем дело с опционом на опцион.

В оптимистичном варианте развития событий через год менеджеры получают в полную собственность активы на сумму 100 млн руб. и рассчитаются с долгом в сумме

$$36,33 \cdot 1,15 = 41,78 \text{ (млн руб.)}$$

В пессимистичном сценарии все активы компании уйдут на погашение ее долгов и менеджеры не получают ничего.

Таким образом, мы опять получаем бинарное дерево опциона, изображенное на рис. 94.

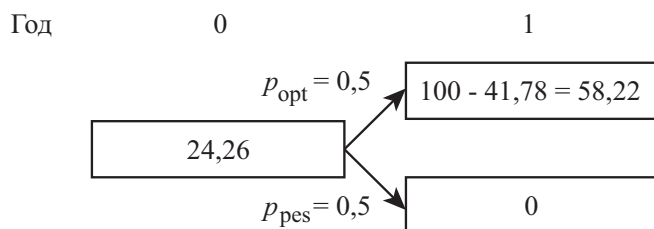


Рис. 94. Дерево ценности параллельного опциона (млн руб.)

Ценность этого опциона

$$C_0 = \frac{(100 - 41,78) 0,5}{1,2} = 24,26 \text{ (млн руб.)}$$

Чистая приведенная ценность сделки LBO (или MBO) для менеджеров составляет

$$NPV = 24,26 - 6,41 = 17,85 \text{ (млн руб.)} > 0 \implies \text{сделка выгодна.}$$

**Опцион на стадийность осуществления проекта.** Последовательная цепочка опционов на финансовом рынке — аналог инновационного проекта, состоящего из нескольких стадий. Каждая предыдущая стадия является прологом и необходимым условием для следующей, и в случае ее успешного завершения инициатор получает право вложить деньги в очередной этап проекта.

Подобных проектов много в инновационных и наукоемких отраслях, где идея проекта предусматривает его деление на этапы с контролем результатов и принятием решения о продолжении проекта на каждом этапе.

Например, так часто поступают венчурные компании, последовательно контролирующие ход осуществления проекта, который они финансируют. Поэтапный контроль позволяет вовремя отказаться от продолжения перспективного бизнеса и сэкономить средства для инвестирования в более многообещающие коммерческие идеи.

Другим примером являются фармацевтические компании. Для того, чтобы вывести на рынок новый препарат, такие корпорации должны провести научные исследования, ряд доклинических и клинических испытаний, длящихся порой десятилетия. Результат каждой стадии может оказаться отрицательным. В этом случае следующие вложения капитала в разработку данного препарата будут нецелесообразны. Положительный результат является правом на осуществление следующей стадии исследований.

В управлении проектами также зачастую стандартной процедурой является разбиение проекта на этапы (например, исследование возможностей, дизайн, конструирование, доводка, эксплуатация). При этом заказчик может контролировать процесс на каждом из этапов, с тем чтобы более или менее оперативно решать вопрос о финансировании следующей стадии. Каждая из стадий имеет свой бюджет, и его расходование — это оплата права на дальнейшее развитие.

**Пример 80.** В процессе региональных геолого-съёмочных и геофизических работ масштаба 1 : 25 000 специалистами горно-геологического предприятия было выявлено медно-никелевое рудопроявление. Определение по методу аналогий параметров гипотетического месторождения в самом общем виде дало возможность

подсчитать прогнозные ресурсы условного никеля по категории P2. На основе этих данных были оценены ожидаемые капиталовложения, текущие затраты, ориентировочная производительность и срок эксплуатации возможного месторождения.

Оказалось, что инвестиции в развитие месторождения, приведенные к моменту начала разработки, составили (по оценке) 15 млн долл., приведенная ценность чистых денежных притоков от эксплуатации месторождения — 25 млн долл. Таким образом, чистая приведенная ценность проекта на данном этапе изучения составила

$$NPV = 25 - 15 = 10 \text{ (млн долл.)}.$$

Однако общеизвестно, что подтверждаемость оценок ресурсов категории P2 очень низка. Для того, чтобы месторождение было передано в промышленную эксплуатацию, оно должно быть исследовано более детально, в несколько стадий. Содержание, а также вероятность успеха, стоимость и предполагаемая продолжительность каждой из стадий отражены в табл. 199.

Результатом каждой стадии может быть вывод о том, что:

- a) объект не является месторождением. В этом случае он отбраковывается, а работы прекращаются (отрицательный результат);
- b) положительный экономический эффект невелик. Отработка конкурирующего объекта более целесообразна. Поэтому работы временно прекращаются на неопределенный срок (отрицательный результат);
- c) целесообразно освоение месторождения. В этом случае у горно-геологического предприятия есть возможность продолжить процесс изучения (успех).

Успех каждой предыдущей стадии является правом вложить деньги в следующую стадию геологического изучения.

Требуется оценить целесообразность перехода геологического изучения на стадию “Поиски и оценка”.

Ставка, подходящая для дисконтирования денежных потоков компании, равна (по условию) 10% годовых.

Таблица 199

## Исходные данные о стадиях геологического изучения месторождения

Стадия геологического изучения	Содержание	Срок (продолжительность) (годы)	Заграты, приведенные к началу соответствующей стадии (млн долл.)	Вероятность успеха
Поисково-оценочные работы	Комплекс буровых, геохимических, минералогических и других работ, выявление объектов для предварительной разведки. Уточнение характеристик месторождения, подсчет запасов по категории С3, составление технико-экономического обоснования	1	0,5	0,3
Предварительная разведка	Комплексная разведка и геолого-экономическая оценка для установления целесообразности и очередности промышленного освоения месторождения	1	1	0,6

Окончание табл. 199

Стадия геологического изучения	Содержание	Срок (продолжительность) (годы)	Затрагированные к началу соответствующей стадии (млн долл.)	Вероятность успеха
Детальная разведка	Данная стадия осуществляется только на основании заключения о промышленной ценности месторождения. Проводится комплекс исследований с целью уточнения запасов (категории А, В, С1), уточняется проект разработки месторождения, изучаются технологические свойства горных пород на месторождении и т. п.	2	3,3	0,8

Осуществление детальной разведки дает право через два года после ее начала вложить в развитие объекта 15 млн долл. и получить в обмен на это объект, рыночная ценность которого может достичь 25 млн долл. в оптимистичном варианте ( $p_{\text{opt}} = 0,8$ ), или не вкладывать капитал, если результат оценки будет пессимистичным ( $p_{\text{pes}} = 0,2$ ).

Таким образом, *детальная разведка представляет собой реальный колл-опцион на проект* разработки медно-никелевого месторождения. Бинарное дерево этого опциона показано на рис. 95.

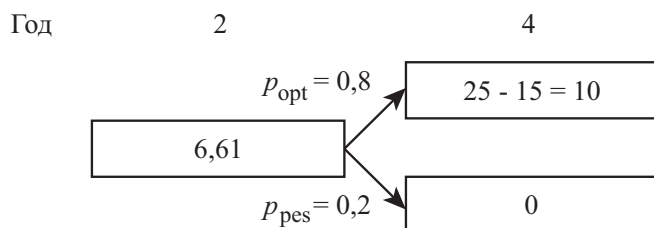


Рис. 95. Дерево ценности опциона на проект разработки месторождения (млн долл.)

Премия за этот опцион

$$C_2 = \frac{10 \cdot 0,8 + 0 \cdot 0,2}{1,1^2} = 6,61 \text{ (млн долл.)}.$$

Поскольку премия за опцион (6,61 млн долл.) больше, чем затраты на его получение (т. е. вложения в детальную разведку в размере 3,3 млн долл.), *при условии успешности стадии предварительной разведки* детальная разведка была бы выгодна.

Чтобы получить право на детальную разведку, компания должна осуществить предварительную разведку месторождения. *Предварительная разведка, таким образом, является реальным колл-опционом на последующий опцион (детальную разведку).*

Если предварительная разведка окажется удачной ( $p_{\text{opt}} = 0,6$ ), то это даст право вложить еще 3,3 млн долл. в детальную разведку через 1 год. Ценность этого права равна 6,61 млн долл. Выгода

от перехода к детальной разведке, таким образом, в оптимистичном варианте составит

$$6,61 - 3,3 = 3,31 \text{ (млн долл.)}.$$

Бинарное дерево этого опциона показано на рис. 96.

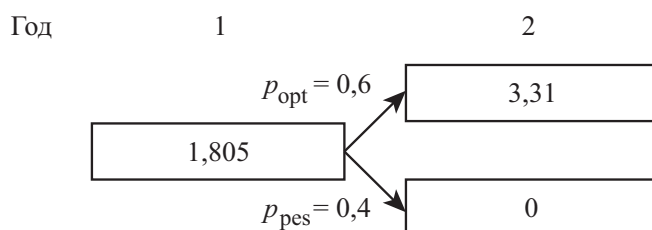


Рис. 96. Дерево ценности опциона на детальную разведку (млн долл.)

Премия за этот опцион

$$C_1 = \frac{3,31 \cdot 0,6 + 0 \cdot 0,4}{1,1} = 1,805 > 1 \text{ (млн долл.)}.$$

Таким образом, *если бы стадия поисково-оценочных работ дала положительный результат*, имело бы смысл начать предварительную разведку.

Теперь собственно о поисково-оценочных работах. Проведение этих работ дает право на вложение денег через 1 год в предварительную разведку. *Поисково-оценочные работы*, таким образом, являются реальным колл-опционом на последующий опцион (предварительную разведку).

Если поиски и оценка окажутся удачными ( $p_{\text{opt}} = 0,3$ ), то это даст право вложить еще 1 млн долл. в предварительную разведку через 1 год. Ценность этого права равна 1,805 млн долл. Выгода от перехода к предварительной разведке, таким образом, в оптимистичном варианте составит

$$1,805 - 1 = 0,805 \text{ (млн долл.)}.$$

Бинарное дерево этого опциона показано на рис. 97.

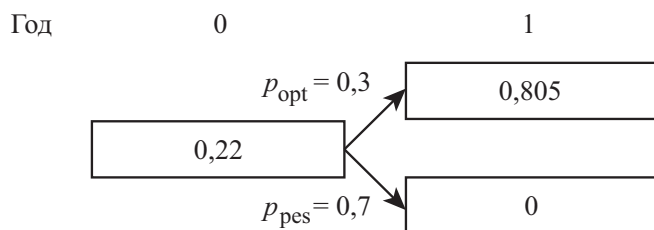


Рис. 97. Дерево ценности опциона на предварительную разведку (млн долл.)

Премия за этот опцион

$$C_0 = \frac{0,805 \cdot 0,3 + 0 \cdot 0,7}{1,1} = 0,22 \text{ (млн долл.)}.$$

Поскольку премия (ценность) этого опциона меньше, чем вложения в него (0,5 млн долл.), можно сделать вывод, что *ценность информации, которую несут поисково-оценочные работы, меньше, чем затраты на нее.*

Следовательно, надо задуматься либо о сокращении затрат на геологическое изучение, либо отказаться от продолжения поисковых и разведочных работ.

### 10.7. Актуальные проблемы оценки инновационных проектов методом ROV

В настоящее время технический прогресс во многом обуславливает повышение материального благосостояния общества. Однако при этом важно правильное понимание процессов внедрения технических и технологических инноваций в социальную деятельность человека, прежде всего в сфере экономического развития общества. Таким образом, экономическое внедрение, в первую очередь, технических инноваций, в ведущих и развивающихся компаниях во многом предопределяет успешность функционирования экономики страны, что непосредственно влияет на повышение материального уровня жизни населения.



В таком контексте создание соответствующих экономических и финансовых технологий успешного внедрения технических инноваций является одной из первоочередных задач производственных компаний. Одним из таких направлений является теория и практика реальных опционов (метод ROV), которые уже достаточно давно используются в бизнесе с того момента, когда опционные технологии фондового рынка были впервые адаптированы к потребностям производства. Сам термин “реальный опцион” ввел в финансовую науку Стюарт Майерс. С тех пор понятие “реального опциона” серьезно прогрессировало, развившись как в отдельное глобальное научное направление, так и в достаточно широкую сферу практического приложения в бизнесе.

Несмотря на широкий охват различных направлений бизнеса технологиями реальных опционов, бум этого метода финансового анализа и стратегического планирования прошел еще в 1990-х годах. Сейчас многие сайты, посвященные реальным опционам, такие, как, например, *www.real-options.com*, выглядят откровенно усталыми, и лишь некоторые из них, такие, как, например, *www.realoptions.org*, продолжают проводить серьезные исследования в этом направлении, но уже в чисто научной сфере, используя для этого все чаще аппарат стохастической финансовой математики.

В выпуске журнала *The Economist* от 14 августа 1999 г. в рамках традиционной странички *Economics Focus* было приведено мнение: реальные опционы смогут получить широкое распространение на практике только после того, как большинство менеджеров будут иметь докторскую степень по прикладной математике. Однако многим ведущим компаниям мира именно использование реальных опционов помогло серьезно обогнать своих конкурентов в бизнесе, значительно увеличив при этом свою рыночную капитализацию. Пожалуй, наиболее ярким примером здесь является компания *Amazon.com*, которую в свое время даже прозвали “шведским столом из реальных опционов”.

Разумное понимание этой проблемы, на наш взгляд, должно предполагать поступательность познания истинных потребностей и задач экономики в целом и бизнеса, в частности. Так, к примеру, уже давно в инструментарий бизнесменов и финансовых аналитиков во-

шло использование в своей работе компьютерного обеспечения, которое значительно ускоряет процессы принятия управленческих решений. Скажем, построить элементарную линейную регрессию для прогнозирования каких-либо экономических показателей сейчас можно почти в любой программе, в том числе и в *MS-Excel*. Другим примером является использование в финансовых расчетах линейного и целочисленного программирования, которые необходимы в ряде инвестиционных задач. Тем не менее, сама теория этих методов подразумевает серьезные познания в области прикладной математики.

Для реальных опционов тоже уже давно существуют соответствующие программные обеспечения, позволяющие достаточно легко ввести исходные данные в программу и быстро получить конечный результат в виде конечной цифры, означающей, например, стоимость реального опциона, которую затем можно, скажем, прибавить к NPV инвестиционного проекта. Такая процедура уже ни у кого из бизнесменов и аналитиков не вызывает внутреннего неприятия, поскольку она элементарна.

Однако этим вовсе не должно исчерпываться использование реальных опционов в практике ведения бизнеса. Причин для этого, на наш взгляд, две.

1. Многие ученые, например, Джулиан Рош, справедливо утверждают, что с реальными опционами связано много чисто технических проблем финансового характера, к числу которых в первую очередь следует отнести то, что значительное число фирм предпочитают иметь в своем арсенале реальные опционы, но при этом их не исполнять. Это приводит к неоправданному завышению ценности инвестиционных и инновационных проектов, которые в реальности могут оказаться даже убыточными. Это негативно влияет на будущую рыночную стоимость такой фирмы.

2. Сам принцип построения и анализа реального опциона должен концентрировать свое внимание прежде всего на постановке финансовой задачи, т. к. неправильно сформулированные инвестором цели однозначно приведут его к ошибочным, а потому неэффективным управленческим решениям. Правильное понимание инвестором того, что он хочет получить от бизнеса, гораздо важнее самих математических методов решения во многом стандартных задач. Попросту

говоря, правильная постановка задачи — это уже наполовину решенная задача.

Учет выше сказанных причин, поможет переместить основное внимание на более адекватное построение реального опциона в целях решения задач инновационного развития компаний. И только после этого возможен выбор наиболее оптимального метода оценки опциона.

Одним из наиболее рациональных подходов к составлению и применению реальных опционов, на наш взгляд, является восприятие их не как европейских опционов, используя для решения модель Блэка–Шоулза, и не как американских, используя для вычислений классическую биномиальную модель, а понимание реального опциона как опциона азиатского, т. е. опциона с изменяющейся ценой исполнения. В параграфе 10.10 мы учитываем это с помощью влияния инфляции, однако проблема далеко не исчерпывается только ей. Реальность использования в бизнесе реальных опционов заключается в том, что продавец опциона (заказчик), подобно покупателю опциона (инвестору), тоже рассчитывает на гибкость в бизнесе и потому ее также просчитывает. В результате получается двусторонняя гибкость для двух юридических лиц опционного контракта.

В связи с этим, не совсем понятно, зачем тогда некоторым критикам теории оценки стоимости реальных опционов (ROV) нужно определение того, что такое “реальный опцион”. В настоящее время в решении этого вопроса примерно такая же ситуация, как, например, в стремлении одинаково определить атомы и молекулы, или, скажем, физику и математику.

Реальные опционы настолько прочно вошли в инвестиционный анализ, что применимы для решения таких различных задач, как, например, планирование замены оборудования фирмы, вычисление стоимости репутации, квалификации топ-менеджеров, стоимости брендов и т. д. Дело в том, что реальные опционы — это уже два совершенно разных самостоятельно развивающихся направления:

- ROV как юридические контракты;
- ROV как метод финансовой оценки почти всего в бизнесе.

## 10.8. Реальные опционы как юридические контракты

Как уже было сказано, для оценки инновационных проектов с учетом возможности изменения условий реализации таких проектов и принятия соответствующих решений можно использовать инструментальный метод реальных опционов (ROV). Реальные опционы дают возможность изменять и принимать решения в будущем в соответствии с поступающей информацией. Это актуально для оценки инновационных проектов в условиях динамичной, быстро меняющейся внешней среды деятельности предприятий и расширения гибкости в принятии управленческих решений. Метод ROV имеет смысл использовать, если:

- менеджеры предприятия способны принимать гибкие управленческие решения при появлении новых данных по проекту;
- результат проекта во многом зависит от принимаемых менеджментом предприятия решений;
- результат проекта подвержен существенной степени неопределенности;
- при оценке проекта по методу дисконтированных денежных потоков значение чистого приведенного дохода (NPV) отрицательно или чуть больше нуля.

Важно также, что использование инструмента реальных опционов позволяет привлечь инвестиции под создание и коммерциализацию инновационного продукта, когда результаты реализации проекта еще не до конца ясны, а неучастие в проекте грозит потерей конкурентоспособности предприятия в будущем.

