

**В.И.Котов**

**РИСК-АНАЛИЗ  
НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ  
И ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

2-е издание, дополненное и переработанное

**Санкт-Петербург**

**2014**

УДК 336.144.2

ББК 65.26

К73

Рецензент:

Е.В.Востоков – кандидат экономических наук, профессор, Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича.

К73 Риск-анализ на основе функций чувствительности и теории нечетких множеств. / **В.И.Котов**, – СПб: Астерион, 2014. – 223 с.

ISBN 978-5-00045-113-7

Монография посвящена количественному анализу влияния рисков на инвестиционные проекты, как на стадии проектирования, так и в процессе их реализации. Предложена оригинальная модель, с помощью которой для различных целевых функций, зависящих от множества риск-параметров, определяются функции чувствительности как динамические характеристики рискованности любого инвестиционного проекта. Введены понятия локальных и глобальных функций чувствительности, описаны их свойства, а также методика расчета в пределах заданного горизонта планирования.

Для сравнения степени рискованности различных проектов предложены интегральные индексы чувствительности. Рассмотрена методика анализа одновременного влияния совокупности рисков, в основе которой лежат функции чувствительности и теория нечетких множеств. Такое сочетание двух подходов позволяет корректно оценивать влияние рисков в ситуациях, когда классическая теория вероятности не работает.

На прилагаемом CD представлены демонстрационные модели и примеры практического использования предложенной методики риск-анализа.

**УДК 336.144.2**

**ББК 65.26**

**ISBN 978-5-00045-113-7**

© В.И.Котов, 2007

© В.И.Котов, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие ко второму изданию .....	5
Введение .....	8
1. Источники риска и общая модель анализа .....	19
1.1. Основные определения .....	19
1.2. Классификация источников риска .....	20
1.3. Цели риск-анализа и динамическая модель денежных потоков .....	29
1.4. Общий алгоритм риск-анализа .....	49
1.5. Проблема оценки предельно-допустимых значений риск-параметров. ....	52
2. Функции чувствительности проекта к рискам .....	55
2.1. Определение функции чувствительности .....	55
2.2. Модель расчета функций чувствительности .....	56
2.3. Варианты целевых функций проекта .....	72
2.4. Виды функций чувствительности .....	73
2.5. Свойства целевых функций и функций чувствительности .....	81
2.6. Особенности функций чувствительности к ценам и натуральным объемам продаж .....	88
3. Анализ одновременного влияния совокупности рисков .....	94
3.1. Линейная модель анализа .....	94
3.2. Интегральные индексы чувствительности инвестиционного проекта .....	100
3.3. Нелинейная модель и чувствительности второго порядка .....	107
3.4. О взаимной зависимости риск-параметров модели .....	112
4. Пример анализа функций чувствительности .....	116
4.1. Исходный сценарий инвестиционного проекта .....	116
4.2. Функции чувствительности проекта .....	126
4.3. Проверка линейности модели .....	134
4.4. Оценка предельных значений риск-параметров .....	135
4.5. Интегральные индексы чувствительности проекта .....	137
5. Основы теории нечетких множеств .....	144
5.1. Неопределенность, статистика и квазистатистика .....	144
5.2. Нечеткие множества (основные определения) .....	149
5.3. Нечеткие числа и операции над ними .....	154
5.4. Нечеткие функции .....	158
6. Нечеткая оценка влияния совокупности рисков .....	162

6.1. Модель нечеткого относительного отклонения целевой функции.....	162
6.2. Пример нечеткого анализа влияния совокупности рисков.....	164
6.3. Оценка вероятности одновременного воздействия случайной комбинации рисков событий из заданной совокупности рисков.....	168
6.4. Нечеткая оценка математического ожидания границ отклонения целевой функции при одновременном воздействии совокупности рисков	171
6.5. Чувствительность и сценарный подход к риск-анализу .....	175
6.6. Нечеткая оценка рисков составляющей в ставке дисконта.....	176
7. Анализ риска кредиторов.....	180
7.1. Показатели риска кредиторов .....	180
7.2. Пример оценки риска кредиторов .....	183
8. Риск-анализ в задачах управления проектами .....	186
8.1. Общая методология риск-анализа .....	186
8.2. Ранжирование риск-параметров проекта.....	187
8.3. Модель управления проектом.....	190
Заключение .....	195
Литература.....	199
Приложение 1. Коэффициенты дисконтирования и распределения .....	206
Приложение 2. Учет изменения ставки дисконтирования во времени .....	209
Приложение 3. Математическое ожидание относительного отклонения целевой функции при воздействии случайной совокупности рисков событий.....	210
Приложение 4. Комментарий к компьютерной модели на CD.....	215
П4.1. Структура компьютерной модели .....	215
П4.2. Порядок расчета функции чувствительности .....	219
П4.3. Порядок анализа одновременного влияния совокупности рисков ...	220
П4.4. Работа с нелинейной моделью .....	221

## **Предисловие ко второму изданию**

С момента выхода первого издания книги прошло более шести лет. За это время накоплен определенный опыт использования функций чувствительности при количественной оценке степени рискованности инвестиционных проектов в различных отраслях экономической деятельности. Предложенный нами инструментарий риск-анализа оказался весьма полезным, как для разработчиков бизнес-планов, так и для инвесторов при сравнении степени рискованности альтернативных проектов. Он особенно удобен при сопоставлении различных сценариев одного и того же проекта, т.к. в этом случае используется одна и та же модель денежных потоков и чувствительности, варьируются лишь исходные данные сценариев.

Во многих работах [1, 14, 19, 20, 23, 26 и др.], посвященных риск-анализу, рассматриваются различные методы и подходы к оценке влияния рисков на инвестиционные проекты. Особенно большое внимание уделяется качественным методам риск-анализа. К количественным методам, как правило, относят метод сценариев, имитационное моделирование и анализ чувствительности проекта к отклонению параметров. К недостаткам последнего авторы, чаще всего, относят его однофакторность, т.е. определение чувствительности по каждому риску в отдельности, и непригодность в ситуациях взаимной зависимости рисков. Указания на эти «недостатки» почти дословно кочуют из публикации в публикацию без каких-либо конкретных примеров и доказательств. В нашей монографии [9] и в статьях [10-13] мы последовательно стремились показать несостоятельность данной критики. Однако в недавних публикациях [1, 23] авторы без всяких обоснований продолжают повторять те же претензии к методу чувствительностей.

Практически во всех публикациях доминируют так называемые вероятностные методы количественных оценок риска, основанные на задании неких гипотетических вероятностей состояний окружающей бизнес среды, которые, как будет показано далее, не могут быть определены в реальных ситуациях.

Ссылки на какие-либо субъективные экспертные оценки указанных вероятностей на наш взгляд являются не убедительными.

В этом издании мы решили привести дополнительные аргументы для обоснования нашей точки зрения, а также представить дальнейшее развитие теории функций чувствительности как полноценного количественного метода риск-анализа. В книгу включены новые теоретические результаты, инструментарий и методика использования данного подхода при управлении проектами в условиях неопределенности и риска.

По сравнению с предыдущим изданием расширен спектр целевых функций, на основе которых проводится риск-анализ, в частности, рассмотрены такие функции, как коэффициент внутренней экономической эффективности (Profitability Index) и срок окупаемости инвестиций (Payback Period) с учетом дисконтирования. Более подробно анализируются свойства и критерии линейности и нелинейности целевых функций инвестиционных проектов. Для ситуаций, когда нелинейностью пренебречь нельзя предложена новая модель расчета функций чувствительности второго порядка.

Уточнена экономическая трактовка предложенных ранее интегральных индексов чувствительности инвестиционного проекта при воздействии совокупности рисков. Использование теории нечетких множеств Л.Заде [36-37], как более адекватной альтернативы вероятностному подходу, позволило корректно решить задачу количественной оценки одновременного влияния совокупности рисков на финансовые результаты проекта.

В работе приводится множество примеров практического использования функций чувствительности. На прилагаемом к изданию CD размещены демонстрационные модели для расчета: функций чувствительности первого и второго порядков, интегральных индексов чувствительности (рискованности) проекта. Здесь же представлена методика и модель расчета рисковой поправки к ставке дисконтирования при расчете *NPV* – одного из важнейших показателей эффективности инвестиционного проекта. Эта методика позволяет исключить субъективизм при выборе ставки дисконтирования.

Автор благодарит рецензента, профессора Е.В.Востокова, а также коллег по кафедре Управления и моделирования в социально-экономических системах СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича за критические замечания и советы по улучшению содержания книги.

## **Введение**

### ***Некоторые размышления о природе и свойствах неопределенности***

Неопределенность это неустранимое глобальное свойство всех социально-экономических систем, являющееся источником множества рискованных событий и рискованных решений, которые вынуждены принимать люди, полагаясь на интуицию и свои субъективные суждения. Неопределенность является одной из причин непознаваемости человеком окружающего нас мира. О проблеме ограниченности человеческого разума и познания мира весьма подробно писал немецкий философ Иммануил Кант. В своем главном труде «Критика чистого разума», опубликованном в 1781 году, он утверждал, что мир сущностей оказывается непознаваемой «вещью в себе». Исследования взаимодействия человеческого разума и окружающего мира привели Канта к агностицизму, т.е. к утверждению, будто природа вещей, как они существуют сами по себе, принципиально недоступна нашему пониманию. Последнее возможно только относительно «явлений», т.е. способа, посредством которого вещи обнаруживаются в нашем опыте.

Следует особо отметить, что Кант сочетал признание объективной реальности вещи в себе с категорическим отрицанием ее познаваемости. В частности он писал: «Нам даны вещи как вне нас находящиеся предметы наших чувств, но о том, каковы они сами по себе, мы ничего не знаем, а знаем только их явления, т.е. представления, которые они в нас производят, воздействуя на наши чувства». (Пролегомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука. – Соч. в 6 т., т. 4, ч. 1. Изд-во «Мысль», М., 1965, с. 105). Однако остается необъясненным, почему вещи в себе, раз они доступны нашим органам чувств, остаются абсолютно непознаваемыми. Разрыв между принципиально непознаваемой объективной реальностью вещей в себе и вполне познаваемой субъективной реальностью мира явлений – важная черта теории познания Канта.