**Пример 81.** Рассмотрим вариант привлечения инвестиций “под продукт” в автомобильной промышленности. Предположим, что ОАО “КАМАЗ” разрабатывает новую модель грузовика на основе последней модели “Седельный тягач КАМАЗ-5460”, но при этом у предприятия нет уверенности в быстрой востребованности этой модели на рынке автоперевозок. Поэтому предприятие нейтрализует свои

коммерческие риски продаж опционов, которые могут быть переведены в твердые контракты при повышении объема грузоперевозок на данной модели грузовика (рис. 98). Как инвестиционный инструмент, приобретенный инвестором, эти опционы могут быть впоследствии выгодно перепроданы.

Принимая решение о проведении НИОКР, менеджмент предприятия (исследователь — разработчик — производитель) и предполагаемый покупатель (инвестор) находятся в условиях наибольшей неопределенности реализации и коммерческих перспектив. После проведения исследований коммерческие перспективы исходного проекта станут более определенными, и принимать решение будет проще. Однако эта ясность может обернуться как против инвестора, который будет финансировать дополнительное исследование, так и против обладателя прав на ранее полученный результат (исследователя), который может провести исследование за свой счет, без привлечения инвестора.

Если исследование финансирует предполагаемый покупатель прав на ранее полученный результат, причем выясняется высокая коммерческая привлекательность результата, то цена прав на этот результат немедленно будет повышена. Получается, что, финансируя дополнительное исследование, потенциальный покупатель ухудшит свое положение. Аналогичным образом может ухудшить свое положение исследователь, если проведет это исследование за свой счет, а результат окажется отрицательным.

Ситуация меняется в лучшую сторону, если затраты на проведение дополнительного исследования рассматриваются как приобретение благоприятной возможности в виде опциона — права без обязанности. Например, потенциальный покупатель прав на ранее полученный результат соглашается финансировать дополнительное исследование, а в обмен получает право выбирать после его завершения между приобретением исключительных прав по заранее фиксированной цене или отказом от такой сделки. Важно, что цена возможной сделки фиксируется заранее. При этом цена может пониматься широко, т. е. совсем не обязательно понимать цену как фиксированную денежную сумму. Сам платеж не обязательно осуществляется в деньгах. Например, в качестве платы может быть предоставлен

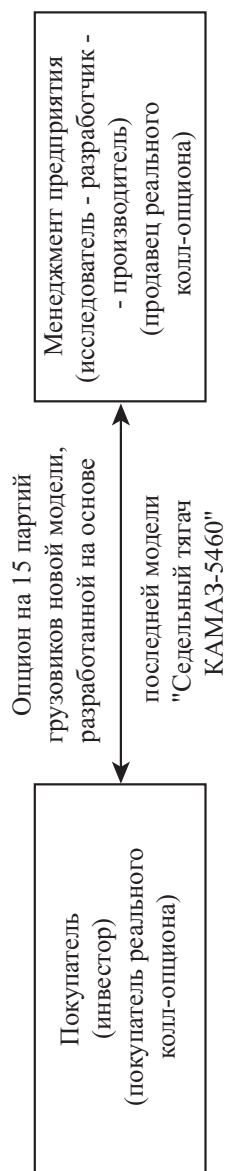


Рис. 98. Участники опционного контракта

новый опцион на проведение НИОКР по теме, определяемой исполнителем, либо другие ресурсы и предпочтения, имеющие реальную стоимость.

Затраты на проведение дополнительного исследования НИОКР и коммерческой эффективности, например, 15 партий грузовиков можно спланировать в твердой денежной сумме, приняв их в размере рыночной стоимости опциона. Для инвестора это будет колл-опцион, и тогда можно оценить его рыночную (текущую) стоимость с использованием соответствующей расчетной модели. Полученная величина может использоваться в качестве стоимости управленческого опциона для оценки реального NPV инновационного проекта:

$$\begin{aligned} & \text{реальный NPV} = \\ & = \text{традиционный NPV} + \text{стоимость управленческого опциона.} \end{aligned}$$

Использование ставшей уже классической модели Блэка–Шоулза для оценки рыночной стоимости реального опциона в условиях российской экономики проблематично, поскольку в нее входит среднеквадратическое отклонение доходности контракта, которое точно спрогнозировать не представляется возможным. Кроме того, модель Блэка–Шоулза применима только для европейских опционов. Мы же предполагаем достаточную гибкость опционного контракта, которая подразумевает возможность исполнения опциона досрочно. В связи с этим возникает задача разработки и применения другой модели. В этом качестве нами предлагается использовать биномиальную модель оценки опциона, которая модифицируется для условий повышенного риска.

Для удобства дальнейших рассуждений введем некоторые обозначения:

- $S_t$  — рыночная цена контракта по истечении периода  $t$  (руб.);
- $r_u$  — ставка наибольшей прогнозируемой инвестором инфляции за период  $t$  (%);
- $r_d$  — ставка наименьшей прогнозируемой инвестором инфляции за период  $t$  (%);
- $r_f$  — безрисковая ставка (ставка рефинансирования) за период  $t$  (%);

$i$  — прогнозируемая предприятием (продавцом реального опциона) ставка инфляции за период  $t$ , зафиксированная в контракте (%);

$K_t$  — цена исполнения опциона по истечении периода  $t$  (руб.);

$C_t$  — цена опциона по истечении периода  $t$  (руб.);

$C_u$  — цена опциона в случае наибольшего роста инфляции (руб.);

$C_d$  — цена опциона в случае наименьшего роста инфляции (руб.);

$C^N$  — цена “живого”, т. е. не исполненного, опциона (руб.);

$C^A$  — цена “мертвого”, т. е. исполненного, опциона (руб.);

$C_u^N$  — цена “живого” опциона в случае наибольшего роста инфляции (руб.);

$C_d^N$  — цена “живого” опциона в случае наименьшего роста инфляции (руб.);

$C_u^A$  — цена “мертвого” опциона в случае наибольшего роста инфляции (руб.);

$C_d^A$  — цена “мертвого” опциона в случае наименьшего роста инфляции (руб.).

Рассмотрим предлагаемую модель, используя перечисленные обозначения. Пусть в настоящий момент времени инвестор и продавец реального опциона рассуждают следующим образом.

1. Инвестор считает, что наименьший годовой темп инфляции в России составит 5%, а наибольший — 55%.

2. Продавец реального опциона прогнозирует годовой темп инфляции в размере 30% и прописывает его в контракте.

После этого опционный контракт составляется с учетом следующих условий.

1. Настоящая рыночная цена контракта:  $S_0 = 15$  млрд руб.

2. Настоящая цена исполнения контракта:  $K_0 = 15$  млрд руб.

3. Общий срок действия контракта составляет два года.

4. Опционный контракт является контрактом американского типа, т. е. может быть исполнен в любой момент общего срока его действия.

5. Контракт подразумевает изменение цены его исполнения ( $K_t$ ) через каждый период  $t$  в зависимости от инфляции  $i$  за соответствующее число периодов.

Из первых двух условий контракта следует, что его

традиционный  $NPV = S_0 - K_0 = 15$  млрд руб. — 15 млрд руб. = 0.



Оценим, каким будет реальный NPV с учетом опционной стоимости контракта.

Чтобы оценить стоимость реального опциона в каждом году общего срока, определим сначала входные параметры модели. При этом в качестве ставки рефинансирования возьмем ее текущее значение в 2011 г. — 7,75%. В результате

$$r_u = 0,55; \quad r_d = 0,05; \quad r_f = 0,0775; \quad i = 0,3.$$

Тогда получаем биномиальный процесс изменения рыночной цены контракта ( $S_t$ ) за два года, представленный на рис. 99. На этом же рисунке показано изменение цены исполнения опциона ( $K_t$ ) по годовой ставке  $i$ .

Согласно классической биномиальной модели цену “живого” опциона можно рассчитать по формуле

$$C_t = \frac{1}{1 + r_f} (pC_{t+1,u} + (1 - p)C_{t+1,d}),$$

где  $p$  — псевдовероятность, определяемая соотношением

$$p = \frac{r_f - r_d}{r_u - r_d}.$$

В противоположность обычной математической вероятности наступления события число  $p$  прямо не оценивается. Его можно вычислить из доходностей  $r_u$  и  $r_d$  и безрисковой процентной ставки  $r_f$ . Для этого не нужны ни структура предпочтений участников рынка, ни информация об их индивидуальных представлениях о вероятностях. Они “остаются в тени”, и поэтому  $p$  если можно интерпретировать вообще, то только как псевдовероятность.

Таким образом, можно оценить стоимость опциона в любом периоде  $t$ , если известны  $C_{t+1,u}$  и  $C_{t+1,d}$  в следующем периоде  $t + 1$ .

Используя формулу для  $C_t$ , можно последовательно рассчитать цены “живого” опциона, начиная со второго года и заканчивая настоящим моментом времени (рис. 100).

Поскольку мы рассматриваем колл-опцион, то во втором году ( $t = 2$ ) его цена вычисляется по формуле

$$C_2^A = \max\{S_2 - K_2, 0\}.$$

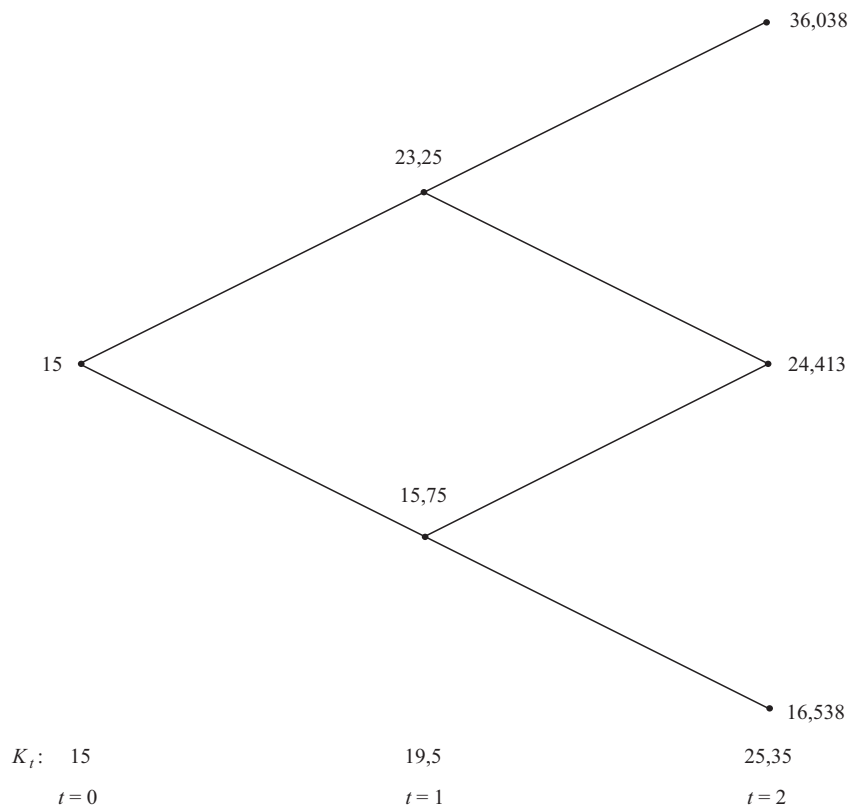


Рис. 99. Изменение рыночной цены контракта за два года (млрд руб.)

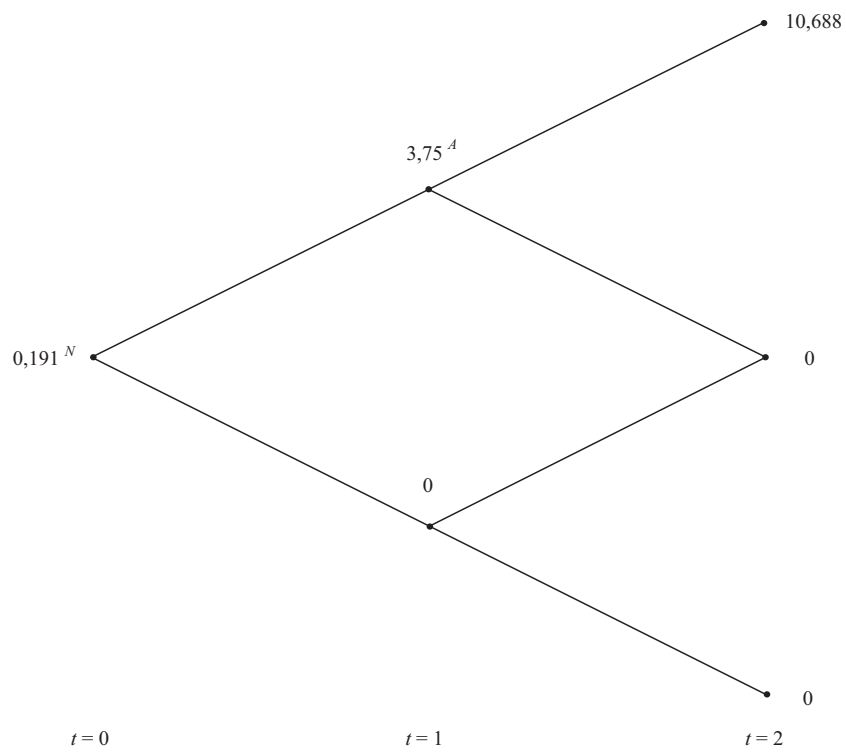


Рис. 100. Изменение цены реального опциона за два года (млрд руб.)

По такому же принципу рассчитывается цена “мертвого” опциона в первом году ( $t = 1$ ).

Рассмотрим метод расчета цены “живого” и “мертвого” опциона в каждом году. Для этого сначала необходимо вычислить псевдовероятности  $p$  и  $1 - p$ :

$$p = \frac{0,0775 - 0,05}{0,55 - 0,05} = 0,055; \quad 1 - p = 0,945.$$

Тогда согласно данным рис. 100 и 99 получаем:

$$C_{1,u}^N = \frac{1}{1,0775} (0,055 \cdot 10,6875 + 0,945 \cdot 0) = 0,545534;$$

$$C_{1,u}^A = 23,25 - 19,5 = 3,75.$$

В году  $t = 1$  в качестве цены опциона в каждой ситуации выбирается наибольшее ее значение. В данном случае в ситуации наибольшего роста инфляции дороже “мертвый” опцион, поэтому его цена выбирается для расчетов в предыдущем году  $t = 0$ .

Ситуация наименьшего роста инфляции в году  $t = 1$  согласно данным рис. 100 не просчитывается, так как цены опциона в году  $t = 2$ , используемые для расчета соответствующей цены опциона в году  $t = 1$ , равны нулю.

Тогда в начале срока

$$C_0^N = \frac{1}{1,0775} (0,055 \cdot 3,75 + 0,945 \cdot 0) = 0,191415.$$

Последняя цифра означает цену реального опциона в млрд руб. в настоящий момент времени.

Нетрудно заметить, что в первом году в той ситуации, где цена опциона ненулевая, дороже “мертвый” опцион, а, значит, в этой ситуации реальный опцион инвестору выгоднее исполнить досрочно.

В случае, если инвестору хотелось бы просчитать свои действия на протяжении более коротких интервалов времени, что позволило бы ему достичь еще большей гибкости в принятии управленческих решений, построим ту же самую модель с теми же входными параметрами для двух случаев: 1) полугодовые периоды времени, 2) квартальные периоды времени.

Для полугодий входные параметры модели изменятся следующим образом:

$$r_u = \sqrt{1,55} - 1 = 0,24499; \quad r_d = \sqrt{1,05} - 1 = 0,024695;$$

$$r_f = \sqrt{1,0775} - 1 = 0,038027; \quad i = \sqrt{1,3} - 1 = 0,140175.$$

Тогда получаем биномиальный процесс изменения рыночной цены контракта ( $S_t$ ) за четыре полугодия, представленный на рис. 101. На этом же рисунке показано изменение цены исполнения опциона ( $K_t$ ) по полугодовой ставке  $i$ .

Используя формулу для  $C_t$ , можно последовательно рассчитать цены “живого” опциона, начиная с четвертого полугодия и заканчивая настоящим моментом времени (рис. 102). Для этого сначала необходимо вычислить псевдовероятности  $p$  и  $1 - p$ :

$$p = \frac{0,038027 - 0,024695}{0,24499 - 0,024695} = 0,060519; \quad 1 - p = 0,939481.$$

Тогда, согласно данным рис. 102 и 101, получаем, что в третьем полугодии в ситуации трехкратного наибольшего роста инфляции

$$C_{3,u^3}^N = \frac{1}{1,038027} (0,060519 \cdot 10,687543 + 0,939481 \cdot 4,310879) =$$

$$= 4,524727;$$

$$C_{3,u^3}^A = 28,82416 - 22,233396 = 6,712623,$$

а в ситуации двукратного наибольшего роста инфляции и одного наименьшего роста инфляции

$$C_{3,u^2d}^N = \frac{1}{1,038027} (0,060519 \cdot 4,310879 + 0,939481 \cdot 0) = 0,251333;$$

$$C_{3,u^2d}^A = 23,82416 - 22,233396 = 1,590764.$$

Остальные две ситуации в третьем полугодии согласно данным рис. 102 не просчитываются, так как цены опциона в четвертом полугодии, используемые для расчетов соответствующих цен опциона в третьем полугодии, равны нулю.

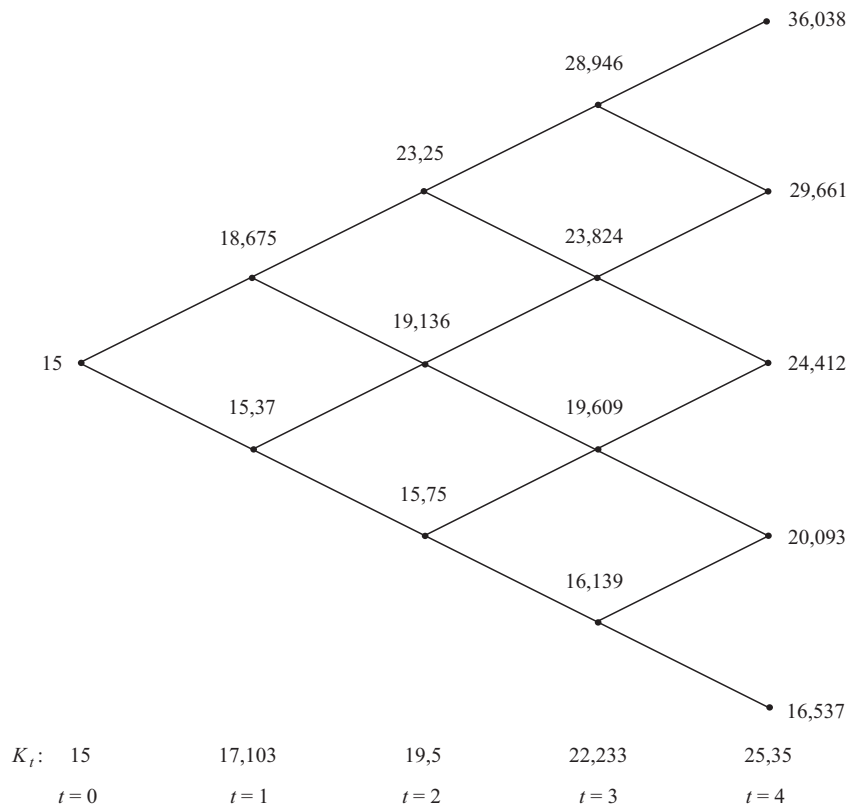


Рис. 101. Изменение рыночной цены контракта за четыре полугодия (млрд руб.)

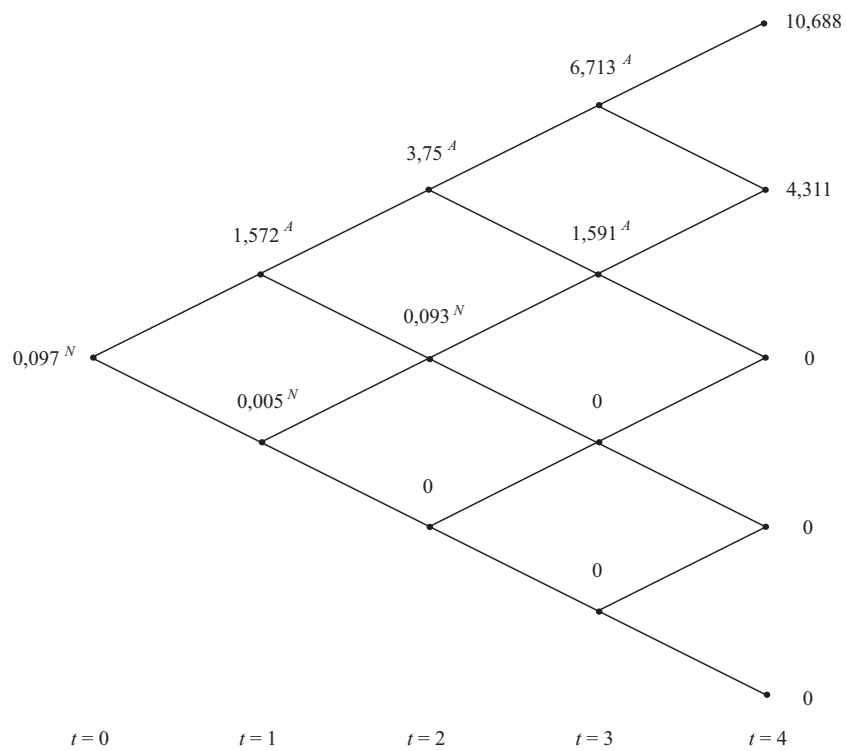


Рис. 102. Изменение цены реального опциона за четыре полугодия (млрд руб.)

Для дальнейших расчетов во втором полугодии используются цены “мертвых” опционов в третьем полугодии как наибольшие, поскольку согласно данным примера всегда есть возможность досрочной реализации опционного контракта. Тогда во втором полугодии

$$C_{2,u^2}^N = \frac{1}{1,038027}(0,060519 \cdot 6,712623 + 0,939481 \cdot 1,590764) =$$

$$= 1,831102;$$

$$C_{2,u^2}^A = 23,250002 - 19,499985 = 3,750017.$$

Выбирается “мертвый” опцион для расчетов в первом полугодии.

$$C_{2,ud}^N = \frac{1}{1,038027}(0,060519 \cdot 1,590764 + 0,939481 \cdot 0) = 0,092745;$$

$$C_{2,ud}^A = 0.$$

Выбирается “живой” опцион для расчетов в первом полугодии.

В первом полугодии

$$C_{1,u}^N = \frac{1}{1,038027}(0,060519 \cdot 3,750017 + 0,939481 \cdot 0,092745) =$$

$$= 0,302573;$$

$$C_{1,u}^A = 18,67485 - 17,370425 = 1,572225.$$

Выбирается “мертвый” опцион.

$$C_{1,d}^N = \frac{1}{1,038027}(0,060519 \cdot 0,092745 + 0,939481 \cdot 0) = 0,005407;$$

$$C_{1,d}^A = 0.$$

Выбирается “живой” опцион.

Наконец, в начале срока

$$C_0^N = \frac{1}{1,038027}(0,060519 \cdot 1,572225 + 0,939481 \cdot 0,005407) = 0,096557.$$

Последняя цифра означает цену реального опциона в млрд руб. в настоящий момент времени.



Для кварталов входные параметры модели изменятся следующим образом:

$$r_u = \sqrt[4]{1,55} - 1 = 0,115791; \quad r_d = \sqrt[4]{1,05} - 1 = 0,012272;$$

$$r_f = \sqrt[4]{1,0775} - 1 = 0,018836; \quad i = \sqrt[4]{1,3} - 1 = 0,06779.$$

Тогда получаем биномиальный процесс изменения рыночной цены контракта ( $S_t$ ) за восемь кварталов, представленный на рис. 103. На этом же рисунке показано изменение цены исполнения опциона ( $K_t$ ) по квартальной ставке  $i$ .

Используя формулу для  $C_t$ , можно последовательно рассчитать цены “живого” опциона, начиная с восьмого квартала и заканчивая настоящим моментом времени (рис. 104). Для этого сначала необходимо вычислить псевдовероятности  $p$  и  $1 - p$ :

$$p = \frac{0,018836 - 0,012272}{0,115791 - 0,012272} = 0,063409; \quad 1 - p = 0,936591.$$

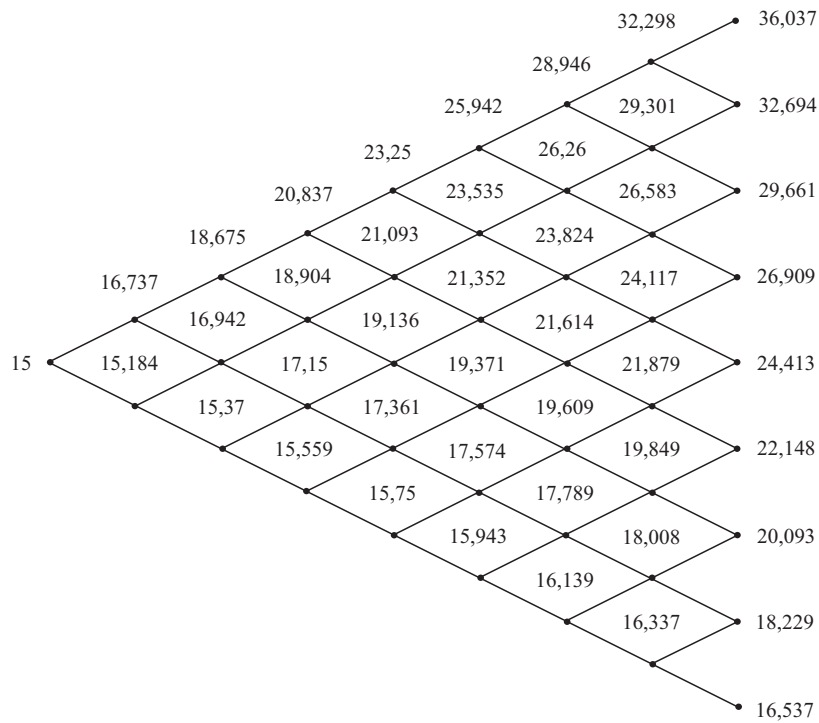
Тогда согласно данным рис. 104 и 103 получаем цену реального опциона в млрд руб. в настоящий момент времени:

$$C_0^N = 0,047336.$$

Практическая ценность таких вычислений заключается, во-первых, в том, что в итоге можно рассчитать цену реального опциона в настоящий момент времени, а во-вторых, в том, что согласно данным рис. 100, 102 и 104 в каждом периоде  $t$  можно принять оптимальное решение относительно того, исполнять опцион досрочно или выждать. Индексами  $A$  на рис. 100, 102 и 104 обозначены точки, где дороже “мертвый” опцион, т. е. ситуации, в которых опцион лучше исполнить досрочно, а индексами  $N$  — точки, где дороже “живой” опцион, т. е. ситуации, в которых лучше выждать.

Важным результатом является также то, что реальный NPV анализируемого контракта положителен в отличие от традиционного NPV. Так, например, для случая анализа годовых интервалов времени (рис. 100):

$$\begin{aligned} & \text{реальный NPV} = \\ & = \text{традиционный NPV} + \text{стоимость управленческого опциона} = \\ & = 0 + 0,191415 = 0,191415 \text{ (млрд руб.)}. \end{aligned}$$



$K_t$ :	15	16,017	17,103	18,262	19,5	20,822	22,233	23,741	25,35
	$t=0$	$t=1$	$t=2$	$t=3$	$t=4$	$t=5$	$t=6$	$t=7$	$t=8$

Рис. 103. Изменение рыночной цены контракта за восемь кварталов (млрд руб.)

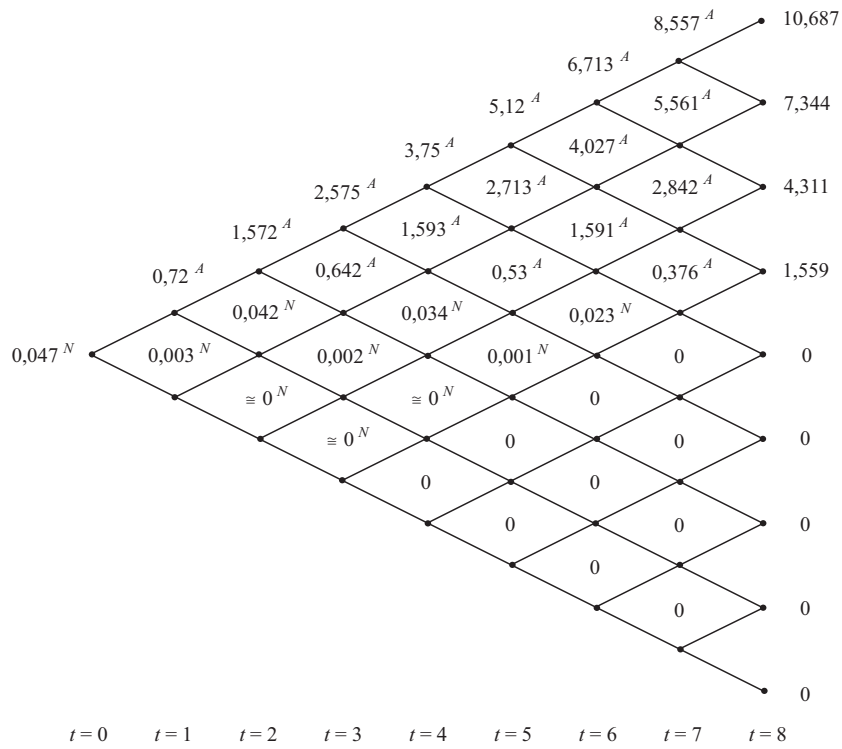


Рис. 104. Изменение цены реального опциона за восемь кварталов (млрд руб.)

Напомним, что нами рассматривается стоимость управленческого (реального) опциона, состоящая из затрат на проведение дополнительного исследования НИОКР и коммерческой эффективности 15 партий грузовиков КАМАЗ новой модели. Если со временем эта стоимость растет, то можно увеличить затраты на величину разницы между новой и старой стоимостью опциона. Можно также опцион выгодно перепродать другому инвестору.

Кроме того, сравнивая цены реальных опционов в настоящий момент времени в трех случаях: 1) годовые периоды времени, 2) полугодовые периоды и 3) квартальные периоды, можно сделать вывод, что большая временная гибкость контракта влечет за собой уменьшение неопределенности, что приводит в итоге к уменьшению цены реального опциона. Данный результат не противоречит классической теории опционов.

При всех выгодах реальных опционов их использование при инновационном проектировании влечет за собой определенные трудности, которые связаны с необходимостью изменения стратегии управления предприятием. Перечислим основные недостатки метода реальных опционов (ROV).

- Необоснованный подход к стоимости создания и поддержания реальных опционов и неверная оценка вероятностей могут негативно повлиять на развитие предприятия.
- Поддержание предприятием излишней гибкости в решениях может привести к частому пересмотру планов, потере направления развития и невыполнению стратегических планов.
- Внедрение модели реальных опционов требует изменения внутренней культуры предприятия и подходов к ведению бизнеса. Когда принимается традиционное решение по началу проекта, то остановить уже начатый проект в большинстве случаев крайне невыгодно. Когда проект запускается на основе ROV, то в определенные точки времени необходимо снова принимать решения по проекту, вплоть до решения о его закрытии.

В заключение сформулируем полученные практические выводы.

1. Модель Блэка–Шоулза для оценки реальных опционов в условиях ограниченности информации о прогнозной доходности бизнеса не применима, поскольку в нее входит среднеквадратическое отклонение доходности контракта, которое точно спрогнозировать не представляется возможным. Кроме того, модель Блэка–Шоулза применима только для европейских опционов. На практике же необходима достаточная гибкость опционного контракта, которая подразумевает возможность исполнения опциона досрочно.

2. Для решения этой проблемы предлагаем применять биномиальную модель, модифицированную для условий высокого инвестиционного риска экономики России.

3. Первая модификация биномиальной модели заключается в изменении цены исполнения реального опциона через определенный период времени в зависимости от инфляции за соответствующее число прошедших периодов.

4. Вторая модификация заключается в практической возможности отследить моменты времени, выгодные для досрочного исполнения реального опциона.

5. Большая временная гибкость опционного контракта влечет за собой уменьшение неопределенности, что приводит в итоге к уменьшению цены реального опциона. Данный результат не противоречит классической теории опционов.

### **10.9. Модернизация оборудования компании как азиатский реальный опцион с постоянной волатильностью бизнеса**

Реальный опцион на модернизацию оборудования является классическим “опционом на будущее развитие”. При анализе перспектив будущего развития ценность опциона обычно прибавляется к ценности бизнеса или проекта, определенной по традиционной DCF-технологии. В качестве цены исполнения опциона  $K$  используются вложения капитала в развитие (расширение, тиражирование опыта). Текущая ценность базисного актива  $S_0$  — это приведенная к сегодняшнему дню оценка денежных потоков, которые генерируются

бизнесом (довольно часто она меньше, чем цена исполнения). Время  $t$  в моделях применительно к реальным опционам — это срок, в течение которого можно принять решение о расширении бизнеса.

Реальный опцион модернизации оборудования должен быть азиатским, т. е. иметь переменную цену исполнения, например, в зависимости от инфляции, поскольку деньги, в том числе инвестиции, в разные моменты времени стоят по-разному.

Классический фондовый азиатский опцион — это разновидность опциона, при которой цена исполнения определяется на основе средней стоимости базисного актива за определенный период времени. Азиатский опцион еще называют опционом средней цены или среднекурсовым опционом. Как правило, такие опционы заключаются на товары, биржевые индексы, курсы валют и процентные ставки. Азиатские опционы популярны на рынках с высокой волатильностью базисных активов (нефть, цветные металлы и др.).

Отличительная особенность опционов данного типа заключается в том, что цена исполнения (страйк) неизвестна на момент заключения контракта. Один из основных вариантов азиатских опционов подразумевает плавающую цену страйк (она же плавающая ставка) азиатского опциона. В этом случае цена колл-опциона

$$C(T) = \max\{S(T) - kA(0, T), 0\},$$

где  $A(0, T)$  — среднее значение стоимости базисного актива (руб.);

$k$  — взвешивание (обычно 1 исключается из описаний).

Обычно  $A(0, T)$  — это среднее арифметическое. При постоянном мониторинге его вычисляют следующим образом:

$$A(0, T) = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) dt.$$

При дискретном мониторинге в моменты  $t_1, t_2, \dots, t_n$ :

$$A(0, T) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S(t_i).$$

Существуют также азиатские опционы, где среднее значение вычисляется как среднее геометрическое. При постоянном мониторинге его вычисляют по формуле

$$A(0, T) = \exp \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T S(t) dt \right\}.$$

Азиатские опционы — это инвестиционные инструменты с умеренным уровнем риска. Так как цена опциона базируется на данных о цене на базисный актив за определенный период, то инвестор имеет возможность сделать рациональное суждение о целесообразности вложений.

**Пример 82.** В качестве примера рациональной постановки задачи оценки стоимости реального опциона (задачи ROV) будем рассматривать проект замены оборудования на гидрогеологическом бурении скважин. Этот же пример будем рассматривать в дальнейшем для сравнения различных методов решения задачи ROV.

Итак, ООО “Водяной” оказывает услуги садовым товариществам Подмоскovie по бурению скважин на воду. Всего на балансе ООО “Водяной” десять буровых установок, работающих на различных объектах и в различных районах области. Директор фирмы рассматривает возможность существенной модернизации буровых агрегатов, которая позволит сократить текущие издержки, повысить производительность установок и соответственно получать больше заказов от потенциальных клиентов. Для решения поставленной задачи руководством фирмы решено провести обоснование модернизации.

Приведем исходные данные для расчетов по наиболее вероятному сценарию развития событий в расчете на один буровой агрегат (табл. 200).

Никаких дополнительных затрат и выгод, связанных с притоком рабочего капитала, в проекте нет. Норма амортизации техники составляет 20%, по истечении пятилетнего срока чистая ценность от ликвидации оборудования равна нулю.

Все расчеты проводились на реальной основе — в постоянном масштабе цен. Исходные финансовые данные для расчетов представлены в табл. 201.