Данную идею впоследствии подтвердил Фрэнк Найт. В работе «Risk, Uncertainty and Profit» (1921 г.) он писал, что «...нашему ограниченному интеллекту приходится иметь дело со слишком большим количеством самых разнообразных объектов, и когда мы оцениваем количество объектов, функционирующих в любой конкретной ситуации целенаправленного поведения и возможное многообразие их проявлений, то становится очевидным, что только бесконечный разум был бы в состоянии охватить все возможные комбинации» (цитируется по переводу на русский язык выполненному Центром эволюционной экономики, Изд-во «Дело», 2003).

Соглашаясь с непознаваемостью (неопределенностью) в строгом смысле мы не будем пытаться опровергнуть Канта и Найта, а сделаем попытку оценить степень этой неопределенности и по-возможности снизить ее негативное влияние на результаты конкретной экономической деятельности, как человеческого опыта. Более детальную трактовку неопределенности, о которой писал Найт, отложим до раздела 5. Здесь же будем использовать следующее определение.

**Неопределенность** [*uncertainty*] можно описать как — характеристику ситуации, когда полностью или частично отсутствует информация о возможных состояниях рассматриваемой системы и окружающей ее внешней среды. Эти состояния могут быть изменчивыми и зависеть от множества причин (источников). Рассмотрим два основных источника этой неопределенности:

1. Природные явления, такие как всевозможные катаклизмы и колебания климатических параметров окружающей среды для которых характерна слабая предсказуемость.
2. Явления, порождаемые человеческой деятельностью.

Человечество постоянно пытается бороться с негативными последствиями природных явлений. Проводятся многочисленные научные исследования, с помощью которых, во-первых, удастся лучше понять механизмы этих явлений, совершенствовать методики их прогнозирования, а во-вторых, соз-

давать соответствующую инфраструктуру и технологии: защитные сооружения, более надежные строительные конструкции, теплоизолирующие и гидроизолирующие материалы и пр. Можно снижать негативное влияние этого источника неопределенности путем оптимизации географического размещения производительных сил, создавать более безопасную среду обитания.

Что касается второго источника неопределенности, то она порождается бесконечным процессом принятия решений людьми, личные цели и интересы которых слабо координируются между собой. Сказанное относится к физическим лицам, к представителям корпораций, а также к правительствам национальных государств и представителям различных международных институтов. Справедливости ради следует отметить, что решения, принимаемые указанными субъектами, не являются спонтанными, т.к. на них влияют известные глобальные механизмы координации. Прежде всего, это рыночные силы, толкающие экономических субъектов к равновесию спроса и предложения, к поиску наиболее эффективных инвестиционных решений. Не последнюю роль в механизмах координации играет фактор личной выгоды любого субъекта, принимающего решения.

Помимо рыночных сил степень неопределенности в поведении людей может снижать система законов и норм взаимодействия, существующая в каждой стране. В мировом масштабе существуют международные правила и координирующие институты (например, ВТО, ОПЕК и др.) призванные создавать предсказуемые и справедливые условия взаимодействия. Однако мы видим что, несмотря на все эти механизмы координации решений принимаемых людьми, неопределенность социально-экономической жизни не устраняется, более того она постоянно нарастает. Игорь Ансофф в своей монографии «Стратегический менеджмент», опубликованной в 1984 году, весьма убедительно показал, что на протяжении всего 20-го века степень неопределенности в США и в развитых странах мира только нарастала. Что же продолжает способствовать росту неопределенности сегодня, в начале 21-го века? Рассмотрим несколько причин этого явления.

Во-первых, научно-технический прогресс движимый растущим разнообразием человеческих потребностей позволяющий создавать все новые и новые товары, новые технологии их производства и сбыта. Этот процесс является постоянным источником нарушений рыночного равновесия, что порождает соответствующую неопределенность, следствием которой могут быть инновационные риски.

Во-вторых, глобализация мировой экономики обостряет конкуренцию за ресурсы, рынки сбыта, ведет к переделу сфер влияния транснациональных корпораций и международным конфликтам. Это создает политическую и как следствие экономическую нестабильность. События последних лет на ближнем востоке (Ирак, Египет, Тунис, Ливия, Сирия и др.) наглядно демонстрируют рост неопределенности на сырьевых рынках, в индустрии туризма, на рынках вооружений и многих других.

В-третьих, гигантский (свыше 17-ти триллионов долларов) и постоянно растущий внешний и внутренний долг Соединенных Штатов Америки – глобального игрока мировой экономики, а также эмитента мировой резервной валюты, создает большую неопределенность и риски для всей мировой финансовой системы.

В-четвертых, попробуем представить национальные экономики и мировую экономику в целом в виде двух взаимодействующих сфер человеческой деятельности. Первая – это производство материальных и духовных благ, а также услуг здравоохранения и обороны (добывающие предприятия, заводы, фабрики, учреждения среднего и высшего образования, учреждения здравоохранения и культуры, система национальной обороны и др.). Заметим, что среди людей занимающихся экономикой и политикой часто можно слышать термины «реальная экономика» или «реальный сектор», как обозначение этой производящей сферы человеческой деятельности.

Вторая сфера – это распределение благ созданных в первой сфере (финансовый сектор, товарные и фондовые биржи, торговля, государственное управление на всех уровнях и пр.). Эта распределительная сфера деятельно-

сти по сути своей является посредником между секторами созидания и конечного потребления. Какую долю в национальном «пироге» сегодня занимает этот «не реальный» сектор?

В работе М.Хазина «Мировая экономика: Америка перед выбором». [части 1 и 2, сентябрь 2010 г., на сайте KM.RU] приведена следующая статистика. С начала сороковых по 2008 год в США доля прибыли финансового сектора от суммарной прибыли во всей экономике выросла с 10% до 55%. Можно отметить, что за последние пятьдесят лет не только в США, но и в странах ЕС произошел существенный перекося в распределении трудовых и инвестиционных ресурсов, прибыли и заработной платы в пользу второй (распределительной) сферы человеческой деятельности. Такое положение трудящимися первой сферы воспринимается как несправедливое распределение, что приводит к различным формам выражения недовольства (демонстрации протеста, забастовки и др.).

Указанный перекося в распределении благ является одной из причин весьма затяжного мирового финансового кризиса, который стартовал в 2008 году и характеризуется превышением расходов на потребление домашних хозяйств над их располагаемыми доходами практически во всех развитых странах мира. Это превышение по некоторым оценкам составляет в среднем 20 - 25% в США и ЕС [М.Хазин. «Теория кризиса». Доклад на конференции в г. Модена, Италия, 9 июля 2008 года]. Как видим, мировая экономическая система находится далеко не в равновесном состоянии. Таким образом, указанный перекося в распределении ресурсов общества является еще одним мощнейшим источником неопределенности и рисков, влияющим на всех экономических агентов мировой экономики.

В пятых, в повседневной человеческой деятельности мы постоянно сталкиваемся с фактами распространения (например, через СМИ и другие средства массовой коммуникации) недостоверной информации о реальном положении дел на рынках, об экономическом положении отдельных субъектов (компаний) этих рынков. Обман, сокрытие или искажение фактов как

специфические инструменты политики, также вносят свою лепту в создание неопределенности в окружающем нас мире.

Все отмеченные источники неопределенности и риска, к сожалению, взаимосвязаны и действуют одновременно, создавая известные трудности при их изучении, прогнозировании последствий и создании механизмов минимизации негативного влияния на экономику, как на макро, так и на микроуровне. Однако, несмотря на указанные трудности, на безбрежный океан неопределенности окружающий нас и на категорическое утверждение Канта о непознаваемости «вещи-в-себе» можно все-таки попробовать расширить границы анализа влияния рискованных событий на состояние некоторых экономических систем, таких как инвестиционные проекты и бизнес в целом. В этой монографии мы рассмотрим возможности развития специального инструментария для подобного риск-анализа.

При работе над данной книгой нас вдохновляла следующая оптимистическая мысль Фрэнка Найта: «Мы не можем дать исчерпывающую классификацию вещей, но должны уметь формировать различные и непостоянные группировки соответственно тем целям, которые ставит перед нами изучаемая проблема, уподобляя друг другу вещи на основе то одного, то другого общего свойства (варианта поведения). Таким образом, рабочим допущением, принимаемым при выводе практических умозаключений по поводу окружающего мира, является поддающийся обработке набор свойств или вариантов подобия вещей, а не типов самих вещей; работать с последними мы не в состоянии. То есть количество свойств вещей, влияющих на наши реакции, на эти вещи, а также количество вариантов связи между вещами должно быть достаточно ограниченным, чтобы наш разум мог их охватить».

### ***О чем эта книга***

Известно, что любой инвестиционный проект и бизнес в целом всегда являются рискованным предприятием. Сложность и изменчивость бизнес-среды, как уже было сказано, порождает неопределенность, в условиях которой дей-

ствуется множество лиц принимающих решения, руководствуясь своими субъективными интересами и предпочтениями. Специфика этой неопределенности заключается в том, что в каждый следующий момент времени новые решения будут приниматься уже в новых неопределенных условиях. Одна неопределенность как бы порождает другую неопределенность, и этот процесс бесконечен во времени. Вот почему анализ влияния рисков необходимо проводить на основе динамических моделей и соответствующих временных характеристик бизнеса.

Следует отметить, что риск-анализ представляет интерес для всех участников бизнеса, среди которых, прежде всего инвесторы, вкладывающие свои средства в некоторый рискованный проект и рассчитывающие на определенную отдачу. Затем кредиторы, предоставляющие заемные средства рискованному предприятию и ожидающие их возврата с процентами. И, наконец, менеджеры, управляющие реализацией этого проекта и несущие за него ответственность перед акционерами, рискуя своей профессиональной репутацией и доходами.

Как уже было отмечено, анализу влияния рисков посвящено много исследований. В большинстве из них указанный анализ носит описательный характер и проводится в основном на качественном уровне. В некоторых работах предлагаются количественные подходы, которые, как правило, требуют знания надежной статистики, законов распределения отклонений влияющих факторов, вероятностей наступления тех или иных рискованных событий или состояний окружающей бизнес среды. Однако, неопределенность проявляется прежде всего в невозможности получения необходимой объективной статистики и оценки вероятности рискованных событий в экономических системах, где люди принимают решения – все это существенно затрудняет практическое использование предлагаемых подходов.

Рекомендуемые для риск-анализа методы имитационного моделирования, позволяют генерировать распределение значений целевых функций на основе заданных распределений случайных значений риск-параметров. Одна-

ко и этот метод требует априорного задания законов распределения рисков, что ставит под сомнение корректность такого подхода. Кроме того, при большом количестве актуальных рисков и необходимости риск-анализа на каждом шаге (временном периоде) по всему горизонту планирования, метод имитационного моделирования становится настолько громоздким, что делает его практически непригодным в качестве инструмента.