Таблица 200

## Исходные экономические данные для расчетов на один буровой агрегат

Наименование показателя	Значение показателя	
	Базовый вариант	Новая техника
Производительность, м/станко-смену	8,1	12,2
Коэффициент использования оборудования по времени	0,5	0,5
Среднее число смен в году	304	304
Средняя цена одного пробуренного метра, долл.	22	22
Средние текущие затраты на одну станко-смену, долл.	123,4	96,1
Чистые капитальные затраты, включая приобретение новых агрегатов за минусом чистой ликвидационной ценности старых, долл.	—	20 000

Таблица 201

## Исходные финансовые данные для расчетов на один буровой агрегат

Наименование показателя	Значение показателя (% в год)
WACC компании в реальном выражении	12
Безрисковая ставка	4
Ставка налога на прибыль в РФ	20



Расчеты, проведенные финансовым директором по традиционной технологии, показывают невыгодность осуществления модернизации ни на одной, ни тем более на десяти буровых установках (табл. 202).

Каждый из проектов понижает богатство владельцев компании на 1 511,25 долл., что по ее меркам немалая сумма.

Вместе с тем у директора возникли большие сомнения в результатах расчетов, связанные с точностью предсказания денежных потоков. Дело в той неопределенности, которую несут в себе исходные допущения относительно:

- количества заказов и связанных с этим текущих затрат на один пробуренный метр (возможна экономия на условно-постоянных расходах) и коэффициента использования оборудования;
- безотказности работы новой техники и периодичности ремонта;
- средней глубины пробуриваемых скважин (оплата происходит не по метражу, а по результату бурения — количеству продуктивных скважин) и др.

В результате точность расчета эффекта имеет среднеквадратическое отклонение  $\sigma = 40,33\%$  (среднестатистическое  $\sigma$  (%) в долл. США для отрасли “Машиностроение”) ([www.finmanager.ru](http://www.finmanager.ru)).

Чтобы не рисковать всем бизнесом в целом и получить более точную информацию о результатах проекта, директор ООО “Водяной” решает провести эксперимент: несмотря на негативные результаты расчетов, осуществить модернизацию на одном из буровых агрегатов. Если результат окажется удачным (что будет ясно в течение года), можно будет тиражировать опыт на прочих 9 установках.

Этот подход вызвал умеренно-негативную реакцию со стороны финансового директора — он расценил данное решение как недоверие к качеству проведенных им расчетов. Чтобы его успокоить, пришлось выписать ему премию и отправить в краткосрочный отпуск.

Однако остался вопрос: чья позиция в данной ситуации оказалась более обоснованной — директора или его заместителя по финансам?

Итак, пилотный проект дает нам информацию о том, что может произойти с последующими девятью, и раскрывает неопределенность. Фактически он дает право в течение года вложить деньги

## Расчет денежного потока замены одного бурового агрегата

Наименование показателя	Значение показателя по годам					
	0	1	2	3	4	5
1. Производительность, м/станко-смену:		12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
1.1. Новой техники		8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
1.2. Базы сравнения		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2. Коэффициент использования оборудования		304	304	304	304	304
3. Среднее число смен в году		623,2	623,2	623,2	623,2	623,2
4. Дополнительный объем, м/год $((1.1 - 1.2) \times 2 \times 3)$		22	22	22	22	22
5. Средняя цена 1 метра, долл.		13710,4	13710,4	13710,4	13710,4	13710,4
6. Дополнительная выручка в год, долл. $(4 \times 5)$						
7. Средние текущие затраты на 1 станко-смену, долл.:		123,4	123,4	123,4	123,4	123,4
7.1. Новой техники		96,1	96,1	96,1	96,1	96,1
7.2. Базы сравнения		304	304	304	304	304
8. Среднее число смен в году						

Наименование показателя	Значение показателя по годам					
	0	1	2	3	4	5
9. Дополнительные текущие затраты, долл. в год $((7.1 - 7.2) \times 8)$		8 299,2	8 299,2	8 299,2	8 299,2	8 299,2
10. Дополнительные кап. затраты, долл.	-20 000					
11. Норма амортизации, %		20	20	20	20	20
12. Амортизация дополнительных кап. вложений, долл.		4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
13. Дополнительная прибыль в год, долл. $(6 - 9 - 12)$		1 411,2	1 411,2	1 411,2	1 411,2	1 411,2
14. Налог на прибыль (20%), долл.		282,24	282,24	282,24	282,24	282,24
15. Чистый денежный поток проекта (CF), долл. $(13 - 14 + 12)$	-20 000	5 128,96	5 128,96	5 128,96	5 128,96	5 128,96
16. WACC, %		12	12	12	12	12
17. NPV проекта, долл.	-1 511,25	Результат дисконтирования CF по ставке 12%				

еще в девять таких проектов при благоприятных для этого обстоятельствах (положительным результате пилотного проекта). Это право представляет собой колл-опцион на 9 проектов (или 9 опционов, каждый на 1 проект).

Кроме всего прочего следует учесть, что со временем деньги обесцениваются даже за срок в один год. Эта проблема особенно актуальна для развивающихся рынков, каковым является Россия. Однако поскольку финансовые расчеты производятся в долл. США, в дальнейших расчетах необходимо учитывать ставку инфляции в России, взятую в долл. США, которая в среднем за последние годы составляет 3% в год. С учетом этого фактора цена исполнения опциона через год составит величину  $K = 20\,600$  долл. Таким образом, мы приходим к модели азиатского опциона, т. е. опциона с изменяющейся ценой исполнения (в данном случае по ставке инфляции).

Также важно отметить, что при вычислении стоимости опциона мы будем использовать риск-нейтральный подход, поскольку он не предполагает вычисления WACC в каждом отдельном году и не нуждается в расчете реальных вероятностей переходов в пространстве событий.

## Решение задачи с использованием модели Блэка–Шоулза

К основным проблемам использования модели Блэка–Шоулза (ОРМ) для оценки реальных опционов необходимо отнести следующие.

1. В ОРМ входит  $\sigma$  доходности контракта, которое точно спрогнозировать не представляется возможным.
2. Если  $\sigma$  прогнозируется экспертами, то возникает проблема достоверности прогноза.
3. ОРМ применима только для европейских опционов.
4. ОРМ создана для условий и ограничений фондового рынка.

Первая проблема особенно актуальна для развивающегося рынка, каковым является Россия. Ее мы решаем, переходя к финансовым расчетам в долл. США. Таким образом, мы можем использовать, как уже указывалось нами ранее, среднестатистическое  $\sigma$  (%)

в долл. США для отрасли “Машиностроение”. В целях еще большего уточнения расчетов мы можем его еще скорректировать для условий реализации проекта в России. Однако сама по себе такая корректировка также обладает своей неопределенностью, которую опять же точно оценить проблематично. В данном случае действует один из основных принципов оценки волатильности, который используется в стохастической финансовой математике, а именно, принцип “волатильность сама по себе волатильна”.

Вторая проблема также обусловлена условиями реализации проекта в России. Здесь субъективные оценки экспертов тоже значительно волатильны.

Третья проблема накладывает уже более серьезный отпечаток на достоверность оценки стоимости реального опциона, поскольку в реальности мы подразумеваем, что можем его исполнить, когда захотим (в пределах анализируемого срока опциона). Таким образом, разумнее анализировать американский опцион. Однако, как указывают многие авторы, например, М. А. Лимитовский, в этом случае ОРМ может быть применена для консервативной оценки американского реального опциона, т. е. цена европейского опциона является нижним пределом для цены американского опциона с такими же условиями выпуска.

Четвертая проблема, пожалуй, наиболее серьезная, однако приближенно ее можно решить тем же методом, что и третью.

Формальная запись ОРМ, выведенной для оценки премии по европейскому колл-опциону, выглядит следующим образом:

$$C_0 = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2); \quad (58)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S_0}{K} + \left( r + \frac{\sigma^2}{2} \right) T}{\sigma \sqrt{T}}; \quad (59)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}, \quad (60)$$

где  $C_0$  — текущая цена колл-опциона (руб.);

$S_0$  — текущая цена базисного актива (предполагается, что актив не приносит текущего дохода, т. е. дивиденда или купона) (руб.);

$K$  — цена исполнения опциона (цена “strike”) (руб.);

$r$  — непрерывная годовая ставка безрисковой доходности (сила роста) (%);

$T$  — время до исполнения опциона (лет);

$\sigma$  — среднее квадратическое отклонение цены базисного актива за год (%);

$N(d)$  — кумулятивная функция нормального распределения.

Заметим, что  $\sigma$  в рассматриваемом примере не меняется по причине короткого срока реального опциона — один год. Таким образом, оцениваем азиатский реальный опцион с постоянной волатильностью бизнеса. Проведем это в табл. 203 по формулам (57)–(59).

При расчете величин  $N(d_1)$  и  $N(d_2)$  по таблице площади под кривой нормального распределения (см. приложение 2) уточнять их можно, например, методом линейной интерполяции по формуле

$$N(u) = N(u_1) + \frac{u - u_1}{u_2 - u_1} (N(u_2) - N(u_1)),$$

где за  $u$  обозначено  $d_1$  либо  $d_2$ .

А именно, для  $d_1 = 0,029678$  получаем, что

$$N(u) = 0,008 + \frac{0,029678 - 0,02}{0,03 - 0,02} (0,012 - 0,008) = 0,011871,$$

а для  $d_2 = -0,370322$  аналогично получаем

$$N(u) = 0,1443 + \frac{0,370322 - 0,37}{0,38 - 0,37} (0,148 - 0,1443) = 0,144419.$$

Используя эти данные, найдем

$$N(d_1) = 0,5 + 0,011871 = 0,511871;$$

$$N(d_2) = 0,5 - 0,144419 = 0,355581.$$

Из табл. 203 видно, что NPV проекта с опционами составляет 20 323,67 долл. Отсюда можно сделать вывод, что прав оказался директор ООО “Водяной”: несмотря на кажущуюся невыгодность модернизации, эксперимент вполне оправдан.

Таблица 203

Оценка азиатского реального опциона с постоянной волатильностью  
бизнеса с использованием ОРМ

Параметры и показатели	Значения параметров и показателей
Количество опционов в проекте	9
$S_0$ по каждому опциону, долл.	18 488,75 (PV денежных притоков проекта)
$K$ по каждому опциону, долл.	20 600 (инвестиции)
$r$	0,04 (безрисковая непрерывная ставка)
$T$	1 (срок опционов — 1 год)
$\sigma$	0,4033
$d_1$	0,029678
$d_2$	-0,370322
$N(d_1)$	0,511871
$N(d_2)$	0,355581
$C_0$ , долл.	2 426,1
NPV проекта с опционами, долл.	$20\,323,67 = 2\,426,1 \cdot 9 - 1\,511,25$

## Решение задачи с использованием биномиальной модели

В целях уточнения расчетов ROV в нашем примере необходимо решить оставшиеся две проблемы, которые мы имели в модели Блэка–Шоулза (ОРМ):

1. ОРМ применима только для европейских опционов.
2. ОРМ создана для условий и ограничений фондового рынка.

Их можно решить, используя в расчетах, например, биномиальную модель, несколько модифицированную нами. Первая модификация заключается в изменении цены исполнения реального опциона через определенный период времени в зависимости от инфляции за соответствующее число прошедших периодов. Вторая модификация заключается в практической возможности отследить моменты времени, выгодные для досрочного исполнения реального опциона, т. е. в определении узлов биномиального дерева, где цена “мертвого” (исполненного) опциона выше цены “живого” (не исполненного) опциона.

Применим данную модифицированную биномиальную модель к решению задачи ROV модернизации оборудования. Главной особенностью ее применения является адекватный переход от непрерывного процесса к дискретному, используя для этого уже известную нам постоянную волатильность  $\sigma$ .

Классический подход (CRR-модель) предполагает переход согласно уравнениям:

$$\begin{aligned}u &= e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}; \\d &= e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}; \\p &= \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d},\end{aligned}$$

где  $u$  — темп повышения стоимости базисного актива;

$d$  — темп понижения стоимости базисного актива;

$p$  — псевдовероятность события  $u$ ;

$1 - p$  — псевдовероятность события  $d$ ;

$\sigma$  — среднее квадратическое отклонение цены базисного актива за год (%);



$\Delta t$  — временной шаг между узлами биномиальной решетки (в годах);

$r$  — непрерывная годовая ставка безрисковой доходности (сила роста) (%).

Крупнейшим недостатком CRR-модели является то, что она теряет устойчивость, если  $\Delta t > \sigma^2/r^2$ , и, как следствие, в расчетах могут возникнуть отрицательные псевдовероятности.

В целях более точного моделирования с более длительным временным шагом биномиальное дерево согласно точке зрения Ябура, Крамина и Янга, и Халла может быть построено в соответствии с уравнениями:

$$u = e^{\sqrt{e^{\sigma^2 \Delta t} - 1} + r \Delta t}, \quad (61)$$

$$d = e^{-\sqrt{e^{\sigma^2 \Delta t} - 1} + r \Delta t}, \quad (62)$$

$$p = \frac{e^{r \Delta t} - d}{u - d}. \quad (63)$$

Это дерево можно рассматривать в качестве дополнения к CRR-параметризации. В этом случае, оба скачка — вверх ( $u$ ) и вниз ( $d$ ) — немного изменяются. В результате центральная линия дерева следует безрисковой ставке. Еще одним преимуществом является то, что эта параметризация также всегда стабильна независимо от длины временного шага  $\Delta t$ .

Используя модель (60)–(62) для  $\Delta t = 0,25$  года, получаем следующую параметризацию в рассматриваемом нами примере:

$$\begin{aligned} u &= 1,236169; & d &= 0,825293; \\ p &= 0,449666; & 1 - p &= 0,550334. \end{aligned}$$

В результате согласно значениям  $u$  и  $d$  получаем биномиальное дерево для изменения стоимости  $S_t$  базисного актива (PV денежных притоков пилотного проекта) в долл. (рис. 105). На этом же рисунке отобразим изменение цены исполнения опциона ( $K_t$ ) по квартальной ставке инфляции  $i = \sqrt[4]{1,03} - 1 = 0,007417$ .

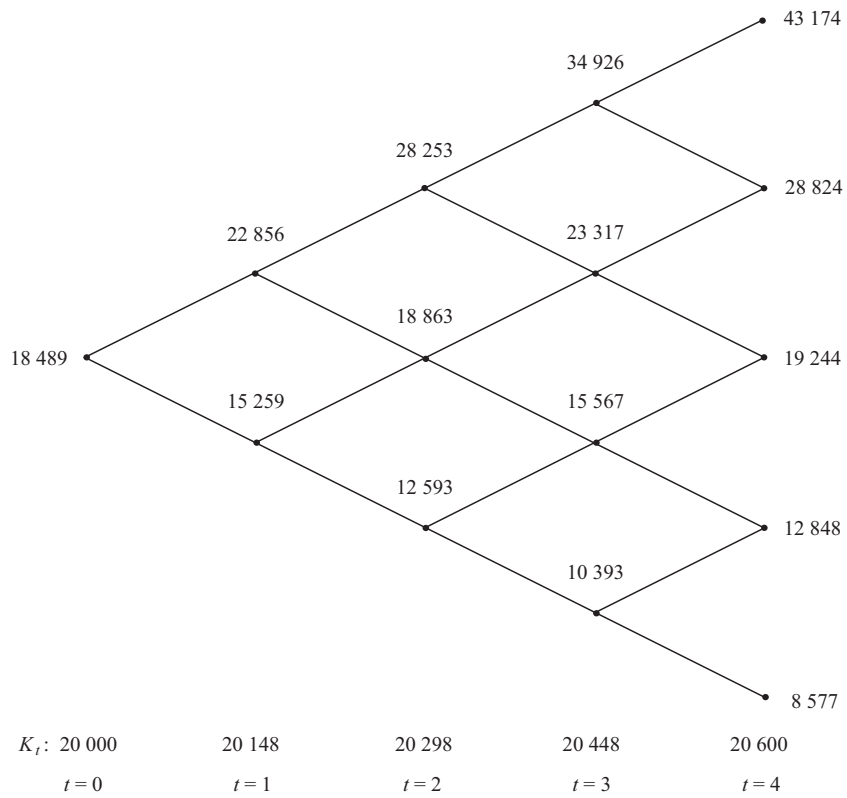


Рис. 105. Биномиальное дерево изменения цены базисного актива (долл.)

В биномиальной CRR-модели цену “живого” опциона можно рассчитать по формуле

$$C_t^N = \frac{p C_{t+1,u} + (1-p) C_{t+1,d}}{e^{r\Delta t}}. \quad (64)$$

Таким образом, можно оценить стоимость опциона в любом периоде  $t$ , если известны  $C_{t+1,u}$  и  $C_{t+1,d}$  в следующем периоде  $t+1$ .

Поскольку мы рассматриваем колл-опцион, то в каждом периоде  $t$  цена “мертвого” опциона вычисляется по формуле

$$C_t^A = \max\{S_t - K_t, 0\}. \quad (65)$$

Используя формулы (63) и (64), можно последовательно рассчитать цены опциона, начиная с четвертого квартала и заканчивая настоящим моментом времени (рис. 106). При этом в каждом узле биномиального дерева в целях последовательного расчета из цен  $C_t^N$  и  $C_t^A$  выбирается максимальная.

Например, в 3-м квартале ( $t = 3$ ) в самом верхнем узле цена опциона вычисляется следующим образом. Сначала по формуле (63) рассчитывается цена “живого” опциона:

$$\begin{aligned} C_{3,u^3}^N &= \frac{0,449666(43\,174 - 20\,600) + 0,550334(28\,824 - 20\,600)}{e^{0,04 \cdot 0,25}} = \\ &= 14\,531 \text{ (долл.)}. \end{aligned}$$

Затем по формуле (64) вычисляется цена “мертвого” опциона:

$$C_{3,u^3}^A = 34\,926 - 20\,448 = 14\,478 \text{ (долл.)}.$$

Дороже получился “живой” опцион, поэтому его цена выбирается с целью вычисления более ранней цены опциона.