Если же нет надежной статистики, не работает теория вероятностей, то на помощь приходит теория нечетких множеств, лежащая в основе новой теории возможностей. В работах Лотфи Заде [32-34, 36-38] можно найти основные представления о теории нечетких множеств. В публикациях [6, 42-55, 75-77] показаны практические результаты применения этой теории в системах управления и принятии решений, работы [39-41, 56-74] посвящены анализу рисков портфельных инвестиций, рисков инвестиционных проектов и оценки риска банкротства предприятия. Данная теория позволяет обойти трудности, связанные с отсутствием надежной статистики и корректно поставить задачу количественного анализа влияния каждого из рисков в отдельности. Как правило, за неимением подходящих динамических моделей такой нечеткий анализ проводится только в конце выбранного горизонта планирования. А как быть в случае одновременного воздействия совокупности рисков в каждом периоде планирования, т.е. в динамике?

В настоящей работе указанная проблема решается на основе динамической модели денежных потоков проекта (Cash-Flow), с помощью которой генерируется одна или несколько целевых функций, зависящих от множества варьируемых параметров. Далее для этих целевых функций в пределах всего горизонта планирования с помощью специальной модели рассчитываются функции чувствительности соответствующие каждому из рисковых воздействий в отдельности и, наконец, проводится оценка одновременного влияния совокупности рисков на результаты проекта с помощью теории нечетких множеств. Это позволяет устранить пресловутую «однофакторность» метода чувствительностей, о которой постоянно пишут многие критики. Таким обра-

зом, сочетание двух концепций, а именно: функций чувствительности и теории нечетких множеств позволило преодолеть неадекватность вероятностного подхода и громоздкость имитационного моделирования – дало возможность построить весьма эффективный количественный метод анализа влияния совокупности рисков на финансовые результаты инвестиционных проектов по всему горизонту планирования.

Следует сказать, что к настоящему времени в мировом научном сообществе накоплен огромный запас знаний по применению теории нечетких множеств и мягких вычислений в различных отраслях человеческой деятельности. Однако степень внедрения этих знаний в практику маркетинговых исследований, экономического и финансового прогнозирования, риск-анализа оставляет желать много лучшего. В глазах большинства лиц, принимающих решения об инвестициях, инструментарий нечетких множеств до сих пор остается некоторой экзотикой. Это можно объяснить относительной новизной теории, непривычностью ее понятийного аппарата и недооценкой аналитических возможностей, которые она может дать в руки экономиста или менеджера, разрабатывающего и реализующего бизнес-план некоторого проекта. На наш взгляд, теория и методы нечетких множеств заслуживают большей популяризации через широкое внедрение последних в учебные курсы, читаемые на экономических факультетах университетов.

В первом разделе данной книги вводятся основные определения, дается классификация источников риска, определяются цели риск-анализа и рассматривается динамическая модель денежных потоков, как основа будущей модели риск-анализа. Сформулирована постановка задачи и показан общий алгоритм анализа рисков.

Во втором разделе дается определение функции чувствительности и представлена модель для расчетов этих функций. Рассмотрены различные варианты выбора целевых функций, для которых вычисляются функции чувствительности. Особое внимание уделено анализу свойств функций чувстви-



тельности. По аналогии с теорией линейных систем введены понятия локальной и глобальной чувствительности инвестиционного проекта, проанализирована взаимосвязь между ними и даны примеры их использования в риск-анализе.

Третий раздел посвящен анализу одновременного влияния совокупности рисков. Здесь введены индексы чувствительности инвестиционного проекта к рискам, дана методика их расчета, позволяющая получить необходимые интегральные показатели рискованности проектов для сравнения их между собой. Подробно обсуждается проблема линейности и нелинейности целевых функций. Разработана и представлена нелинейная модель для расчета функций чувствительности второго порядка. Обсуждается вопрос взаимосвязи рисков, для учета которой введена функция взаимной чувствительности и методика ее расчета.

В четвертом разделе дан пример расчета функций и индексов чувствительности для финансового прогноза конкретного инвестиционного проекта развития сети некоторого условного оператора связи. На прилагаемом CD размещена соответствующая модель указанного прогноза и представлено семейство функций чувствительности данного проекта.

Пятый раздел посвящен введению в теорию нечетких множеств, с помощью которой в шестом разделе показана методика оценки одновременного влияния совокупности рисков. Эта методика позволяет с помощью функций чувствительности найти математическое ожидание границ относительного отклонения целевой функции для заданных предельных отклонений риск-параметров. Здесь же показано, как теория нечетких множеств совместно с теорией функций чувствительности позволяет вполне корректно оценить величину рискованной поправки в ставку дисконтирования при расчете  $NPV$  для любого инвестиционного проекта.

В седьмом разделе обсуждаются показатели риска кредиторов, которые генерируются той же финансовой моделью проекта. Показано как с помощью

функций чувствительности этих показателей к рискам проекта можно оценить риски невыполнения кредитного соглашения.

Восьмой раздел содержит описание алгоритма риск-анализа как на этапе проектирования, так и на этапе управления ходом реализации инвестиционного проекта. С целью сокращения объемов работы по мониторингу последствий рискованных событий предложена методика ранжирования рисков, позволяющая при заданной точности анализа отбросить все несущественные риск-параметры. Здесь же обсуждается вопрос декомпозиции рисков (дерево рисков) в соответствии с организационной структурой компании. Сформулированы задачи управления рисками на всех уровнях организационной иерархии.

# 1. Источники риска и общая модель анализа

## 1.1. Основные определения

Вначале уточним некоторые понятия и определения. Следует заметить, что показатели эффективности и риска бизнеса всегда субъектно-ориентированы, т.к. для одних участников конкретный бизнес проект может быть более эффективным и рискованным, чем для других. Например, показатели эффективности и рискованности для инвесторов и кредиторов могут быть различными.

Итак, для некоторого субъекта [57]:

**Риск** – это возможность неблагоприятного развития процесса (бизнеса, жизненной ситуации и др.) для некоторого субъекта.

**Шанс** – это возможность благоприятного развития процесса (бизнеса, жизненной ситуации и др.) для некоторого субъекта.

В дальнейшем будем рассматривать в основном только рисковые ситуации. Заметим, что рисковое событие может возникнуть в определенный момент времени, после которого идет неблагоприятное развитие некоторого процесса. Последствия риска могут быть краткосрочными, среднесрочными и долгосрочными. Вот почему риск-анализ следует рассматривать в динамике, т.е. с учетом временных зависимостей различных показателей риска.

Далее будем различать: **источники рисков** и **рисковые события**.

**Источники риска** это состояние и атрибуты внешней и внутренней среды некоторой экономической системы (бизнеса).

**Рисковое событие** это своеобразный толчок или воздействие на экономическую систему, после которого начинается неблагоприятное развитие некоторого бизнес-процесса для определенного субъекта. Таким образом, возможность появления риска из некоторого источника становится действительностью.

Источники рисков существуют практически всегда. Они могут порождать или не порождать соответствующие рисковые события. Не претендуя на

новизну и полноту изложения, рассмотрим возможный вариант классификации источников риска, которые разделены на две группы: внешние и внутренние.

## **1.2. Классификация источников риска**

По отношению к фирме, реализующей некоторый инвестиционный проект: источники могут быть *внешние* и *внутренние*.

### ***Внешние источники рисков:***

1. Макроэкономические.
2. Политические.
3. Региональные.
4. Отраслевые.
5. Рыночные.
6. Проектные (если проект разрабатывается вне фирмы).
7. Форс-мажор.

### ***Внутренние источники рисков:***

1. Система управления компанией.
2. Качество персонала.
3. Состояние основных фондов.
4. Технологии.
5. Финансовое состояние фирмы.
6. Маркетинг.
7. Юридические.
8. Противоречивость интересов участников бизнеса.
9. Специфические источники риска для конкретного проекта.

По времени действия источники рисков можно разделить на долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные. Все источники рисков взаимосвязаны и поэтому предлагаемая выше классификация является до некоторой степени условной.

Как уже отмечалось, источники риска могут порождать или не порождать те или иные рисковые события. Одно и то же рисковое событие может быть следствием нескольких взаимосвязанных источников риска. Большинство источников риска обусловлены недостатком знаний и/или информации о состоянии окружающей физической и бизнес среды, а также внутренней среды самой фирмы, реализующей тот или иной инвестиционный проект. Рассмотрим примеры некоторых рисковых событий в рамках предложенной классификации источников риска.

### ***Внешние источники рисков и рисковые события***

#### ***1. Макроэкономические.***

##### **a. Инфляция.**

Рост инфляции или ее неадекватная оценка могут привести к росту издержек производителя сверх запланированных; к падению спроса на товары, создаваемые и реализуемые в рамках проекта.

##### **b. Курсы валют.**

Падение курса рубля по отношению к иностранной валюте может привести как к росту издержек (если импортные сырье и комплектующие), так и снижению платежеспособности потребителей.

##### **c. Темп спада национальной экономики (рецессия).**

Основное рисковое событие это снижение спроса во многих секторах экономики.

##### **d. Высокие ставки рефинансирования Центрального Банка РФ.**

Рост стоимости заемных средств, задержки погашения взятых кредитов и, как следствие, рост штрафных санкций со стороны коммерческих банков.

#### ***2. Политические.***

##### **a. Политика государства в отношении регулирования бизнеса.**

Увеличение норм страхового резервирования финансовых средств для банков, строительных компаний, в туристическом бизнесе и др. повыше-

ние арендной платы на использование государственного (муниципального) имущества (здания, земля и пр.).

- b. Ставки налогов, акцизов, таможенных пошлин и др.

Повышение налоговых ставок, таможенных пошлин акцизов и пр. ведет к росту издержек и снижению рентабельности бизнеса.

- c. Международные отношения, влияющие на торговлю и инвестиции.

Негативное влияние правил и норм ВТО на бизнес в России. Конкуренция отечественных и зарубежных производителей на российском рынке.

Эмбарго или ограничения на ввоз и вывоз капитала, введение ограничений на международную торговлю, международные санкции, смена правительства и др.

### **3. Региональные.**

- a. Регион донор или дотационный.

Перебои с финансированием проектов, заказчиками которых выступают федеральные или региональные власти (особенно в дотационных регионах).

- b. Природно-климатические условия.

Рост затрат в северных регионах на теплоснабжение. В засушливых регионах рост стоимости водоснабжения в период засухи. Потери урожайности и рост затрат на защиту в регионах часто поражаемых саранчой и другими вредителями.

- c. Состояние инфраструктуры (дороги, порты, связь, больницы, школы и детские учреждения).

Неразвитая региональная инфраструктура ведет к росту транспортных расходов и расходов на телекоммуникации. Незрелое медицинское обслуживание и система образования в регионе приводит к росту текучести кадров.

- d. Доступ к источникам сырья, материалов и энергоресурсов в регионе.

Удаленность источников сырья, материалов и энергоресурсов приводит к сбоям в технологических процессах и росту себестоимости выпускаемой продукции за счет больших логистических издержек.

e. Состояние экологии в регионе.

Неблагоприятные экологические условия ведут к росту затрат на очистные сооружения, средства защиты персонала и оборудования и пр.

f. Рынок труда в регионе.

Недостаток квалифицированной рабочей силы ведет к снижению качества выпускаемой продукции и сбоям в производственном процессе.

g. Социо-культурные.

i. Национальные особенности (традиции, религия).

Не учет этих факторов негативно отражается на спросе на товары массового потребления (еда, одежда, бытовые услуги и пр.).

ii. Демография.

Перекося в гендерной структуре рабочей силы, высокая доля людей пожилого возраста могут привести к росту затрат на рабочую силу и к высокой текучести кадров.

#### **4. Отраслевые.**

a. Инвестиционная привлекательность отрасли.

Низкая инвестиционная привлекательность отрасли ведет к росту стоимости заемных средств, затрудняет поиск партнеров по бизнесу. С другой стороны высокая инвестиционная привлекательность сопровождается высокой конкуренцией.

b. Производится продукция промежуточного или конечного спроса.

Сбыт товаров промежуточного спроса более неустойчив, чем товаров конечного спроса. Больше затрат на маркетинг и продвижение товаров промежуточного спроса.

#### **5. Рыночные.**

a. Конъюнктура потребительского спроса.

Колебания потребительского спроса ведут к неустойчивости входных денежных потоков фирмы.

b. Конкуренция.

Может стать причиной снижения продаж из-за ценовой политики конкурентов или за счет роста качества конкурентных товаров.

c. Поставщики (сырье, материалы, энергоресурсы, комплектующие, оборудование, земля, здания, сооружения, транспорт, услуги).

Рост цен у поставщиков ведет к росту всех видов издержек (условно-постоянных, условно-переменных, инвестиционных).

d. Финансовые и фондовые рынки.

Высокие ставки по коммерческим кредитам ведут к росту соответствующих издержек и штрафным санкциям при нарушении условий (просрочка погашения ссуды) кредитования.

**6. Проектные** (проекты, разработанные вне фирмы).

a. Качество проработки проекта.

Ошибки проектирования ведут к росту стоимости в процессе его реализации.

b. Согласование проекта с окружающей бизнес-средой (властные структуры, партнеры по бизнесу, естественные монополии).

Отсутствие или нарушения условий согласования ведут к дополнительным издержкам и увеличению сроков реализации проектов.

**7. Форс-мажор** (стихийные бедствия, катастрофы, войны, терроризм, массовые забастовки, революция, смена правительства).

***Внутренние источники рисков и рисковые события.***

**1. Система управления компанией** (низкая квалификация менеджеров, не гибкое реагирование на сбои в процессе производства, частая смена руководителей).

Рост производственных и управленческих затрат. Снижение объемов реализации товаров.



2. **Кадровый потенциал** (квалификация, производственная дисциплина, приверженность и мотивация персонала, не укомплектованность штата, высокая текучесть кадров).

Производственный брак. Перерасход материалов и энергоресурсов. Рост расходов на персонал. Снижение объемов реализации товаров.

3. **Состояние основных фондов** (физическое и моральное).

Рост эксплуатационных расходов. Снижение качества выпускаемой продукции (предоставляемых услуг), что может снизить объемы реализации. Снижение производительности труда, что может приводить к росту издержек.

4. **Технологии** (современность, энергоемкость и трудоемкость).

Устаревшие технологии снижают конкурентоспособность выпускаемых товаров, из-за относительно низкой производительности труда и более высокой себестоимости по сравнению с конкурентами, что может привести к падению объемов продаж и снижению занимаемой доли рынка.

5. **Финансовое состояние фирмы** (уровень дебиторской и кредиторской задолженности, обеспеченность собственными финансовыми средствами).

Нехватка оборотных средств из-за высокого уровня дебиторской задолженности ведет к росту затрат на краткосрочное кредитование для покрытия кассовых разрывов, а также к росту потребности в инвестиционных кредитах из-за недостатка собственных средств.

6. **Маркетинг** (качество прогнозов продаж, состояние выбранных целевых рынков, узкий ассортимент выпускаемых товаров, наличие или отсутствие собственных каналов сбыта, эффективность политики стимулирования сбыта).

Необоснованное завышение объемов продаж из-за недооценки силы конкурентов или переоценки платежеспособности потребителей – все это ведет к снижению объемов реализации по сравнению с плановыми показателями. Кроме того, возможен рост сбытовых затрат и затрат на стимулирование сбыта.

**7. Юридические** (надежность контрактов, отсутствие правового сопровождения бизнеса, действия менеджеров вне правового поля).

Возможны сбои в поставках необходимого сырья, материалов, комплектующих, оборудования и пр. Штрафные санкции со стороны налоговых органов.

**8. Противоречивость интересов участников бизнеса** (руководители различных уровней, инвесторы, партнеры).

Принимаемые решения могут быть неэффективными с точки зрения компании в целом. Это может привести к увеличению сроков реализации проекта, росту себестоимости выпускаемых товаров или снижению их объемов продаж.

**9. Информационные** (ненадежность используемых информационных источников, слабая защищенность коммерческой информации о фирме).

Ошибки в прогнозировании могут приводить к снижению объемов продаж и росту величины текущих издержек по сравнению с плановыми показателями.

**10. Специфические** источники риска для конкретного проекта (если он разрабатывается собственными силами компании).

Мы привели классификацию общих источников риска и примеры возможных рисков событий, которые они могут породить. В рамках приведенной классификации следует различать риски, источники которых появляются на этапе проектирования (планирования) и риски, возникающие в ходе реализации проектов. Риски на этапе проектирования в основном связаны:

- с неполнотой, неточностью или отсутствием необходимой исходной информации о проекте и окружающей среде бизнеса,
- с неточностью выбранной модели прогнозирования,
- с ненадежностью выбранных методов прогнозирования.

В ходе реализации проекта можно анализировать риски, используя основные этапы производственного цикла:

- 1) **Заготовка** (взаимодействие с поставщиками, управление логистикой доставки необходимых ресурсов и их складированием, финансированием закупок).
- 2) **Производство** (управление технологиями, внутренними бизнес-процессами и складированием готовой продукции).
- 3) **Сбыт** (управление продажами, логистика отгрузки и доставки готовой продукции, платежеспособность потребителей).

На каждом из указанных этапов могут быть свои рисковые события, связанные с внешними и внутренними источниками рисков. Внешние источники рисков могут порождать рисковые события, влияющие на объем продаж, текущие издержки и инвестиционные затраты. Поскольку фирма далеко не всегда может влиять на эти источники рисков, менеджерам и инвесторам необходимо постоянно заниматься мониторингом внешней среды и соответствующей адаптацией бизнеса для минимизации возможных негативных последствий. Хеджировать некоторые рыночные риски можно с помощью заключения долгосрочных контрактов с поставщиками и потребителями, прописывая в них соответствующие гарантии выполнения договорных обязательств, а также путем страхования рисков.

Одним из важнейших внутренних источников рисков является маркетинговая деятельность компании. Анализ этого источника риска можно проводить на основе следующих пяти основных задач (ключевых вопросов) так или иначе решаемых любой компанией.

#### ***Пять задач маркетинга (ключевые вопросы)***

- 1) **Что продаем?** (широта и глубина ассортимента товаров, их потребительские характеристики и качество в сравнении с конкурентами).
- 2) **Кому продаем?** (потребители, сегментация потребителей, целевые рынки, распределение ассортимента по сегментам, влияние конкурентов на целевых рынках).

- 3) **Сколько единиц продаем?** (прогноз натуральных объемов продаж по каждой товарной группе в каждом периоде планирования в пределах всего горизонта планирования, доля рынка компании с учетом влияния конкурентов)
- 4) **По каким ценам продаем?** (ценовая политика компании по всему ассортименту с учетом влияния конкурентов, прејскурант, скидки, надбавки, условия кредитования потребителей).
- 5) **Где и как продаем?** (каналы сбыта товаров, реклама, торговая марка, упаковка, гарантии, послепродажное обслуживание, возврат, доставка, стимулирование продаж, связи с общественностью – все эти вопросы должны решаться с учетом влияния конкурентов).

Ошибки при ответе на указанные вопросы могут породить соответствующие рисковые события. Ответы на первые два вопроса определяют выбор товара и целевых рынков для его сбыта. Если возможности рынка завышены или недостаточно учтена сила конкурентов, то в результате мы получим снижение суммарных по всему горизонту планирования объемов продаж, как в натуральном, так и в денежном выражении по сравнению с планом.

Завышение прогнозных оценок объемов продаж в натуральном выражении или не учет фактора сезонности при ответе на третий вопрос может привести к неблагоприятным отклонениям от прогнозных значений этих объемов по отдельным периодам планирования.

При выборе ценовой политики, отвечая на четвертый вопрос, важно адекватно оценивать платежеспособность потребителей на выбранных целевых сегментах рынка, качество предлагаемых товаров в сравнении с качеством и ценами на товары конкурентов. Риски здесь связаны с ошибками в ценовой политике, которые ведут к снижению объемов продаж в денежном выражении по сравнению с прогнозом.

Ответ на пятый вопрос весьма существенно влияет на объемы продаж, расходы на рекламу и другие инструменты стимулирования сбыта. Здесь рис-

ки в основном связаны с каналами сбыта и политикой стимулирования продаж. В конечном счете, ошибки маркетинга в целом больше всего влияют на объемы продаж, т.е. на входные денежные потоки проекта.

Поскольку источники рисков могут быть взаимосвязаны, то одно и то же рисковое событие может быть обусловлено несколькими источниками (причинами) риска. Например, источник риска: *темпа спада в национальной экономике* влияет практически на все *рыночные* источники рисков. Рисковое событие: *снижение объема продаж* на некоторый выпускаемый товар может быть следствием как спада в экономике, так и действием конкурентов или снижением платежеспособности потребителей. В конечном счете, множество причин приведших к некоторому рисковому событию будут определять границы его волатильности. Чем больше причин, тем больше возможность риска и величина влияния этого события на параметры бизнеса.