По этому принципу строится все биномиальное дерево на рис. 106. При этом в нашем примере получилось, что везде выгоднее для инвестора “живой” опцион. Однако на практике может возникнуть и другая ситуация, т. е. в каких-то узлах дерева может быть дороже “мертвый” опцион, что свидетельствует о необходимости его досрочного исполнения в данном узле. На это может повлиять ставка

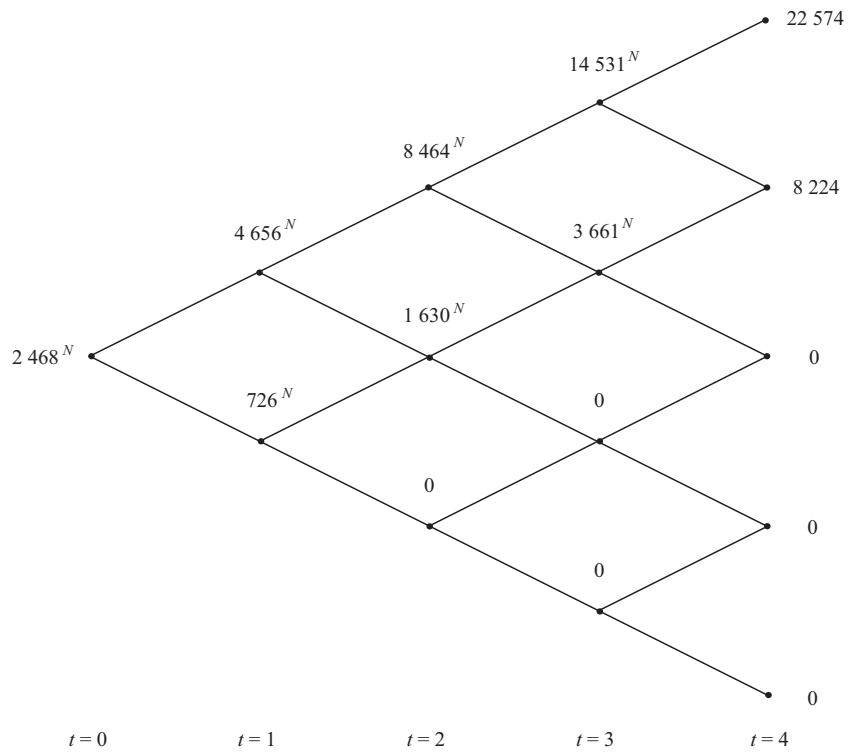


Рис. 106. Биномиальное дерево изменения цены реального опциона (долл.)

инфляции  $i$ , которая изменит цены исполнения опциона  $K_t$ . Также подобный эффект может дать изменение параметров  $u$  и  $d$ .

В результате, работая по дереву от его конца к началу, мы можем получить цену данного опциона пилотного проекта в нуле. Она составит величину  $C_0 = 2\,468$  долл. Тогда NPV проекта модернизации оборудования с 9-ю опционами составит

$$\text{NPV} = 2\,468 \cdot 9 - 1\,511,25 = 20\,700,75 \text{ (долл.)},$$

что несколько больше результата расчета согласно ОРМ. Это уточненная оценка эффекта проекта.

## Решение задачи с использованием триномиальной модели

Применение биномиальной CRR-модели, пусть даже и уточненной с помощью уравнений (60)–(62), обладает определенным набором недостатков, связанных прежде всего с ситуацией изменения волатильности бизнеса во времени. Однако есть также существенный недостаток, заключающийся в том, что в случае очень малой или даже несуществующей волатильности в течение некоторого периода времени любое движение отклонения цены базисного актива вверх или вниз от ожидаемого значения в будущем, т. е. увеличения по безрисковой ставке ( $S_{t+1,m} = S_{t,m} e^{r\Delta t}$ ), сделает построение биномиального дерева невозможным.

Триномиальное дерево построено при одновременном выборе таких параметров, которые устанавливают разумное пространство состояний, имея в виду разумные вероятности перехода между узлами дерева. Кроме того, рекомбинация дерева установлена так, что  $ud = du = m^2 = e^{2r\Delta t}$ , потому что в противном случае повышение дискретности системы не будет приводить к небольшой или даже нулевой волатильности. Триномиальное дерево всегда стабильно независимо от длины шага во времени. Уравнения для описания стохастических процессов движений вверх и вниз являются более точными, даже с более длинными шагами во времени. Это необходимо потому, что временные шаги для оценки реального опциона выбираются, исходя из управленческой практичности, так, чтобы они были длиннее, чем это обычно бывает в финансовых опционах.

Триномиальные деревья являются другим дискретным представлением движения цены базисного актива, аналогичным биномиальным деревьям. Триномиальные решетки имеют три параметра скачков  $u$ ,  $m$  и  $d$  и три соответствующие им вероятности  $p_u$ ,  $p_m$  и  $p_d$ . В течение этого времени шаг цены актива может перейти к одному из трех узлов: с вероятностью  $p_u$  в верхний узел до значения  $S_u$ , с вероятностью  $p_m$  к середине узла до значения  $S_m$  и в нижний узел до значения  $S_d$  с вероятностью  $p_d$ . Мы предполагаем, что сумма вероятностей равна единице, поэтому мы устанавливаем  $p_m = 1 - p_u - p_d$ . В конце каждого шага во времени есть пять неизвестных параметров: две вероятности  $p_u$  и  $p_d$  и три узла цены  $S_u$ ,  $S_m$  и  $S_d$ .

При этом небольшая модификация, предложенная Ябуром, Крамином и Янгом, и Халлом, заключается в использовании более точной оценки отклонения в соответствии с уравнением

$$\sqrt{e^{\sigma^2 \Delta t} - 1} \approx \sigma \sqrt{\Delta t}$$

вместо  $\sigma \sqrt{\Delta t}$ . После этих изменений, согласно точке зрения Хаателы, построение параметра триномиальной решетки приводит к улучшенной общей форме параметризации для всех вероятностей переходов и размеров скачков  $u$ ,  $m$  и  $d$  в соответствии с уравнениями:

$$p_u = \frac{m^2(V - 1)}{u^2 + md - um - ud}; \quad (66)$$

$$p_d = p_u \frac{m - u}{d - m}; \quad (67)$$

$$p_m = 1 - p_u - p_d; \quad (68)$$

$$u = e^{r\Delta t + \sqrt{e^{(\lambda\sigma)^2 \Delta t} - 1}}; \quad (69)$$

$$d = e^{r\Delta t - \sqrt{e^{(\lambda\sigma)^2 \Delta t} - 1}}; \quad (70)$$

$$m = e^{r\Delta t}; \quad (71)$$

$$V = e^{\sigma^2 \Delta t}, \quad (72)$$

где оправданное значение дисперсионного параметра  $\lambda$  составляет 1,12. Это делает пространство состояний плотным и обеспечивает

достаточно хорошие вероятности переходов между узлами триномиальной решетки (дерева).

Движения вверх (68) и вниз (69), которые определяют пространство состояний, рассчитываются в соответствии с наибольшей волатильностью в течение инвестиций так, что  $\sigma = \max \sigma_t$ . Эти значения  $u$  и  $d$  используются для всего пространства состояний в течение всех периодов времени независимо от изменения волатильности. Тем не менее, вероятности перехода, вычисленные в соответствии с (65)–(67), справедливы только для периода времени с наивысшей волатильностью. В нашем примере предполагается постоянная во времени волатильность бизнеса, что существенно упрощает наши расчеты.

Используя модель (65)–(71) для  $\Delta t = 0,25$  года, получаем следующую параметризацию в рассматриваемом нами примере:

$$\begin{aligned} u &= 1,267238; & d &= 0,805059; & m &= 1,01005; & V &= 1,040811; \\ p_u &= 0,350268; & p_d &= 0,439457; & p_m &= 0,210275. \end{aligned}$$

В результате согласно значениям  $u$ ,  $m$  и  $d$  получаем триномиальное дерево для изменения стоимости  $S_t$  базисного актива (PV денежных притоков пилотного проекта) в долл. (табл. 204). В этой же таблице покажем изменение цены исполнения опциона ( $K_t$ ) по квартальной ставке инфляции  $i = \sqrt[4]{1,03} - 1 = 0,007417$ .

В триномиальной модели цену “живого” опциона можно рассчитать по формуле

$$C_t^N = \frac{p_u C_{t+1,u} + p_m C_{t+1,m} + p_d C_{t+1,d}}{e^{r\Delta t}}. \quad (73)$$

Таким образом, можно оценить стоимость опциона в любом периоде  $t$ , если известны  $C_{t+1,u}$ ,  $C_{t+1,m}$  и  $C_{t+1,d}$  в периоде  $t + 1$ .

Поскольку мы рассматриваем колл-опцион, то в каждом периоде  $t$  цена “мертвого” опциона ( $C_t^A$ ) вычисляется так же, как и в случае биномиальной модели, т. е. по формуле (64).

Используя формулы (72) и (64), можно последовательно рассчитывать цены опциона, начиная с четвертого квартала и заканчивая настоящим моментом времени (табл. 205). При этом в каждом узле триномиальной решетки, как и биномиальной, в целях последовательного расчета из цен  $C_t^N$  и  $C_t^A$  выбирается максимальная.

Таблица 204

**Триномиальная решетка изменения цены  
базисного актива (долл.)**

	$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$
$S_t$					47 681
				37 626	28 004
			29 691	29 989	30 291
		23 430	23 665	23 903	24 144
	18 489	18 675	18 862	19 052	19 244
		14 885	15 035	15 186	15 338
			11 983	12 103	12 225
				9 647	9 744
				7 766	
$K_t$	20 000	20 148	20 298	20 448	20 600

Таблица 205

**Триномиальная решетка изменения цены  
реального опциона (долл.)**

	$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$
$C_t$					27 081
				17 231 <sup>N</sup>	17 404
			9 756 <sup>N</sup>	9 595 <sup>N</sup>	9 691
		5 094 <sup>N</sup>	4 715 <sup>N</sup>	4 098 <sup>N</sup>	3 544
	2 510 <sup>N</sup>	2 170 <sup>N</sup>	1 677 <sup>N</sup>	1 229 <sup>N</sup>	0
		670 <sup>N</sup>	426 <sup>N</sup>	0	0
			0	0	0
				0	0
				0	



Например, в 3-м квартале ( $t = 3$ ) в самом верхнем узле цена опциона вычисляется следующим образом. Сначала по формуле (72) рассчитывается цена “живого” опциона:

$$C_{3,u^3}^N = [0,350268 (47\,681 - 20\,600) + 0,210275 (38\,004 - 20\,600) + 0,439457 (30\,291 - 20\,600)] e^{-0,04 \cdot 0,25} = 17\,231 \text{ (долл.)}.$$

Затем по формуле (64) вычисляется цена “мертвого” опциона:

$$C_{3,u^3}^A = 37\,626 - 20\,448 = 17\,178 \text{ (долл.)}.$$

Дороже получился “живой” опцион, поэтому его цена выбирается с целью вычисления более ранней цены опциона.

По этому принципу строится все триномиальное дерево в табл. 204. При этом в нашем примере снова получилось, что везде выгоднее для инвестора “живой” опцион. Возможность возникновения другой ситуации описана нами ранее для биномиального дерева.

В результате, работая по дереву от его конца к началу, мы можем получить цену данного опциона пилотного проекта в нуле. Она составит величину  $C_0 = 2\,510$  долл. Тогда NPV проекта модернизации оборудования с 9-ю опционами составит

$$\text{NPV} = 2\,510 \cdot 9 - 1\,511,25 = 21\,078,75 \text{ (долл.)},$$

что даже больше результата расчета согласно биномиальной модели. Это еще более точная оценка эффекта проекта.

Проведем сравнение результатов трех описанных моделей оценки азиатского реального опциона модернизации оборудования компании с постоянной волатильностью бизнеса. Напомним, что в целях анализа использовались три модели: 1) модель Блэка–Шоулза (ОРМ); 2) биномиальная модель (ВТМ); 3) триномиальная модель (ТТМ).

Сравнение цен опциона в исследуемом примере дает следующие результаты:

$$C_0 = \left\{ \begin{array}{l} 2\,426 \\ \text{(ОРМ)} \end{array} < \begin{array}{l} 2\,468 \\ \text{(ВТМ)} \end{array} < \begin{array}{l} 2\,510 \\ \text{(ТТМ)} \end{array} \right\}.$$

Тогда NPV проекта модернизации оборудования компании с 9-ю опционами составит:

$$NPV = \left\{ \begin{array}{l} 20\,324 < 20\,701 < 21\,079 \\ \text{(ОрМ)} \quad \text{(ВТМ)} \quad \text{(ТТМ)} \end{array} \right\}.$$

Данные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Модель Блэка–Шоулза, действительно, является нижним пределом для цены американского опциона с такими же условиями выпуска, как и европейский.

2. При постоянной волатильности бизнеса  $\sigma$ , что позволяет нам сделать условие существования опциона в течение всего одного года, разница в оценках по разным моделям незначительна.

3. Реальный опцион модернизации оборудования должен быть азиатским, т. е. иметь переменную цену исполнения, например, в зависимости от инфляции, поскольку деньги, в том числе инвестиции, в разные моменты времени стоят по-разному.

4. В промежуточных расчетах в узлах деревьев всегда необходимо сравнивать цену “живого” и “мертвого” опциона и выбирать тот, который дороже. Это позволяет кроме всего прочего отследить возможности досрочной реализации опциона.

5. Наиболее важным практическим выводом является то, что наиболее точную оценку азиатского реального опциона с постоянной волатильностью бизнеса позволяет получить триномиальная модель. В исследуемом примере денежный выигрыш за счет этого незначителен, однако на практике могут возникнуть ситуации, в которых выигрыш может быть большим вплоть до того, что разные модели могут привести как к положительным, так и к отрицательным NPV с опционами. А это, в свою очередь, существенно повлияет на принятие управленческого решения в отношении инвестиций.

### **10.10. Влияние инфляции на изменение стоимости азиатского реального опциона**

Основным лозунгом применения реальных опционов в бизнесе является фраза “риск — не угроза, а ресурс”. Он является, действительно, справедливым, поскольку именно реальные опционы повышают инвестиционную привлекательность инновационных проектов

в силу возникающей при этом гибкости в отношении управленческих решений. Однако использовать данный ресурс следует разумно, для чего требуется достаточная точность финансовой оценки реального опциона. Именно по этой причине зарубежные технологии использования реальных опционов нельзя напрямую переносить на российский финансовый рынок. Их следует адаптировать прежде всего по двум наиболее важным направлениям:

- дальнейшая адаптация финансовых опционов к условиям производства таким образом, чтобы превратить их в адекватные производству реальные опционы;
- учет фактора повышенного риска российского рынка посредством применения на практике реальных *азиатских* опционов, т. е. опционов с изменяющейся ценой исполнения.

Одним из базовых отличий реальных опционов от традиционных технологий инвестиционного анализа является то, что для их оценки не требуется знать цену капитала инвестиционного или инновационного проекта. В силу применяемого в них риск-нейтрального подхода требуется знать лишь безрисковую ставку по инвестициям. За рубежом подобный ориентир всегда имеется в распоряжении финансовых аналитиков. Например, в США в качестве такового применяется ставка по казначейским облигациям. В других развитых странах часто применяют ставку LIBOR. В России решение этого вопроса гораздо сложнее, т. к. даже государственные облигации не считаются абсолютно безрисковыми. Поэтому за неимением лучшего практики нередко предпочитают брать в качестве безрисковой ставки ставку рефинансирования. Но такой подход может и, действительно, должен искажать результаты оценки реальных опционов. Причина заключается в том, что за рубежом инфляция несколько превышает безрисковую ставку, а в России наоборот — реальная инфляция превышает ставку рефинансирования. Под реальной здесь мы понимаем инфляцию, рекомендованную М. А. Лимитовским. Он предлагает для анализа брать ставку инфляции в России 25–30% годовых. Как известно, ставка рефинансирования в России в 2012–2015 гг. составляет 8,25% годовых, что и порождает рассматриваемый нами финансовый парадокс.

Как будет показано далее, обозначенный парадокс приводит к тому, что, используя для оценки проекта *азиатский* реальный опцион, мы получаем в результате в узлах биномиальной и триномиальной решеток в качестве более высокой цены реального опциона достаточно часто цену “мертвого”, а не “живого” опциона. Ранее мы показали, что наиболее точным методом оценки реальных опционов является триномиальная модель (по сравнению с моделью Блэка–Шоулза и биномиальной моделью). Действительно, чем больше мы можем знать о будущем, тем точнее будет прогнозирование цены опциона. В этом как раз и заключается преимущество триномиальной решетки по сравнению с биномиальной. Модель же Блэка–Шоулза может применяться в качестве пессимистической оценки реального опциона. При этом рассматриваемый пример дал нам в качестве наиболее высокой оценки опциона как раз наиболее реалистичную, т. е. основанную на триномиальной решетке. Ответ на вопрос, будет ли этот результат таким же в случае рассматриваемого нами финансового парадокса, является темой дальнейшего исследования.

**Пример 82** (продолжение). Каждый из 10 проектов модернизации оборудования ООО “Водяной” понижает богатство владельцев на  $NPV = -1\,511,25$  долл. Однако один пилотный проект дает нам информацию о том, что может произойти с последующими девятью, и раскрывает неопределенность. Это право представляет собой колл-опцион на 9 проектов (или 9 опционов, каждый на 1 проект).

Кроме всего прочего следует учесть, что со временем деньги обесцениваются, даже за срок, равный одному году. Эта проблема особенно актуальна для развивающихся рынков, каковым является Россия. Таким образом, мы приходим к модели азиатского опциона, т. е. опциона с изменяющейся ценой исполнения (в данном случае по ставке инфляции  $i = 25\%$  годовых).

Для того, чтобы учесть все необходимые для расчетов российские экономические особенности, следует входные параметры данного примера пересчитать в рублях. Предположим, что оценка производится в июле 2013 г., когда доллар стоил примерно 32,5 руб. Тогда текущая цена базисного актива ( $PV$  денежных притоков проекта):

$$S_0 = 18\,488,75 \cdot 32,5 = 600\,884 \text{ (руб.)}.$$

Цена исполнения опциона (инвестиции в проект) на конец года с учетом инфляции будет равна

$$K = 20\,000 \cdot 32,5 \cdot 1,25 = 812\,500 \text{ (руб.)}.$$

Непрерывная годовая ставка безрисковой доходности (сила роста) равна

$$r = \ln(1 + r_f) = \ln 1,0825 = 0,079273 \text{ (7,9273\%)}.$$

Среднеквадратическое отклонение цены базисного актива за год также необходимо пересчитать с учетом коэффициента корректировки на риск для России, равного 1,85 (*www.finmanager.ru*):

$$\sigma = 0,4033 \cdot 1,85 = 0,746105 \text{ (74,6105\%)}.$$

Наконец, NPV проекта без опционов составит

$$\text{NPV} = -1\,511,25 \cdot 32,5 = -49\,116 \text{ (руб.)}.$$

Теперь оценим опцион в рублях, используя для этого три модели:

- 1) модель Блэка–Шоулза (ОПМ);
- 2) биномиальная модель (ВТМ);
- 3) триномиальная модель (ТТМ).