Взаимозависимость источников риска не предполагает однозначно взаимозависимости рискованных событий между собой, поскольку последние являются следствием, а не причиной. Если какое-либо рисковое событие уже произошло, то его последствия (влияние на бизнес) можно анализировать независимо от источников риска его породивших. Разумеется, источники риска влияют на интенсивность и продолжительность действия рискованного события, что должно быть отражено в определении последнего. Таким образом, *взаимозависимость источников риска никак не ограничивает возможности риск-анализа проводимого на базе функций чувствительности к отдельным рискованным событиям*. В дальнейшем при рассмотрении конкретных методик мы вернемся к этому вопросу, чтобы окончательно развеять миф о якобы имеющихся недостатках подхода на основе чувствительностей.

### **1.3. Цели риск-анализа и динамическая модель денежных потоков**

Прежде чем выбрать подходящую модель сформулируем основные цели риск-анализа:

1. Выявление возможных источников риска и рисков событий, актуальных для конкретного инвестиционного проекта и оценка неблагоприятных последствий (возможного ущерба) в результате рисков воздействий.
2. Получение сравнительных характеристик прибыльности и рискованности для альтернативных инвестиционных проектов или альтернативных сценариев реализации одного и того же проекта (для инвесторов, кредиторов и менеджеров, принимающих соответствующие решения).
3. Снижение влияния будущих рисков как на стадии бизнес-планирования, так и в процессе управления реализацией инвестиционного проекта.
4. Разработка показателей и процедур мониторинга степени рискованности в процессе управления проектом.

Рисковые события могут оказывать влияние на различные процессы и стадии развития бизнеса. Так, например, в результате действия рисков могут быть сбои в процессах материально-технического снабжения, в процессах производства или сбыта товаров. В конечном счете, воздействие любых рисков будет непременно отражаться на денежных потоках и финансовых показателях бизнеса, таких как прибыль, рентабельность инвестиций и продаж, сроки окупаемости вложений и др. Указанные показатели можно выбирать в качестве целевых функций при анализе рисков.

Модель для риск-анализа должна обеспечивать прогнозирование финансовых результатов проекта, расчет основных показателей его эффективности и оценку влияния рисков. Причем все указанные показатели должны быть представлены в динамике в пределах всего выбранного горизонта планирования. В качестве такой модели, как будет показано далее, может быть использована хорошо известная модель денежных потоков (Cash-Flow) дополненная необходимым инструментарием для оценки влияния рисков.

### Динамическая модель денежных потоков

Любая фирма в целом или отдельный инвестиционный проект могут быть представлены в виде некоторого «черного ящика», на входе и выходе которого имеются соответствующие денежные потоки, как показано на рисунке 1.1.

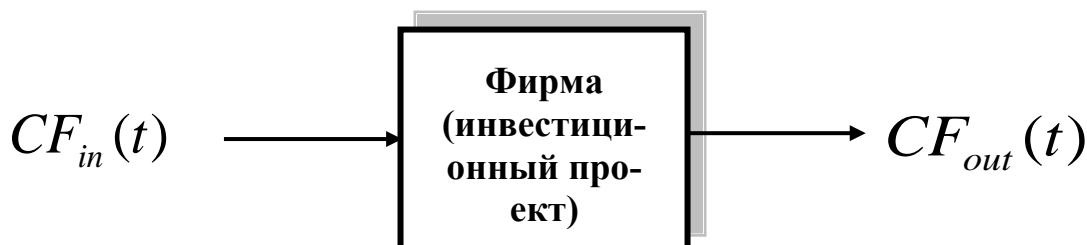


Рис. 1.1. Динамическая модель денежных потоков.

Здесь:  $CF_{in}(t)$  – вектор входных денежных потоков (выручка от реализации, кредиты, вложения акционеров и пр. поступления).  $CF_{out}(t)$  – вектор выходных денежных потоков (текущие затраты, капитальные вложения, погашение кредитов, оплата налогов, дивиденды акционерам и пр. выплаты). Время  $t$  в модели изменятся дискретно в виде шага (периода) планирования. Обычно это месяц, квартал, или год. В каждом периоде должны быть определены все компоненты указанных потоков и найдена разность: «вход – выход», как финансовый результат периода планирования.

При моделировании все параметры проекта можно разделить на три группы:

**Внешние** относительно постоянные, независящие от руководства фирмы (например: ставки налогов, нормы амортизационных отчислений, темп инфляции, курс иностранной валюты, тарифы естественных монополий и др.). Руководство фирмы должно учитывать эти параметры, как внешние ограничители, постоянно отслеживать и прогнозировать их изменения.

**Переговорные**, т.е. такие, величина, которых определяются на договорной основе (например: цены и условия поставщиков; размеры кредитов и условия их погашения; размеры и условия арендной платы и др.). Руководство фирмы в процессе переговоров с поставщиками, кредиторами и потребителями должно стремиться получить наиболее выгодные для своего бизнеса значения этих параметров и по-возможности страховать будущие риски.

**Внутренние** относительно свободные, т.е. зависящие только от менеджеров и владельцев компании (например: заработная плата и штат персонала; объемы и цены реализуемых товаров; объемы рекламных и PR-расходов; объемы и сроки капитальных вложений; размеры и сроки выплаты дивидендов, объемы и темп погашения кредитов и др.). Выбор этих параметров зависит от соответствующих политик, проводимых фирмой в рамках ограничений накладываемых бизнес-средой.

Параметры второй и третьей группы следует рассматривать как некоторые степени свободы при составлении финансового прогноза. Этими степенями свободы можно воспользоваться в случае, когда отклонения целевой функции под воздействием рисков не удовлетворяют разработчиков бизнес-плана. Работая с данной моделью, можно ставить задачу оптимального планирования при выполнении необходимого и достаточного условия финансовой реализуемости инвестиционного проекта [15]. В самом деле, для любого периода планирования  $T$  должно выполняться следующее неравенство:

$$\sum_{t=0}^T [CF_{in}(t) - CF_{out}(t)] \geq \Delta_{min}(T+1) \quad , \quad (1.1)$$

где  $\Delta_{min}(T+1)$  – минимально необходимый объем денежных оборотных средств, который должен остаться на счету фирмы к началу следующего периода планирования.



В левой части стоит накопленное сальдо всех денежных потоков проекта к моменту  $T$ . Оценка величины  $\Delta_{min}(T+I)$  может производиться на основе анализа оборачиваемости товароматериальных запасов, дебиторской и кредиторской задолженности. На расчет и контроль этого параметра в ходе реализации инвестиционного проекта следует обратить особое внимание, т.к. невыполнение указанного неравенства ведет к дефициту финансирования оборотных средств и соответствующим кассовым разрывам.

Таким образом, накопленное сальдо денежных потоков в любом периоде планирования должно быть не меньше чем минимальная потребность в денежных оборотных средствах. Отсюда следует, что в некоторых отдельно взятых периодах (исключая первый) баланс входных и выходных потоков может быть отрицательным, если на счету проекта к началу рассматриваемого периода имеется достаточная сумма от предыдущих периодов. Превышение накопленного сальдо над величиной  $\Delta_{min}(T+I)$  может создавать некоторый резерв денежных средств на случай непредвиденных колебаний объемов продаж или издержек. Указанный резерв повышает устойчивость инвестиционного проекта к рискам, однако за это приходится платить снижением эффективности использования денежных средств из-за их вынужденного «замораживания» на счету компании.

Рассмотрим основные показатели эффективности инвестиционного проекта, изменения которых под воздействием рисков могут быть выбраны в качестве целевых функций.

### ***Чистая текущая стоимость (Net Present Value - NPV)***

Чистая текущая стоимость (чистый дисконтированный доход)  $NPV(T)$  – важнейший показатель эффективности, характеризующий суммарный дисконтированный экономический эффект данного инвестиционного проекта, достигаемый к интересующему нас моменту времени  $T$ . Эту стоимость можно определить как чистый абсолютный размер выигрыша, получаемого инвесторами при вложении средств в данное предприятие в сравнении с альтерна-

тивной возможностью использования капитала, характеризующейся ставкой дисконтирования [3, 9].

Чистая текущая стоимость рассчитывается как разность между накопленным дисконтированным приростом чистого денежного потока  $NCF(t)$  и накопленным дисконтированным приростом инвестиций  $I(t)$  к любому периоду времени  $T$ , т.е.

$$NPV(T) = \sum_{t=0}^T \frac{\Delta NCF(t)}{(1+d)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{\Delta I(t)}{(1+d)^t} \quad (1.2)$$

Прирост чистого денежного потока:  $\Delta NCF(t)$ , связанный с данным проектом, обычно состоит из чистой прибыли и амортизационных отчислений. Следует отметить, что в некоторых случаях в  $\Delta NCF(t)$  включают только чистую прибыль. Как показала практика бизнес-планирования, целесообразно рассчитывать оба варианта  $NPV(T)$ .

В прирост инвестиций  $\Delta I(t)$ , связанный с данным проектом, обычно включают вложения, как в основные, так и в оборотные средства. Следует заметить, что в большинстве зарубежных и отечественных публикаций вторая сумма в (1.2) заменяется одним слагаемым  $I_0$ , что по нашему мнению некорректно, т.к. если допустить, что все инвестиции в основные средства (капитальные вложения) делаются в начальном периоде, то вложения в оборотные средства могут быть «растянуты» по времени планирования. Иногда в выражение (1.2) включают еще одно слагаемое: остаточную (ликвидационную) стоимость проекта в следующем периоде после горизонта планирования.

В реальной ситуации, когда действующая компания выполняет некоторый инвестиционный проект, весьма непросто в рамках существующего бухгалтерского и управленческого учета выделить указанные выше приростные значения, особенно для чистого денежного потока. Для решения этой проблемы можно провести отдельные расчеты для двух сценариев развития ком-

пании: с инвестиционным проектом и без него, а затем определить прирост  $NPV$  за счет инвестиционного проекта как разность  $NPV$  этих двух сценариев.

С точки зрения инвестора для признания проекта эффективным необходимо, чтобы  $NPV$  была положительной в конце выбранного горизонта планирования. При сравнении альтернативных проектов предпочтение следует отдать проекту с большим положительным значением  $NPV$  при прочих равных условиях (например, при и одинаковых сроках окупаемости и одинаковой степени рискованности). Ниже на рисунке 1.2 показан типичный вид кривой  $NPV(T)$  эффективного проекта.

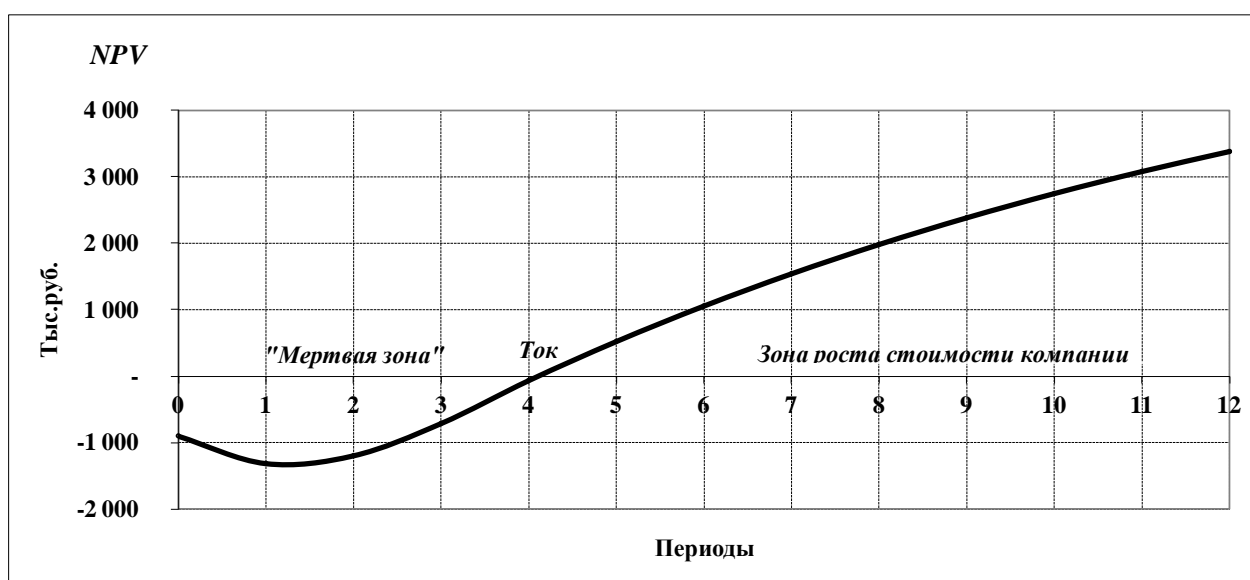


Рис.1.2. Типичный вид  $NPV(T)$ .

Следует заметить, что в подавляющем большинстве публикаций  $NPV$  не рассматривается как функция времени, т.к. авторов интересует лишь одно значение  $NPV$  в конце горизонта планирования. С нашей точки зрения анализировать необходимо всю предысторию развития проекта, т.к. для инвестора может быть далеко не безразлично как, например (см. рисунок 1.3), будет достигнуто значение  $NPV$ (при  $T = 8$ ) = 1000 тыс. руб.



Рис.1.3. Сравнение  $NPV(T)$  двух инвестиционных проектов.

Как видно из рисунка, в момент  $T = 7$  оба проекта имеют одинаковые положительные  $NPV = 1500$  тыс. руб. Однако, второй проект имеет более высокие темпы роста вплоть до горизонта планирования, но при этом имеет больший по сравнению с первым срок окупаемости. Таким образом, полная кривая  $NPV(T)$  несет в себе больше информации о проекте, нежели знание  $NPV$  в одной точке. Эта информация может быть использована также при управлении ходом реализации проекта, как будет показано в дальнейшем (см. раздел 8).

Ставка дисконтирования  $d$ , выраженная в долях единицы или в процентах в год, позволяет привести величину разновременных (относящиеся к различным периодам времени в пределах горизонта планирования) денежных потоков к одному моменту времени – моменту приведения  $t_0$ , который чаще всего выбирается равным нулю (момент старта проекта). Выбор величины ставки дисконтирования будет подробно рассмотрен в разделе 6, а также в Приложениях 1 и 2.

В формуле (1.2) показана простая операция дисконтирования, которую следует применять, если произведение  $d \cdot \Delta t < 0,1$ , где  $\Delta t$  – продолжительность периода (шага) планирования в годах, в противном случае следует учитывать распределение денежных потоков внутри периода планирования [15]. В этом случае дисконтирование осуществляется путем умножения каждого

элемента денежного потока не только на коэффициент дисконтирования, но и на коэффициент распределения, как показано в Приложении 1.

В выражении (1.2) молчаливо полагается, что ставка дисконтирования постоянна и не зависит от времени в течение всего горизонта планирования. Если при долгосрочном планировании имеются основания прогнозировать изменение ставки дисконта со временем (например, из-за снижения темпа инфляции или снижения Центральным Банком ставки рефинансирования на ближайшие годы), то в формуле (1.2), ставка дисконта может быть переменной, как показано в Приложении 2. В представленной на CD модели предусмотрена возможность корректировки ставки дисконта в пределах всего горизонта планирования.

### ***Коэффициент внутренней экономической эффективности (Profitability Index - PI)***

$PI(T)$  – это отношение накопленного, дисконтированного прироста чистого денежного потока к накопленным дисконтированным приростам инвестиций к данному периоду  $T$  [3, 9].

$$PI(T) = \frac{\sum_{t=0}^T \Delta NCF(t) / (1+d)^t}{\sum_{t=0}^T \Delta I(t) / (1+d)^t} \quad (1.3)$$

Этот коэффициент представляет интерес для инвесторов, как получателей чистой прибыли. В момент, когда  $PI(T) = 1$ , наступает окупаемость проекта с точки зрения всех инвесторов. С экономической точки зрения этот показатель дает представление о том, сколько чистого денежного потока приносит один рубль инвестиций в каждом периоде планирования. Данный показатель является безразмерным, но с точки зрения информативности он полностью эквивалентен  $NPV(T)$ .

### **Срок окупаемости инвестиционного проекта для инвесторов (Payback Period - PbP)**

Срок окупаемости инвестиционного проекта – это номер периода (вре- мя), при котором чистая текущая стоимость равняется нулю, т.е. это решение уравнения:  $NPV(T) = 0$ . Следует заметить, что решение этого трансцендент- ного уравнения возможно только численными методами, либо графически, как показано в модели на прилагаемом CD. В ряде публикаций приводятся упрощенные формулы для непосредственного расчета срока окупаемости. В этих формулах не учитывается дисконтирование, следовательно, не учитыва- ется влияние инфляции и риска на данный показатель. На наш взгляд не сле- дует в угоду простоте вычислений жертвовать точностью и адекватностью оценки этого важнейшего показателя эффективности.

Для некоторых проектов, как правило, имеющих неравномерно распре- деленные во времени объемы инвестиций, кривая  $NPV(T)$  может иметь не- сколько точек пересечения с осью времени. В таких случаях, называемых иногда нерегулярными проектами, сроком окупаемости следует считать наи- более удаленную точку пересечения кривой с осью времени (восьмой период, см. рисунок 1.4).

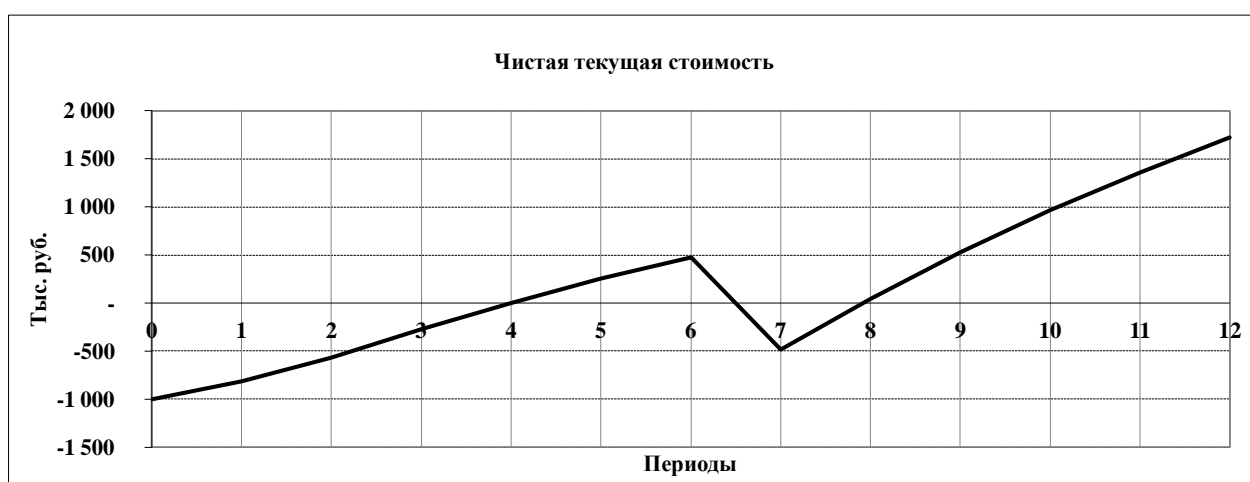


Рис.1.4.  $NPV(T)$  нерегулярного проекта.

### **Внутренняя норма возврата (*Internal Rate of Return - IRR*)**

Внутренняя норма возврата (другие названия: внутренняя норма доходности, внутренняя норма дисконта, внутренняя норма рентабельности) вычисляется как годовой процент, при котором дисконтированная на его основе чистая текущая стоимость (*NPV*) обращается в ноль, т.е. соблюдается равенство:

$$\sum_{t=1}^T \frac{NCF(t)}{[1 + IRR(T)]^t} - \sum_{t=1}^T \frac{I(t)}{[1 + IRR(T)]^t} = 0 \quad (1.4)$$

где  $IRR(T)$  – внутренняя норма возврата к моменту  $T$ . Следует иметь в виду, что этот показатель необходимо рассчитывать только для тех периодов времени  $T$ , которые находятся после срока окупаемости проекта, т.е. в зоне положительной *NPV*. В зоне отрицательной *NPV* вещественное положительное решение нелинейного уравнения (1.4) как правило, не существует. Точнее говоря, зона положительной  $IRR(T)$  лежит правее момента времени, когда кривая  $NPV(T)$  пересекает ось времени при нулевой ставке дисконтирования.

Обычно решение уравнения (1.4) проводится численными методами (например, с помощью опции «Подбор параметра» в EXCEL). Следует иметь в виду, что стандартная функция «ВСД» в EXCEL может давать значительную погрешность в случаях, когда инвестиции, а распределены во времени, поэтому при расчетах рекомендуем пользоваться опцией «Подбор параметра».