## Решение задачи с использованием модели Блэка–Шоулза

В рассматриваемом примере  $\sigma$  не меняется по причине короткого срока реального опциона — один год. Поэтому оцениваем азиатский реальный опцион с постоянной волатильностью бизнеса. Прделаем это в табл. 206 по формулам (57)–(59).

## Решение задачи с использованием биномиальной модели

Используя модель (60)–(62) для  $\Delta t = 0,25$  года, получаем следующую параметризацию в рассматриваемом нами примере:

$$\begin{aligned} u &= 1,501154; & d &= 0,693088; \\ p &= 0,404581; & 1 - p &= 0,595419. \end{aligned}$$

Таблица 206

Оценка азиатского реального опциона с постоянной волатильностью  
бизнеса с использованием ОРМ

Параметры и показатели	Значения параметров и показателей
Количество опционов в проекте	9
$S_0$ по каждому опциону, руб.	600 884 (PV денежных притоков проекта)
$K$ по каждому опциону, руб.	812 500 (инвестиции)
$r$	0,079273 (безрисковая непрерывная ставка)
$T$	1 (срок опционов — 1 год)
$\sigma$	0,746105
$d_1$	0,074916
$d_2$	-0,671189
$N(d_1)$	0,529866
$N(d_2)$	0,251034
$C_0$ , руб.	129 966
NPV проекта с опционами, руб.	$1\,120\,578 = 129\,966 \cdot 9 - 49\,116$

В результате согласно значениям  $u$  и  $d$  получаем биномиальное дерево для изменения стоимости  $S_t$  базисного актива (PV денежных притоков пилотного проекта) в руб. (рис. 107). На этом же рисунке отобразим изменение цены исполнения опциона ( $K_t$ ) по квартальной ставке инфляции  $i = \sqrt[4]{1,25} - 1 = 0,057371$ .

Используя формулы (63) и (64), можно последовательно рассчитывать цены опциона, начиная с четвертого квартала и заканчивая настоящим моментом времени (рис. 108). При этом в каждом узле биномиального дерева в целях последовательного расчета из цен  $C_t^N$  и  $C_t^A$  выбирается максимальная.

В результате, работая по дереву от его конца к началу, мы можем получить цену данного опциона пилотного проекта в нуле. Она составит величину  $C_0 = 144\,056$  руб. Тогда NPV проекта модернизации оборудования с 9-ю опционами составит

$$\text{NPV} = 144\,056 \cdot 9 - 49\,116 = 1\,247\,388 \text{ (руб.)},$$

что несколько больше результата расчета согласно ОРМ. Это уточненная оценка эффекта проекта.

## Решение задачи с использованием триномиальной модели

Используя модель (65)–(71) для  $\Delta t = 0,25$  года, получаем следующую параметризацию в рассматриваемом нами примере:

$$\begin{aligned} u &= 1,578623; & d &= 0,659076; & m &= 1,020016; & V &= 1,149317; \\ p_u &= 0,302443; & p_d &= 0,468074; & p_m &= 0,229483. \end{aligned}$$

В результате согласно значениям  $u$ ,  $m$  и  $d$  получаем триномиальное дерево для изменения стоимости  $S_t$  базисного актива (PV денежных притоков пилотного проекта) в руб. (табл. 207). В этой же таблице покажем изменение цены исполнения опциона ( $K_t$ ) по квартальной ставке инфляции  $i = \sqrt[4]{1,25} - 1 = 0,057371$ .

Поскольку мы рассматриваем колл-опцион, то в каждом периоде  $t$  цена “мертвого” опциона ( $C_t^A$ ) вычисляется по формуле (64). Тогда, используя формулы (72) и (64), можно последовательно рассчитывать цены опциона, начиная с четвертого квартала и заканчивая

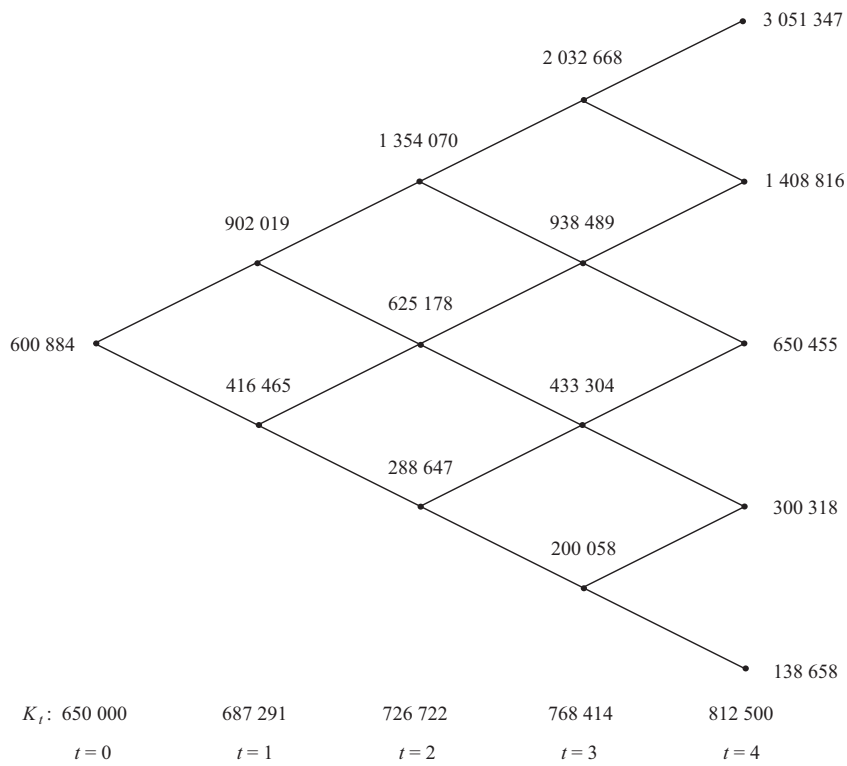


Рис. 107. Биномиальное дерево изменения цены базисного актива (руб.)



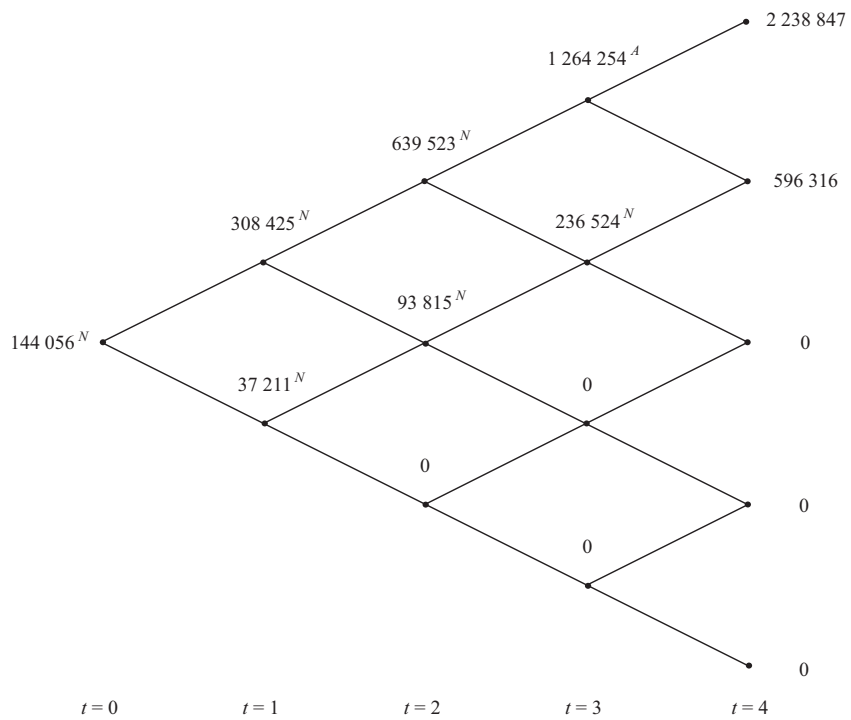


Рис. 108. Биномиальное дерево изменения цены реального опциона (руб.)

Таблица 207

**Триномиальная решетка изменения цены  
базисного актива (руб.)**

	$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$
$S_t$					3 731 680
				2 363 883	2 411 197
			1 497 433	1 527 405	1 557 978
		948 569	967 555	986 922	1 006 677
	600 884	612 911	625 179	637 693	650 457
		396 028	403 955	412 040	420 288
			261 013	266 237	271 566
				172 027	175 470
				113 379	
$K_t$	650 000	687 291	726 722	768 414	812 500

Таблица 208

**Триномиальная решетка изменения цены  
реального опциона (руб.)**

	$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$
$C_t$					2 919 180
				1 595 469 <sup>A</sup>	1 598 697
			770 711 <sup>A</sup>	758 991 <sup>A</sup>	745 478
		340 461 <sup>N</sup>	311 026 <sup>N</sup>	264 726 <sup>N</sup>	194 177
	142 293 <sup>N</sup>	120 629 <sup>N</sup>	91 447 <sup>N</sup>	57 575 <sup>N</sup>	0
		30 955 <sup>N</sup>	17 071 <sup>N</sup>	0	0
			0	0	0
				0	0
				0	

настоящим моментом времени (табл. 208). При этом в каждом узле триномиальной решетки в целях последовательного расчета из цен  $C_t^N$  и  $C_t^A$  выбирается максимальная.

В результате, работая по дереву от его конца к началу, мы можем получить цену данного опциона пилотного проекта в нуле. Она составит величину  $C_0 = 142\,293$  руб. Тогда NPV проекта модернизации оборудования с 9-ю опционами составит

$$\text{NPV} = 142\,293 \cdot 9 - 49\,116 = 1\,231\,521 \text{ (руб.)},$$

что несколько больше результата расчета согласно ОРМ, но меньше результата расчета согласно биномиальной модели. Это еще более точная оценка эффекта проекта.

Проведем сравнение результатов трех описанных моделей оценки азиатского реального опциона модернизации оборудования компании с постоянной волатильностью бизнеса. Напомним, что в целях анализа использовались три модели: 1) модель Блэка–Шоулза (ОРМ); 2) биномиальная модель (ВТМ); 3) триномиальная модель (ТТМ).

Сравнение цен опциона в исследуемом примере дает следующие результаты:

$$C_0 = \left\{ \begin{array}{l} 129\,966 < 142\,293 < 144\,056 \\ \text{(ОРМ)} \quad \quad \quad \text{(ТТМ)} \quad \quad \quad \text{(ВТМ)} \end{array} \right\}.$$

Тогда NPV проекта модернизации оборудования компании с 9-ю опционами составит:

$$\text{NPV} = \left\{ \begin{array}{l} 1\,120\,578 < 1\,231\,521 < 1\,247\,388 \\ \text{(ОРМ)} \quad \quad \quad \text{(ТТМ)} \quad \quad \quad \text{(ВТМ)} \end{array} \right\}.$$

Без пересчета в рублях входных параметров опциона была получена иная зависимость для цены опциона и NPV инновационного проекта, а именно,

$$\text{ОРМ} < \text{ВТМ} < \text{ТТМ}.$$

Такой новый результат обусловлен следующими причинами.

1. Поскольку мы пересчитывали  $\sigma$  с учетом коэффициента корректировки на риск для России, а также использовали в качестве безрисковой ставку рефинансирования 8,25% и реальный уровень инфляции в России 25%, мы проводили таким образом оценку в условиях  $i > r_f$ , в то время как в развитых странах соотношение ставок иное:  $i < r_f$ .

2. Указанный подход привел к тому, что в некоторых узлах биномиальной и триномиальной решеток цена “мертвого” (исполненного) опциона превысила цену “живого” (не исполненного) опциона. А это, в свою очередь, привело к тому, что наиболее высокую оценку реального опциона дала биномиальная модель, а не триномиальная, как это было в долларах.

Данный результат не противоречит финансовой практике оценки реальных опционов, а скорее подтверждает ее основные выводы. Так, например, представители бразильской финансовой школы реальных опционов утверждают, что биномиальная CRR-модель дает несколько завышенную оценку опциона. И это при том, что представители финской школы показали, что триномиальная модель является более точной дискретной моделью оценки, нежели биномиальная. Это не противоречит классической теории опционов, поскольку, чем больше мы знаем о будущем, тем точнее будет настоящая оценка актива. А главное, что подобные рассуждения подводят нас к основному выводу относительно практики оценки азиатских реальных опционов:

*Оценку азиатского реального опциона необходимо проводить в условиях инфляции, что позволяет учесть влияние безрисковой ставки по инвестициям на стоимость опциона.*

Все эти выводы могут существенно влиять на принятие управленческих решений в отношении инвестиций в инновации. Полученные результаты могут способствовать модернизации программного обеспечения, позволяющего составлять и оценивать реальные опционы. Наконец, они могут быть полезны бизнесменам, менеджерам и финансовым аналитикам прежде всего производственных компаний в целях разработки и обоснования стратегических решений в инновационном развитии бизнеса.

## Глава 11

### Мотивация топ-менеджеров корпорации на повышение эффективности ее инновационных проектов

#### 11.1. Агентские проблемы топ-менеджмента в корпорации

**Проблема агентов на уровне отдельных корпораций.** Для того чтобы инновационная политика корпорации была эффективной, важно уметь не только оценивать результирующие показатели проектов и их возможные изменения при отклонении от прогнозируемых условий, но и учитывать личностный фактор, т. е. мотивировать тех, от кого в конечном счете будет зависеть ход осуществления того или иного проекта.

Классически проблема агентов формулируется следующим образом. Целью любой корпорации является повышение благосостояния ее учредителей-акционеров. Однако акционеры не всегда могут своими силами обеспечить квалифицированное управление активами компании. Поэтому они нанимают агентов-менеджеров, которым и делегируют исполнительные функции.

Однако менеджеры зачастую заинтересованы в собственном благосостоянии больше, чем в процветании корпорации. Возникает конфликт интересов, в результате которого акционеры несут агентские издержки.

**Агентские издержки.** Они могут быть в следующих формах.

1. Злоупотребления менеджеров, связанные с использованием корпоративного имущества в собственных интересах. Примерами являются завышенные представительские расходы, неоправданные командировки, нецелесообразные для компании дорогостоящие специальные рейсы транспортных средств и т. п.

2. Менеджеры стремятся оставить деньги в компании и минимизировать выплаты акционерам. Это приводит к неоправданной капитализации прибыли компании в проекты, которые могут быть для

нее невыгодны. Расчетная рентабельность подобных проектов может искусственно завышаться менеджерами.

3. В интересах менеджеров может быть отклонение выгодных для корпорации проектов, повышающих ее рыночную ценность. Это происходит, например, если время до начала получения доходов по проекту больше, чем срок истечения полномочий менеджера, принимающего решение.

Избыточное распространение “креативного эккаутинга” (а попросту манипулирования отчетными данными), серия банкротств крупных компаний, неоправданная, по мнению многих, оплата топ-менеджеров и рост ее отношения к оплате прочих категорий работников на порядок в последние годы поставили на первое место проблему контроля и мотивации.

**Методы минимизации агентских издержек.** Ясно, что агентские издержки необходимо контролировать. К счастью, возможность из минимизации заложена в самой сути корпорации как формы организации бизнеса. Перечислим эти возможности.

1. Акционеры могут выйти из бизнеса, где попираются их интересы. Они могут продать акции компаний с высокими агентскими издержками или не покупать акции неблагонадежных в этом смысле компаний.

2. Акционеры могут уволить неблагонадежного менеджера на общем собрании акционеров. Однако российский рынок в этом смысле неинформативен, т. к. нельзя оценить реальный масштаб злоупотреблений.

3. Можно использовать дополнительные средства контроля за топ-менеджментом: внутренний аудит, формализацию процедур принятия решений, внеочередные собрания и т. п. Однако это приводит к вмененным издержкам и бюрократизации деятельности топ-менеджеров.

4. Можно мотивировать менеджеров на конечные результаты их деятельности. Сразу отметим, что прибыль фирмы для этого не подходит в силу следующих причин.

- Бухгалтерская прибыль может быть подконтрольна или неподконтрольна тому или иному менеджеру. В первом случае менеджер может активно влиять на расчетную величину прибыли

с помощью “лазеек”, принятых в бухгалтерском учете, искусственно повышая свое вознаграждение. Во втором случае он может отнестись с недоверием ко всякого рода обещаниям доли участия в дележе прибыли.

- Часто прежние договоренности о дележе будущих доходов нарушаются.
- Прибыль — плохой измеритель результатов деятельности компании. Рост рыночной величины собственного капитала компании более адекватно отражает эффект инвестирования в инновации. Но NPV нельзя использовать для стимулирования топ-менеджеров, т. к. это порождает у менеджеров желание манипулировать прогнозными расчетами.
- Менеджеры стремятся капитализировать доходы компании, а не платить дивиденды. Это может привести к тому, что акционеры не получат минимум дохода на собственный капитал, вкладывая свои деньги в “туманное” будущее корпорации.

## 11.2. Экономическая добавленная стоимость (EVA)

В настоящее время многие авторы высказывают мнение, что показателем, на основании которого можно было бы стимулировать топ-менеджеров, является экономическая добавленная стоимость (economical value added — EVA), предложенная компанией *Stern Stewart*. Если отвлечься от методических сложностей, связанных с оценкой чистых капитализированных активов компании, идею этого показателя можно проиллюстрировать с помощью формулы

$$EVA = NOPAT - WACC \cdot IC = EBIT(1 - T) - WACC \cdot IC,$$

где NOPAT — чистая операционная прибыль корпорации (руб.);

EBIT — прибыль до выплаты процентов и налогов из прибыли (операционная прибыль) (руб.);

$T$  — ставка налога на прибыль (%);

WACC — средневзвешенная стоимость капитала корпорации (%);

IC — чистые капитализированные активы компании, т. е. оценка тех активов, в которые были инвестированы средства инвесторов (руб.).