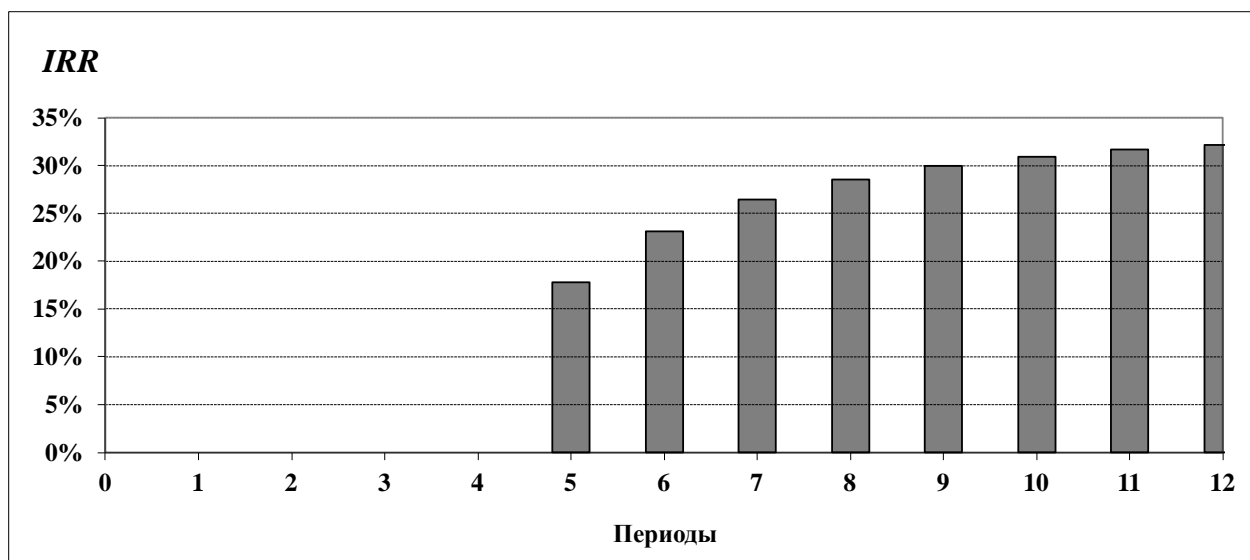


Рис.1.5. Типичный график  $IRR(T)$ .

Иногда считают, что кривая  $IRR(T)$  монотонно стремится к предельной рентабельности инвестиций. Как показали наши расчеты, существует высокая корреляция (на уровне 95%) между временными рядами  $IRR(T)$  и  $PI(T)$ .

### **Рентабельность инвестиций (Return of Investment)**

Рентабельность инвестиций характеризует экономическую эффективность вложений в проект, и определяется как экономический эффект, получаемый предприятием в результате реализации инвестиционного проекта. Рентабельность инвестиций  $RoI(T)$  в интервале планирования  $T$  рассчитывается как отношение среднегодовой чистой прибыли  $NP_{год}(T)$  к общему размеру инвестиций без НДС, накопленных к данному периоду  $T$ .

$$RoI(T) = \frac{NP_{год}(T)}{\sum_{t=0}^T I(t)} 100\% \quad (1.5)$$

Здесь  $NP_{год}(T)$  – чистая прибыль, получаемая предприятием в период  $T$ , в пересчете на годовую, определяются по следующей формуле:

$$NP_{год}(T) = NP(T) \times \frac{12}{m} \quad (1.6)$$



где  $NP(T)$  – чистая прибыль предприятия за период  $T$ ,  $m$  – длительность периода в месяцах. Данный показатель рентабельности инвестиций не учитывает влияние инфляции и риска.

### ***Чистая рентабельность продаж (коммерческая маржа)***

Чистая рентабельность продаж – это доля чистой прибыли в выручке без НДС обычно выражаемая в процентах. Коэффициент показывает, какую чистую прибыль приносит фирме каждый рубль выручки. По существу, это чистая экономическая рентабельность оборота, или чистая рентабельность реализованной продукции. Этот показатель также является функцией времени и не учитывает влияние инфляции и риска.

Динамическая модель Cash-Flow реализованная в электронных таблицах EXCEL является связной, т.к. финансовый результат каждого периода планирования является стартовым для следующего периода. Таким образом, мы можем получить финансовые показатели каждого периода в отдельности (например, чистая прибыль, *EBTDA* и др.) и накопленные показатели к любому периоду  $T$ . Это следует иметь в виду при выборе целевых функций, для которых будут рассчитываться функции чувствительности.

### ***Структура динамической модели Cash-Flow***

В качестве примера рассмотрим модель, на основе которой делается прогноз финансовых показателей проекта, реализованную на базе электронных таблиц EXCEL (файл CF\_Model\_2014.xls на прилагаемом CD). Ниже на рисунках 1.6 – 1.11 показаны основные фрагменты этой модели. В листе MainModel аккумулируется вся информация о денежных потоках из других листов модели, включая кредитование, расчет показателей эффективности проекта и показателей риска кредиторов.

Перечень листов модели:

- ***Old-Loans*** – прошлые кредиты, взятые до старта текущего проекта, но используемые в нем.

- ***Lizing*** – планирование лизинговых платежей.
- ***MainModel*** – основная модель исходных данных, денежных потоков, показателей эффективности и риска кредиторов.
- ***Graph*** – графики основных показателей эффективности проекта.
- ***Matrix-VC*** – матрица удельных затрат для расчета условно-переменных издержек проекта.
- ***Fix-costs*** – условно-постоянные издержки проекта.
- ***Invest*** – план инвестиций в основные средства.
- ***Str-costs*** – структура затрат и расчет себестоимости реализуемых товаров.
- ***Str-Income*** – структура выручки от реализации товаров.
- ***CFS*** – отчет о движении денежных средств (форма 4).
- ***PLS*** – отчет о прибылях и убытках (форма 2).
- ***Report*** – итоговые таблицы для бизнес-плана проекта.

FF\_Model\_2014 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили Ячейки Редактирование

Общий Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили

Вставить Удалить Формат Сортировка и фильтр Найти и выделить

A1 ФИНАНСОВЫЙ ПРОГНОЗ ПРОЕКТА:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	<b>ФИНАНСОВЫЙ ПРОГНОЗ ПРОЕКТА:</b>				Первый год:	2014		Защищенные клетки с формулами					
2	<b>"Развитие мультисервисной сети альтернативного оператора"</b>				1-й период:	1		Клетки для ввода числовых значений					
3	<i>Без использования лизинга</i>			Годовой темп снижения ставки дисконта:		1.00							
17	<b>ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ</b>		Период	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18			Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	4.2015	1.2016
19	Число периодов в году (1, 4 или 12)		4	квартала									
20	Число месяцев в периоде		3	мес.									
21	Ставка дисконта за год		%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
22	Ставка дисконта за период		%	0.00%	4.66%	4.66%	4.66%	4.66%	4.66%	4.66%	4.66%	4.66%	4.66%
23	Дисконт-множители		б/р	1.000	1.047	1.095	1.147	1.200	1.256	1.315	1.376	1.440	1.507
24	Темп инфляции за год		%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%
25	Темп инфляции за период		%	0.00%	2.41%	2.41%	2.41%	2.41%	2.41%	2.41%	2.41%	2.41%	2.41%
26	Инфляционные множители		б/р	1.000	1.024	1.049	1.074	1.100	1.127	1.154	1.182	1.210	1.239
30	Ставки налогового окружения		Ставка рефинансирования ЦБ	8.25%	8.25%	8.25%	8.25%	8.25%	8.25%	8.25%	8.25%	8.25%	8.25%
31	НДС		%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%
32	Налог на прибыль		%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
33	Налог с оборота		%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
34	Начисления на зарплату (ЕСН)		%	30.2%	30.2%	30.2%	30.2%	30.2%	30.2%	30.2%	30.2%	30.2%	30.2%
35	Налог на имущество		%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%	2.2%
36	Прочие мелкие налоги		%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
37	Денежная единица		тыс. руб.										

MainModel Graph Matrix-VC Fix-costs Invest Str-costs Str-income CFS PLS Report

Готово 90%

Рис. 1.6. Блок исходных параметров проекта.

FF\_Model\_2014 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили Ячейки Вставить Удалить Формат Сортировка Найти и выделить Редактирование

B136 Объем реализации

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
133	<b>Объем реализации готовой продукции (услуг), вкл. НДС по полной ставке (снижение НДС возможно с помощью множителя в колонке "A")</b>										
134	<b>Наименование позиции ассортимента</b>	<b>Период</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
135	<b>Инфл.коэфф-т, начиная с периода №, множитель НДС</b>	<b>Кварт.Год</b>	<b>0.2014</b>	<b>1.2014</b>	<b>2.2014</b>	<b>3.2014</b>	<b>4.2014</b>	<b>1.2015</b>	<b>2.2015</b>	<b>3.2015</b>	<b>4.2015</b>
136	<b>Голосовой трафик корпоративных пользователей</b>	Объем реализации	-	-	135 000	202 500	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000
137	1.00	Цена	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
138	5	Цена с корр.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
139	1	Выручка	-	-	1 350	2 025	2 700	2 765	2 832	2 900	2 970
140	<b>Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей</b>	Объем реализации	-	-	225 000	337 500	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000
141	1.00	Цена	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
142	5	Цена с корр.	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017
143	1	Выручка	-	-	3 375	5 063	6 750	6 913	7 079	7 250	7 425
144	<b>Трафик массовых интернет-абонентов</b>	Объем реализации	-	-	900 000	1 350 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000
145	1.00	Цена	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
146	5	Цена с корр.	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006
147	1	Выручка	-	-	450	675	900	922	944	967	990
148	<b>Передача данных</b>	Объем реализации	-	-	200	300	400	400	400	400	400
149	1.00	Цена	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
150	5	Цена с корр.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.07	3.15	3.22	3.30
151	1	Выручка	-	-	600	900	1 200	1 229	1 259	1 289	1 320
	<b>Продажа оборудования</b>	Объем	-	-	50	75	100	100	100	100	100

Готово MainModel Graph Matrix-VC Fix-costs Invest Str-costs Str-income CFS PLS Report 90%

Рис. 1.7. Блок прогноза объемов продаж по каждой позиции ассортимента реализуемых товаров.