У этого показателя есть два очевидных преимущества.

1. EVA более рациональна, чем прибыль корпорации, т. к. учитывает не только саму прибыль, но и капитал, который был инвестирован в компанию для ее получения. То есть сначала возмещается минимальный уровень доходов на вложенный капитал ( $WACC \cdot IC$ ), а затем оставшаяся сверхприбыль делится между акционерами и менеджерами.

2. Дисконтированная EVA за бесконечный срок существования корпорации равна NPV, который генерирует данная корпорация.

Последнее утверждение можно доказать следующим образом.

Дисконтируя EVA за весь срок  $n$  по ставке WACC, получим, что

$$\begin{aligned} & \sum_{t=1}^n PV_{WACC}(EVA) = \\ & = \sum_{t=1}^n PV_{WACC}(NOPAT) - \sum_{t=1}^n PV_{WACC}(WACC \cdot IC). \end{aligned}$$

Если перейти к пределу этой суммы за срок  $n \rightarrow \infty$ , то получим следующее.

- Современная стоимость чистой операционной прибыли корпорации за бесконечный срок ее существования равна современной стоимости ее будущих притоков денег:

$$\sum_{t=1}^n PV_{WACC}(NOPAT) = \sum_{t=1}^n PV_{WACC}(CIF),$$

где CIF — денежные притоки компании (руб.), вычисляемые по формуле

$$CIF = EBIT(1 - T) + D + L + \Delta NWC;$$

$D$  — амортизационные отчисления (руб.);

$L$  — ликвидационная стоимость проекта (руб.);



$\Delta NWC$  — изменение чистого оборотного капитала (дополнительных оборотных средств за вычетом изменения кредиторской задолженности) (руб.).

При этом предполагаем, что вся накопленная амортизация  $D$  реинвестируется в производство, а величины  $L$  и  $\Delta NWC$  возвращаются фирме в конце каждого проекта в том же объеме, в каком изначально инвестировались в проект. Таким образом, за весь бесконечный срок  $n$  меняется только сумма  $CIF$ , соответствующая в данном случае величине  $NOPAT$ .

- Современная стоимость минимального уровня доходов на вложенный капитал ( $WACC \cdot IC$ ) за бесконечный срок  $n$  представляет из себя перпетуитет, а, значит, равна величине  $IC$ , т. е.

$$\sum_{t=1}^n PV_{WACC}(WACC \cdot IC) = \frac{WACC \cdot IC}{WACC} = IC.$$

Следовательно, за бесконечный срок существования корпорации

$$\sum_{t=1}^n PV_{WACC}(EVA) = \sum_{t=1}^n PV_{WACC}(CIF) - IC = NPV,$$

что и требовалось доказать.

Таким образом, стремясь максимизировать  $EVA$ , менеджеры стремятся повысить  $NPV$  компании за бесконечный срок ее существования, а, следовательно, и рыночную оценку ее капитала.

### 11.3. Противоречия мотивации топ-менеджмента методом $EVA$

У показателя  $EVA$  помимо отмеченных преимуществ есть также значительные недостатки.

1.  $EVA$  оценивается на базе данных финансового (бухгалтерского) учета (за исключением  $WACC$ ). У менеджеров могут возникнуть мотивы для “накачивания”  $EVA$  за счет формальных бухгалтерских приемов.

2. Срок полномочий топ-менеджера в корпорации всегда ограничен. Поэтому важным является тот момент, когда менеджер заберет свое вознаграждение. Новый менеджер может столкнуться с массой нерешенных проблем, требующих инвестиций, в результате чего прежняя высокая EVA может резко понизиться.

3. Выражение

$$\sum_{t=1}^n PV_{WACC}(EVA) = NPV$$

справедливо только для бесконечного срока существования фирмы и ее проектов.

4. Если проекты краткосрочные или среднесрочные, то максимизация EVA может не привести к максимизации NPV. Инвестиционные оттоки все равно будут недооцениваться. Проиллюстрируем это на конкретной ситуации.

**Пример 83.** Завод планирует реконструкцию цеха переработки вторичных материалов. Возможны три варианта такой реконструкции. Денежные потоки по годам по каждому из вариантов представлены в табл. 209.

*Таблица 209*

**Денежные потоки по годам (тыс. у. е.)**

<i>Вариант</i>	<i>Год 0</i>	<i>Год 1</i>	<i>Год 2</i>	<i>Год 3</i>
Облегченный	−4 507	4 338	2 169	1 533
Средний	−9 460	5 784	8 676	2 704
Капитальный	−12 528	7 820	9 532	3 628

Средневзвешенная стоимость капитала предприятия — 25% годовых в условных единицах.

Требуется соотнести проекты по критериям NPV, IRR и ответить на вопрос: какой из проектов выберут топ-менеджеры, ориентированные на максимизацию EVA? При расчетах будем предполагать, что денежные потоки по каждому проекту примерно равны чистой операционной прибыли.

Используя 25% как ставку дисконта, нетрудно рассчитать критерии NPV и IRR для рассматриваемых проектов. Результаты расчетов представлены в табл. 210.

Таблица 210

**Расчет критериев NPV и IRR проектов**

Вариант	NPV (тыс. у. е.)	IRR (%)
Облегченный	1 136	<b>45,43</b>
Средний	<b>2 104</b>	40,74
Капитальный	1 686	34,8

Таким образом, если инвесторы заинтересованы в увеличении рыночной ценности фирмы, т. е. в повышении *массы полученного дохода*, то они предпочтут средний вариант реконструкции, имеющий максимальное значение NPV. Если они в большей степени ориентированы на *доходность в расчете на единицу вложенного капитала*, то для них оптимальным будет облегченный вариант, характеризующийся наибольшей величиной IRR. Однако ни при каких условиях для них не будет приемлем капитальный вариант, уступающий среднему и облегченному.

Однако, как видно из представленной ниже табл. 211, именно максимально капиталоемкий вариант реконструкции цеха будет в наибольшей степени отвечать интересам топ-менеджеров, мотивированных на увеличение EVA.

Таблица 211

**Расчет критерия EVA проектов по годам (тыс. у. е.)**

Вариант	Год 1	Год 2	Год 3
Облегченный	3 211	1 042	406
Средний	3 419	6 311	339
Капитальный	<b>4 688</b>	<b>6 400</b>	<b>496</b>

Например, по облегченному варианту получаем, что

$$EVA_1 = 4\,338 - 0,25 \cdot 4\,507 = 3\,211 \text{ (тыс. у. е.)};$$

$$EVA_2 = 2\,169 - 0,25 \cdot 4\,507 = 1\,042 \text{ (тыс. у. е.)};$$

$$EVA_3 = 1\,533 - 0,25 \cdot 4\,507 = 406 \text{ (тыс. у. е.)}.$$

Ежегодно в течение срока осуществления проекта именно капитальный вариант будет приносить топ-менеджерам максимум прибыли, и, таким образом, ими будет выбран неоптимальный ни в каком смысле вариант реструктуризации производственного цеха. Причем такая ситуация противоречия интересов топ-менеджмента и акционеров будет возникать очень часто в случаях, если проекты корпорации не очень продолжительны по сроку жизни.

#### 11.4. Модифицированная EVA

Вместе с тем отмеченный недостаток показателя можно в значительной степени исправить, если немного модифицировать показатель EVA с учетом ограниченного срока существования проектов, а топ-менеджеров стимулировать только по итогам уже завершенных проектов или их значимых этапов.

Модифицированная экономическая добавленная стоимость в этом случае будет выглядеть как

$$EVA(m) = \text{NOPAT} - \frac{\text{IC}}{a_{n;WACC}},$$

где  $n$  — срок жизни проекта (лет);

$a_{n;WACC}$  — дисконтный множитель для аннуитета со сроком  $n$  лет и ставкой дисконта WACC за год.

**Пример 83** (продолжение). В рассматриваемой ситуации с реконструкцией производственного цеха можно использовать модифицированный метод расчета EVA.

Например, по облегченному варианту проекта получаем, что

$$EVA(m)_1 = 4\,338 - \frac{4\,507}{a_{3;25\%}} = 2\,029 \text{ (тыс. у. е.)};$$

$$EVA(m)_2 = 2169 - \frac{4507}{a_{3;25\%}} = -140 \text{ (тыс. у. е.);}$$

$$EVA(m)_3 = 1533 - \frac{4507}{a_{3;25\%}} = -776 \text{ (тыс. у. е.).}$$

Как видно из приведенной ниже табл. 212, при использовании  $EVA(m)$  многие ее значения будут получаться отрицательными, что создаст некоторые неудобства. Чтобы их исправить, можно воспользоваться механизмом депонирования счетов топ-менеджеров на сроки, сравнимые с продолжительностью проектов.

Таблица 212

Расчет критериев  $EVA(m)$  и  $NPV$  проектов (тыс. у. е.)

Вариант	EVA(m)				NPV
	Год 1	Год 2	Год 3	FV <sub>12%</sub>	
Облегченный	2029	-140	-776	1612	1136
Средний	938	3830	-2142	<b>3324</b>	<b>2104</b>
Капитальный	1402	3114	-2790	2456	1686

В данном случае премии топ-менеджеров можно депонировать на специальном счете в надежном банке, с которым работает предприятие, сроком на три года (т. е. до окончания проекта) с начислением доходов по некоторой небольшой (безрисковой) ставке. Можно также определять эти премии по итогам завершения проекта в зависимости от суммарной за все годы  $EVA(m)$  с начисленными процентами.

При таком подходе, как видно из графы "FV<sub>12%</sub>" табл. 212, максимальная премия топ-менеджеров будет соответствовать варианту проекта с максимальным уровнем NPV, т. е. интересы топ-менеджеров и интересы акционеров придут наконец к соглашению.

### 11.5. Вознаграждение топ-менеджеров в зависимости от стоимости акций корпорации

Многие считают: чтобы оценка менеджеров была действительно объективной, необходимо, чтобы их работу оценивал рынок, а не они сами.

Если верить в то, что цены на акции — это дисконтированные доходы акционеров, ожидаемые в будущем, то для вознаграждения топ-менеджеров не надо придумывать никаких искусственных показателей. Таким показателем вполне может стать рыночная цена акций компании, ее рост.

Если менеджер будет стремиться повысить рыночную капитализацию компании, то тем самым он будет работать на рост благосостояния акционеров и интересы акционеров сойдутся с интересами менеджеров.

Тогда вариантами разрешения противоречий мотивации топ-менеджмента методом EVA или  $EVA(m)$  могут быть следующие.

1. Передача менеджерам части акций компании. Однако в этом случае менеджеры становятся ключевыми опасными персонами в акционерном обществе.

2. Индексация вознаграждения менеджеров в зависимости от стоимости акций компании. Однако, например, передача им в этом случае колл-опционов на акции опасна, т. к. менеджеры могут стать совладельцами компании. Поэтому лучше использовать расчетные опционы, не предполагающие поставку базисного актива. Кроме того, опционы должны быть европейскими, приуроченными к моменту завершения проекта. Это необходимо для того, чтобы избежать действий менеджеров, направленных на краткосрочное повышение рыночной цены акций.

Безусловно, эти варианты не способны в полной мере разрешить агентские конфликты между акционерами и менеджерами. В связи с этим теория мотивации топ-менеджмента находится в постоянном развитии. Поэтому далее мы рассмотрим еще один подход к этой проблеме, рекомендованный М. А. Лимитовским и основанный на разграничении топ-менеджеров на два типа инсайдеров в компании.

### 11.6. Инсайдер, повышающий ценность компании

Рассматривается менеджер с квалификацией аутсайдера. Пусть имеется типичный проект фирмы с двумя исходами:

- *Оптимистичный*. Его вероятность равна  $p$ . Прирост ценности фирмы в этом случае составляет  $\Delta V_u$ .

- *Пессимистичный*. Его вероятность равна  $1 - p$ . Прирост ценности фирмы составляет  $\Delta V_d$ .

Оба исхода показаны на рис. 109.

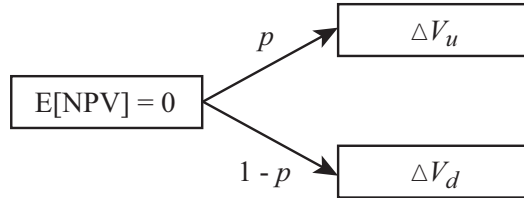


Рис. 109. Типичный проект “аутсайдерской” фирмы

С позиции аутайдера на равновесном рынке акций верно

$$E[\text{NPV}] = \Delta V_u p + \Delta V_d (1 - p) = 0;$$

$$\Delta V_d = -\frac{\Delta V_u p}{1 - p}. \quad (74)$$

Если менеджер обладает специальной квалификацией и дополнительной внутренней информацией, т. е. является инсайдером для фирмы, то он принимает “правильные” решения с вероятностью  $q > p$ . При этом вероятности независимы, т. к.  $p$  характеризует свойства проекта, а  $q$  — квалификацию менеджера.

Такой проект уже имеет 4 возможных исхода (рис. 110):

- Проект удачный, и он будет принят инсайдером. Вероятность —  $pq$ , результат —  $\Delta V_u$ .
- Проект удачный, но он не будет принят инсайдером. Вероятность —  $p(1 - q)$ , результат — минус  $\Delta V_u$ .
- Проект неудачный, и он не будет принят инсайдером. Вероятность —  $(1 - p)q$ , результат 0.
- Проект неудачный, но он будет принят инсайдером. Вероятность —  $(1 - p)(1 - q)$ , результат —  $\Delta V_d$ .

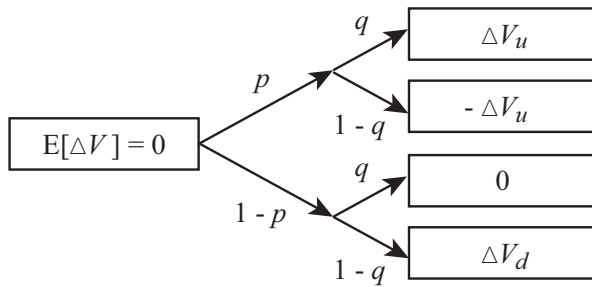


Рис. 110. Проект компании с “инсайдерским” управлением

Ожидаемый прирост ценности, полученный благодаря появлению инсайдера в фирме, составляет

$$\begin{aligned} E[\Delta V] &= pq\Delta V_u + p(1-q)(-\Delta V_u) + (1-p)(1-q)\Delta V_d = \\ &= p\Delta V_u(q-1+q) + (1-p)(1-q)\Delta V_d. \end{aligned}$$

С учетом (73) получаем

$$E[\Delta V] = p\Delta V_u(2q-1) - (1-p)(1-q)\frac{\Delta V_u p}{1-p} = p\Delta V_u(3q-2).$$

Очевидно, что  $p\Delta V_u > 0$ . Тогда  $E[\Delta V] > 0$ , когда  $3q - 2 > 0$ . Следовательно,  $q > 2/3$ . То есть инсайдер создает дополнительную ценность для прочих акционеров компании, если вероятность правильного стратегического выбора для него больше  $2/3$ .

### 11.7. Инсайдер, мотивированный на рост ценности компании

Существуют три типа инсайдеров по отношению к аутсайдерам:

1. *Партнеры (друзья)*. Они мотивированы на рост ценности собственного капитала и стремятся к росту собственного благосостояния через рост благосостояния своих партнеров — остальных акционеров.



2. *Регенты*. Они стремятся к максимальному “освоению” имеющегося капитала посредством его инвестирования в любые проекты, которые можно презентовать аутсайдерам как выгодные или необходимые для бизнеса. Их интерес заключается в росте агентской выгоды, которая может увеличиться вместе с ростом капитала под их управлением.

3. *Диверсанты*. Они принимают инновационные решения во вред остальным акционерам и бизнесу в целом. Их интерес может быть связан с максимизацией агентской выгоды от принятия проектов, разрушающих ценность фирмы.

В связи с этим на практике согласно модели М. А. Лимитовского определяется доля инсайдера в доходах ( $\alpha$ ), которая перевешивает потерю альтернативных доходов (диверсант) и вместе с тем не создает деструктивной мотивации (регент):

$$\underbrace{\frac{b}{\Delta V_u} - k_2 \cdot \frac{\delta}{\Delta V_u}}_{\text{(диверсант)}} < \alpha < \underbrace{\frac{b}{\Delta V_u} + \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{\delta}{\Delta V_u}}_{\text{(регент)}}$$

где  $b$  — частная выгода, которую получает инсайдер при отклонении “хорошего” проекта, выгодного аутсайдерам (руб.);

$\delta$  — ожидаемый частный убыток (в том числе неденежный) для инсайдера при принятии им “плохого” проекта, разрушающего ценность фирмы (руб.);

$k_1 = \frac{1-p}{p}$ ,  $k_2 = \frac{1-q}{q}$ ,  $\Delta V_u$  — показатели, отражающие ожидания, которые относятся к проекту и инсайдеру, принимающему решения.

*Вывод:* Рациональный инсайдер, не несущий материальной ответственности за принятие неэффективных проектов, не может быть конструктивно мотивирован.

## 11.8. Задачи

### Задача 1

Акционерное общество планирует реализацию одного из альтернативных инновационных проектов (табл. 213).

Таблица 213

**Денежные потоки инновационных проектов  
(тыс. руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект 1	-5 500	2 000	3 500	2 750	3 000
Проект 2	-13 500	6 500	7 000	6 000	5 500
Проект 3	-10 500	5 500	6 000	5 000	3 500

WACC = 30% годовых. Премии топ-менеджеров депонируются на специальном счете в банке сроком на 4 года (т. е. до окончания проекта) с начислением доходов по ставке 15% годовых. Какой проект выгодней акционерам (по критерию NPV), а какой — топ-менеджерам (по критериям EVA и EVA( $m$ ))?

## Задача 2

Акционерное общество планирует реализацию одного из альтернативных инновационных проектов (табл. 214).

Таблица 214

**Денежные потоки инновационных проектов  
(тыс. руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект 1	-6 500	3 500	2 750	3 000	3 250
Проект 2	-8 500	4 000	4 500	2 200	5 500
Проект 3	-11 750	5 000	6 000	4 500	6 500

WACC = 27,5% годовых. Премии топ-менеджеров депонируются на специальном счете в банке сроком на 4 года (т. е. до окончания проекта) с начислением доходов по ставке 15% годовых. Какой проект выгодней акционерам (по критерию NPV), а какой — топ-менеджерам (по критериям EVA и EVA( $m$ ))?

### Задача 3

Акционерное общество планирует реализацию одного из альтернативных инновационных проектов (табл. 215).

Таблица 215

**Денежные потоки инновационных проектов  
(тыс. руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект 1	-12 500	6 000	5 500	6 000	5 000
Проект 2	-6 700	2 500	4 000	3 750	3 000
Проект 3	-11 000	5 500	5 000	5 500	4 500

WACC = 25% годовых. Премии топ-менеджеров депонируются на специальном счете в банке сроком на 4 года (т. е. до окончания проекта) с начислением доходов по ставке 15% годовых. Какой проект выгодней акционерам (по критерию NPV), а какой — топ-менеджерам (по критериям EVA и EVA( $m$ ))?

### Задача 4

Акционерное общество планирует реализацию одного из альтернативных инновационных проектов (табл. 216).

Таблица 216

**Денежные потоки инновационных проектов  
(тыс. руб.)**

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4
Проект 1	-8 250	3 500	4 700	2 500	2 500
Проект 2	-10 750	4 500	5 500	4 500	4 000
Проект 3	-4 750	2 000	2 500	2 750	2 500

WACC = 22,5% годовых. Премии топ-менеджеров депонируются на специальном счете в банке сроком на 4 года (т. е. до окончания проекта) с начислением доходов по ставке 15% годовых. Какой проект выгодней акционерам (по критерию NPV), а какой — топ-менеджерам (по критериям EVA и EVA( $m$ ))?

### Ответы

1. Акционерам по критерию NPV выгодней проект 3. Топ-менеджерам по критерию EVA выгодней проект 2, а по критерию EVA( $m$ ) — проект 3.
2. Акционерам по критерию NPV выгодней проект 1. Топ-менеджерам по критерию EVA выгодней проект 3, а по критерию EVA( $m$ ) — проект 1.
3. Акционерам по критерию NPV выгодней проект 3. Топ-менеджерам по критерию EVA выгодней проект 1, а по критерию EVA( $m$ ) — проект 3.
4. Акционерам по критерию NPV выгодней проект 3. Топ-менеджерам по критерию EVA выгодней проект 2, а по критерию EVA( $m$ ) — проект 3.

## Заключение

В учебнике обстоятельно разобраны основные технологии финансового обеспечения инноваций на предприятии. Тем не менее будущему специалисту-инноватору было бы полезно более детально проработать некоторые из обозначенных нами вопросов. Для этого мы могли бы дать следующие рекомендации.

Помимо классических критериев выбора вложений капитала в инновационные проекты, которые были разобраны в главах 3, 5 и 11, будущему специалисту-инноватору можно также использовать для рыночной оценки инновационного бизнеса критерии, детально описанные в книгах [3], [13] и [17]. Кроме того, еще больше адаптировать финансовые расчеты к реальному бизнесу поможет книга [14]. Если же брать классические источники финансирования инвестиций, к которым относятся эмиссия акций, облигаций, банковские кредиты и пр., то изучить их помогут книги [2], [3] и [23].

Для получения дополнительных навыков в области финансирования корпоративных инноваций, на наш взгляд, следует прежде всего изучать труды таких ученых, как А. Дамодаран и П. Фернандес. Применение мультипликаторов для оценки эффективности подобного финансирования можно изучить, например, по книге [3]. Чтобы более подробно освоить технологии принятия финансовых решений в условиях неопределенности, мы рекомендуем прежде всего научные труды и книги Л. Крушвица. Наконец, для дополнительного изучения метода реальных опционов можно порекомендовать книгу [3], а также труды таких ученых, как К. Бастион-Пинто, Л. Брандао, Т. Коупленд, В. Антикаров, Дж. Мун, Т. Хаатела, Дж. Халл и др.

Нельзя также не отметить еще раз важность владения компьютерными технологиями финансовых расчетов, в том числе для решения различных задач финансового обеспечения инноваций. С этой целью мы хотели бы рекомендовать книги В. П. Дьяконова, например, [4] и [5], А. М. Половко, к примеру, [15] и [16], и О. А. Сдвижкова, например, [18].

Мы также надеемся, что и настоящая книга поможет студенту, обучающемуся по направлению подготовки “Инноватика”, достаточно легко и быстро разобраться в основных проблемах осуществления, внедрения и финансирования инноваций на предприятии.

## Приложение 1

Таблица 217

Приведенная стоимость ординарного аннуитета  $a_{\overline{n}|i}$  в 1 ден. ед.  
продолжительностью  $n$  периодов

$n$	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
1	0,9901	0,9804	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174
2	1,9704	1,9416	1,9135	1,8861	1,8594	1,8334	1,8080	1,7833	1,7591
3	2,9410	2,8839	2,8286	2,7751	2,7232	2,6730	2,6243	2,5771	2,5313
4	3,9020	3,8077	3,7171	3,6299	3,5460	3,4651	3,3872	3,3121	3,2397
5	4,8534	4,7135	4,5797	4,4518	4,3295	4,2124	4,1002	3,9927	3,8897
6	5,7955	5,6014	5,4172	5,2421	5,0757	4,9173	4,7665	4,6229	4,4859
7	6,7282	6,4720	6,2303	6,0021	5,7864	5,5824	5,3893	5,2064	5,0330
8	7,6517	7,3255	7,0197	6,7327	6,4632	6,2098	5,9713	5,7466	5,5348
9	8,5660	8,1622	7,7861	7,4353	7,1078	6,8017	6,5152	6,2469	5,9952
10	9,4713	8,9826	8,5302	8,1109	7,7217	7,3601	7,0236	6,7101	6,4177
11	10,3676	9,7868	9,2526	8,7605	8,3064	7,8869	7,4987	7,1390	6,8052
12	11,2551	10,5753	9,9540	9,3851	8,8633	8,3838	7,9427	7,5361	7,1607
13	12,1337	11,3484	10,6350	9,9856	9,3936	8,8527	8,3577	7,9038	7,4869
14	13,0037	12,1062	11,2961	10,5631	9,8986	9,2950	8,7455	8,2442	7,7862
15	13,8651	12,8493	11,9379	11,1184	10,3797	9,7122	9,1079	8,5595	8,0607
16	14,7179	13,5777	12,5611	11,6523	10,8378	10,1059	9,4466	8,8514	8,3126

Продолжение табл. 217

n	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
17	15,5623	14,2919	13,1661	12,1657	11,2741	10,4773	9,7632	9,1216	8,5436
18	16,3983	14,9920	13,7535	12,6593	11,6896	10,8276	10,0591	9,3719	8,7556
19	17,2260	15,6785	14,3238	13,1339	12,0853	11,1581	10,3356	9,6036	8,9501
20	18,0456	16,3514	14,8775	13,5903	12,4622	11,4699	10,5940	9,8181	9,1285
21	18,8570	17,0112	15,4150	14,0292	12,8212	11,7641	10,8355	10,0168	9,2922
22	19,6604	17,6580	15,9369	14,4511	13,1630	12,0416	11,0612	10,2007	9,4424
23	20,4558	18,2922	16,4436	14,8568	13,4886	12,3034	11,2722	10,3711	9,5802
24	21,2434	18,9139	16,9355	15,2470	13,7986	12,5504	11,4693	10,5288	9,7066
25	22,0232	19,5235	17,4131	15,6221	14,0939	12,7834	11,6536	10,6748	9,8226
26	22,7952	20,1210	17,8768	15,9828	14,3752	13,0032	11,8258	10,8100	9,9290
27	23,5596	20,7069	18,3270	16,3296	14,6430	13,2105	11,9867	10,9352	10,0266
28	24,3164	21,2813	18,7641	16,6631	14,8981	13,4062	12,1371	11,0511	10,1161
29	25,0658	21,8444	19,1885	16,9837	15,1411	13,5907	12,2777	11,1584	10,1983
30	25,8077	22,3965	19,6004	17,2920	15,3725	13,7648	12,4090	11,2578	10,2737
35	29,4086	24,9986	21,4872	18,6646	16,3742	14,4982	12,9477	11,6546	10,5668
40	32,8347	27,3555	23,1148	19,7928	17,1591	15,0463	13,3317	11,9246	10,7574
45	36,0945	29,4902	24,5187	20,7200	17,7741	15,4558	13,6055	12,1084	10,8812
50	39,1961	31,4236	25,7298	21,4822	18,2559	15,7619	13,8007	12,2335	10,9617
55	42,1472	33,1748	26,7744	22,1086	18,6335	15,9905	13,9399	12,3186	11,0140

Продолжение табл. 217

<i>n</i>	10%	12%	14%	15%	16%	18%	20%	24%	28%	32%
1	0,9091	0,8929	0,8772	0,8696	0,8621	0,8475	0,8333	0,8065	0,7813	0,7576
2	1,7355	1,6901	1,6467	1,6257	1,6052	1,5656	1,5278	1,4568	1,3916	1,3315
3	2,4869	2,4018	2,3216	2,2832	2,2459	2,1743	2,1065	1,9813	1,8684	1,7663
4	3,1699	3,0373	2,9137	2,8550	2,7982	2,6901	2,5887	2,4043	2,2410	2,0957
5	3,7908	3,6048	3,4331	3,3522	3,2743	3,1272	2,9906	2,7454	2,5320	2,3452
6	4,3553	4,1114	3,8887	3,7845	3,6847	3,4976	3,3255	3,0205	2,7594	2,5342
7	4,8684	4,5638	4,2883	4,1604	4,0386	3,8115	3,6046	3,2423	2,9370	2,6775
8	5,3349	4,9676	4,6389	4,4873	4,3436	4,0776	3,8372	3,4212	3,0758	2,7860
9	5,7590	5,3282	4,9464	4,7716	4,6065	4,3030	4,0310	3,5655	3,1842	2,8681
10	6,1446	5,6502	5,2161	5,0188	4,8332	4,4941	4,1925	3,6819	3,2689	2,9304
11	6,4951	5,9377	5,4527	5,2337	5,0286	4,6560	4,3271	3,7757	3,3351	2,9776
12	6,8137	6,1944	5,6603	5,4206	5,1971	4,7932	4,4392	3,8514	3,3868	3,0133
13	7,1034	6,4235	5,8424	5,5831	5,3423	4,9095	4,5327	3,9124	3,4272	3,0404
14	7,3667	6,6282	6,0021	5,7245	5,4675	5,0081	4,6106	3,9616	3,4587	3,0609
15	7,6061	6,8109	6,1422	5,8474	5,5755	5,0916	4,6755	4,0013	3,4834	3,0764
16	7,8237	6,9740	6,2651	5,9542	5,6685	5,1624	4,7296	4,0333	3,5026	3,0882



<i>n</i>	10%	12%	14%	15%	16%	18%	20%	24%	28%	32%
17	8,0216	7,1196	6,3729	6,0472	5,7487	5,2223	4,7746	4,0591	3,5177	3,0971
18	8,2014	7,2497	6,4674	6,1280	5,8178	5,2732	4,8122	4,0799	3,5294	3,1039
19	8,3649	7,3658	6,5504	6,1982	5,8775	5,3162	4,8435	4,0967	3,5386	3,1090
20	8,5136	7,4694	6,6231	6,2593	5,9288	5,3527	4,8696	4,1103	3,5458	3,1129
21	8,6487	7,5620	6,6870	6,1325	5,9731	5,3837	4,8913	4,1212	3,5514	3,1158
22	8,7715	7,6446	6,7429	6,3587	6,0113	5,4099	4,9094	4,1300	3,5558	3,1180
23	8,8832	7,7184	6,7921	6,3988	6,0442	5,4321	4,9245	4,1371	3,5592	3,1197
24	8,9847	7,7843	6,8351	6,4338	6,0726	5,4509	4,9371	4,1428	3,5619	3,1210
25	9,0770	7,8431	6,8729	6,4641	6,0971	5,4669	4,9476	4,1474	3,5640	3,1220
26	9,1609	7,8957	6,9061	6,4906	6,1182	5,4804	4,9563	4,1511	3,5656	3,1227
27	9,2372	7,9426	6,9352	6,5135	6,1364	5,4919	4,9636	4,1542	3,5669	3,1233
28	9,3066	7,9844	6,9607	6,5335	6,1520	5,5016	4,9697	4,1566	3,5679	3,1237
29	9,3696	8,0218	6,9830	6,5509	6,1656	5,5098	4,9747	4,1585	3,5687	3,1240
30	9,4269	8,0552	7,0027	6,5660	6,1772	5,5168	4,9789	4,1601	3,5693	3,1242
35	9,6442	8,1755	7,0700	6,6166	6,2153	5,5386	4,9915	4,1644	4,5708	3,1248
40	9,7791	8,2438	7,1050	6,6418	6,2335	5,5482	4,9966	4,1659	3,5712	3,1250
45	9,8628	8,2825	7,1232	6,6543	6,2421	5,5523	4,9986	4,1664	3,5714	3,1250
50	9,9148	8,3045	7,1327	6,6605	6,2463	5,5541	4,9995	4,1666	3,5714	3,1250
55	9,9471	8,3170	7,1376	6,6636	6,2482	5,5549	4,9998	4,1666	3,5714	3,1250

Область под кривой нормального распределения для нахождения  $N(d)$ 

$d$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441

Окончание табл. 218

$d$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4773	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4982	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990

Например:  $d = 0,32 \implies N(d) = 0,5 + 0,1255 = 0,6255$ ;  
 $d = -0,32 \implies N(d) = 0,5 - 0,1255 = 0,3745$ .

## Список литературы

1. Ануфриев И. Е., Смирнов А. Б., Смирнова Е. Н. MATLAB 7. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
2. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: полный курс: В 2-х т. СПб.: Экономическая школа, 2005.
3. Дамодаран А. Инвестиционная оценка. Инструменты и техника оценки любых активов. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.
4. Дьяконов В. П. Maple 9.5/10 в математике, физике и образовании. М.: СОЛОН-Пресс, 2006.
5. Дьяконов В. П. Mathematica 5/6/7. Полное руководство. М.: ДМК Пресс, 2010.
6. Кошелев Е. В. Инвестиционный анализ: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2006.
7. Кошелев Е. В. Математические методы в экономике и финансах: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2008.
8. Кошелев Е. В., Яшин С. Н. Математика. Практикум: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во ННГУ им. Р. Е. Алексеева, 2013.
9. Крушвиц Л. Инвестиционные расчеты. СПб.: Питер, 2001.
10. Кузнецов А. В., Сакович В. А., Холод Н. И. Высшая математика. Математическое программирование. Мн.: Вышэйшая школа, 1994.
11. Лимитовский М. А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках: учеб.-практич. пособие. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2008.
12. Лимитовский М. А. Репутация, квалификация и мотивация как драйверы ценности // Российский журнал менеджмента, 2009, том 7, № 2, с. 51–68.
13. Лобанова Е. Н. и др. Корпоративный финансовый менеджмент: учеб.-практич. пособие. М.: Юрайт, 2012.
14. Огиер Т., Рагман Дж., Спайсер Л. Настоящая стоимость капитала: практическое руководство по принятию финансовых решений. Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2007.
15. Половко А. М. Mathematica для студента. СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
16. Половко А. М., Бутусов П. Н. MATLAB для студента. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.

17. Рош. Дж. Стоимость компании: от желаемого к действительному. Мн.: Гревцов Паблшер, 2008.
18. Сдвижков О. А. Математика на компьютере: Maple 8. М.: СОЛОН-Пресс, 2003.
19. Трифонов Ю. В., Яшин С. Н., Кошелев Е. В. Технологии фондового рынка в бизнесе: монография. Н. Новгород: ООО "Печатная Мастерская РАДОНЕЖ", 2015.
20. Туккель И. Л. и др. Разработка и принятие решения в управлении инновациями: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
21. Туккель И. Л. и др. Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2011.
22. Туккель И. Л., Яшин С. Н., Кошелев Е. В. Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности. Практикум: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2013.
23. Четыркин Е. М. Финансовая математика: учебник. 4-е изд. М.: Дело, 2004.
24. Яшин С. Н., Кошелев Е. В. Финансовый и инвестиционный анализ инноваций: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2010.
25. Яшин С. Н., Кошелев Е. В., Купцов А. В. Разработка и реализация инновационно-инвестиционной стратегии предприятия: монография. Н. Новгород: Изд-во НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2011.
26. Яшин С. Н., Кошелев Е. В., Купцов А. В. Разработка и финансовое обеспечение инновационной стратегии предприятия: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2012.
27. Яшин С. Н., Кошелев Е. В., Купцов А. В., Подшибякин Д. В. Инвестиционное планирование модернизации оборудования производственной компании: монография. Н. Новгород: ООО "Печатная Мастерская РАДОНЕЖ", 2015.
28. Яшин С. Н., Кошелев Е. В., Макаров С. А. Анализ эффективности инновационной деятельности: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
29. Яшин С. Н., Туккель И. Л., Кошелев Е. В. Экономика и финансовое обеспечение инновационной деятельности. Том 1. Экономика: учебник. СПб.: БХВ-Петербург, 2014.
30. Яшин С. Н., Яшина Н. И., Кошелев Е. В. Финансирование инноваций и инвестиций предприятий: монография. Н. Новгород: Изд-во ВГИПУ, 2010.

Сергей Николаевич Яшин  
Иосиф Львович Туккель  
Егор Викторович Кошелев  
Юлия Владимировна Захарова

**ЭКОНОМИКА  
И ФИНАНСОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Учебник*

*Том второй*

**Финансовое обеспечение**

*Печатается в авторской редакции*

Формат 60 × 84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 41,3. Уч.-изд. л. 40,7.  
Заказ № . Тираж 500 экз.

Издательство Нижегородского государственного  
университета им. Н. И. Лобачевского  
603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.

Отпечатано в типографии Нижегородского госуниверситета  
им. Н. И. Лобачевского  
603000, г. Нижний Новгород, ул. Б. Покровская, 37