CF\_Model\_2014 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили Ячейки Редактирование

Общий Условное форматирование Форматировать как таблицу Стиль ячеек Вставить Удалить Формат Сортировка и фильтр Найти и выделить

A9 6

	A	B	C	D	E	F	G	H
2	<b>Матрица удельных затрат в натуральных единицах (технология)</b>	<b>Товары:</b>	<b>Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)</b>	<b>Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)</b>	<b>Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)</b>	<b>Передача данных (абоненты)</b>	<b>Продажа оборудования (комплекты)</b>	<b>6 0</b>
3	<b>Статьи расходов</b>	<b>Ед.измер.</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>
4	Плата за трафик для корпоративных пользователей	мин.	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	Плата за трафик для частных высокодоходных пользователей	мин.	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	Плата за трафик для массовых интернет-абонентов	мин.	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
7	Закупка оборудования	компл.	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
8	Эмиссия пластиковых карт	шт.	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
55	<b>Матрица удельных комиссионных выплат (в % от цены товара)</b>	<b>Товары:</b>	<b>Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)</b>	<b>Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)</b>	<b>Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)</b>	<b>Передача данных (абоненты)</b>	<b>Продажа оборудования (комплекты)</b>	<b>6 0</b>
56	<b>Комиссионные за продажу товара</b>	<b>Ед.измер.</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>	<b>Расход на единицу</b>
57	Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)	%	5.0%					
58	Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)	%		5.0%				

Готово Количество: 0 Сумма: 0 90%

Рис. 1.8. Блок расчета удельных затрат на каждую позицию ассортимента. Матрица удельных затрат.

CF\_Model\_2014 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Вставить Удалить Формат

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число

Общий Условное форматирование Форматировать как таблицу стилей Ячейки

Сортировка и фильтр Найти и выделить Редактирование

A152 Цены по статьям расходов, включая НДС и с учетом дефляторов

	A	B	C	D	E	F	G
151							
152	<b>Цены по статьям расходов, включая НДС и с учетом дефляторов (параметры дефляторов вводятся в колонках У и V)</b>						
153	<b>Статьи расходов</b>	<b>Период</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
154		<b>Кварт.Год</b>	<b>0.2014</b>	<b>1.2014</b>	<b>2.2014</b>	<b>3.2014</b>	<b>4.2014</b>
155	Плата за трафик для корпоративных пользователей	тыс. руб.	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
156	Плата за трафик для частных высокодоходных пользователей	тыс. руб.	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
157	Плата за трафик для массовых интернет-абонентов	тыс. руб.	0.000150	0.000150	0.000150	0.000150	0.000150
158	Закупка оборудования	тыс. руб.	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
159	Эмиссия пластиковых карт	тыс. руб.	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
293							
294	<b>Удельные затраты на единицу продукта / услуги, включая НДС и комиссионные</b>						
295	<b>ПРОДУКТ (УСЛУГА)</b>	<b>Период</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
296		<b>Кварт.Год</b>	<b>0.2014</b>	<b>1.2014</b>	<b>2.2014</b>	<b>3.2014</b>	<b>4.2014</b>
297	Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)	тыс. руб.	-	0.004	0.004	0.004	0.004
298	Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)	тыс. руб.	-	0.004	0.004	0.004	0.004
299	Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)	тыс. руб.	-	0.000	0.000	0.000	0.000
300	Передача данных (абоненты)	тыс. руб.	-	-	-	-	-
301	Продажа оборудования (комплекты)	тыс. руб.	-	0.730	0.730	0.730	0.730

Готово

Рис. 1.9. Цены поставщиков и удельные затраты на единицу товара.

FF\_Model\_2013 new2 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили Ячейки Редактирование

С323  $=C321*C322*C313$

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>УСЛОВНО-ПОСТОЯННЫЕ ЗАТРАТЫ за период:</b>			<b>Квартал</b>				
2	<b>( в тыс. руб. )</b>							
3	<b>Число периодов в году (1, 4 или 12)</b>	<b>4</b>	<b>квартала</b>					
4	<b>Число месяцев в периоде</b>	<b>3</b>	<b>мес.</b>					
5	<b>Наименование расходов</b>	<b>Период</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
6	<b>(включая НДС)</b>	<b>Кварт.Год</b>	<b>0.2013</b>	<b>1.2013</b>	<b>2.2013</b>	<b>3.2013</b>	<b>4.2013</b>	<b>1.2014</b>
7	<b>Аренда помещений</b>	Цена	<b>1.000</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	кв.м	Расход	-	<b>1 000</b>	1 000	1 000	1 000	1 000
9	<i>Инфляционный коэфф-т</i>	<b>1.00</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	<i>Коэфф-т роста затрат, начиная с периода:</i>	<b>5</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.024
11	тыс. руб.	Стоимость	-	<b>1 000</b>	<b>1 000</b>	<b>1 000</b>	<b>1 000</b>	<b>1 024</b>
12	<b>Электроэнергия</b>	Цена	<b>0.003</b>	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
13	квт.час.	Расход	-	<b>27 000</b>	27 000	27 000	27 000	27 000
14	<i>Инфляционный коэфф-т</i>	<b>1.00</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	<i>Коэфф-т роста затрат, начиная с периода:</i>	<b>5</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.024
16	тыс. руб.	Стоимость	-	<b>81</b>	<b>81</b>	<b>81</b>	<b>81</b>	<b>83</b>
17	<b>Транспортные расходы</b>	Цена	<b>20</b>	20	20	20	20	20
18	б/р	Расход	-	<b>1.000</b>	1.000	1.000	1.000	1.000
19	<i>Инфляционный коэфф-т</i>	<b>1.00</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	<i>Коэфф-т роста затрат, начиная с периода:</i>	<b>5</b>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.024
21	тыс. руб.	Стоимость	-	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

Matrix-VC Fix-costs Invest Str-costs Str-income CFS PLS Report

Готово 100%

Рис. 1.10. Блок расчета условно-постоянных затрат.

CF\_Model\_2014 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Буфер обмена Вставить Шрифт Выравнивание Число Стили Ячейки Редактирование

F322 =E322

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Все цены и стоимости в тыс. руб.</b>		<i>Без использования лизинга</i>						
2	<b>КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ</b>	Период	0	1	2	3	4	5	6
3	("1" - включая НДС, "0" - без НДС)	Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.20
4	Сетевое оборудование1	1	5000						
5	Сетевое оборудование2	1		1 000					
6	Сетевое оборудование3	1			1 000				
7	SMP1	1		500					
8	SMP2	1			100				
9	SMP3	1				100			
10	Транспорт	1	1000						
318	<b>График ввода в эксплуатацию</b>								
319	<b>КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ</b>	Период	0	1	2	3	4	5	6
320		Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.20
321	Сетевое оборудование1	1	0	1	1	1	1	1	1
322	Сетевое оборудование2	2	0	0	1	1	1	1	1
323	Сетевое оборудование3	3	0	0	0	1	1	1	1
324	SMP1	1	0	1	1	1	1	1	1
325	SMP2	2	0	0	1	1	1	1	1
326	SMP3	3	0	0	0	1	1	1	1
327	Транспорт	1	0	1	1	1	1	1	1

MainModel Graph Matrix-VC Fix-costs Invest Str-costs Str-income CFS PLS Report

Готово 100%

Рис. 1.11. Блок капитальных вложений в основные фонды.



Данная модель позволяет планировать финансирование инвестиций, как за счет собственных средств (вложения инвесторов, реинвестирование чистой прибыли), так и с помощью кредитных линий. Также в модели имеется возможность планирования приобретения основных средств за счет лизинга (см. лист Lizing).

Размеры кредитных траншей в модели выбираются автоматически исходя из наличия денежных средств в соответствующем периоде. Схема погашения тела кредита определяется исходя из соблюдения условия финансовой реализуемости (1.1) и условия минимизации риска, связанного с нарушением графика погашения долга предусмотренного кредитным договором (см. риски кредиторов в разделе 7).

После определения всех необходимых параметров проекта (независимых, переговорных и свободных) и ввода последних в соответствующие поля модели (в таблицах они отмечены желтым цветом) производится настройка модели с помощью свободных параметров с целью получения желаемых показателей эффективности проекта. Как правило, на этом этапе проектирования рассчитываются три возможных сценария: *оптимистический* (при наиболее благоприятных значениях всех исходных параметров проекта), *пессимистический* (при неблагоприятных значениях) и *средний* вариант. Последний сценарий будет исходным для анализа влияния рисков. В дальнейшем мы покажем, как видоизменяется сценарный подход к анализу рисков в свете использования функций чувствительности и теории нечетких множеств.

#### **1.4. Общий алгоритм риск-анализа**

Влияние любого рискового события можно рассматривать как своеобразное воздействие на экономическую систему (фирму, реализующую инвестиционный проект), которое порождает реакцию, представленную той или иной выбранной целевой функцией. При этом будем полагать, что для выбранного сценария уже сделан необходимый финансовый прогноз основных показателей инвестиционного проекта для всего горизонта планирования.

Этот прогноз в дальнейшем принимаем как исходный (Status Quo), а все отклонения от него происходят в результате воздействия рисков. Далее, если на качественном уровне анализа определена некоторая совокупность относительно значимых (возможных) рисков событий (см. матрицу рисков в файле CF\_Model\_2014.xls, лист Var), то на первом этапе количественного анализа следует оценить влияние каждого события в отдельности. Возможно, что критики метода чувствительностей под «однофакторностью» понимают именно этот этап и полагают, что все этим и ограничивается.

На втором этапе можно будет анализировать влияние всей совокупности рисков. Получив, таким образом, полную картину влияния рисков, можно принимать решение о приемлемости выбранного варианта прогноза. Для того чтобы реализовать указанный алгоритм, необходимо решить несколько проблем. Во-первых, какие следует выбирать целевые функции, которые могут служить индикаторами влияния рисков. Во-вторых, определить спектр возможных рисков событий, анализируя актуальные источники рисков. В-третьих, каким образом можно сравнивать между собой интенсивность влияния различных рисков событий и отделить значимые события от несущественных. В-четвертых, рисковые события могут иметь различную продолжительность и интенсивность влияния в пределах выбранного горизонта планирования. Как определить наиболее «опасные» периоды «жизни» инвестиционного проекта. В-пятых, как оценить одновременное воздействие совокупности рисков, когда известны результаты влияния каждого из рисков в отдельности. Все эти вопросы будут в центре внимания дальнейшего описания нашего подхода к риск-анализу.

Ниже приведена логическая схема [9] (алгоритм) анализа влияния рисков на инвестиционный проект.

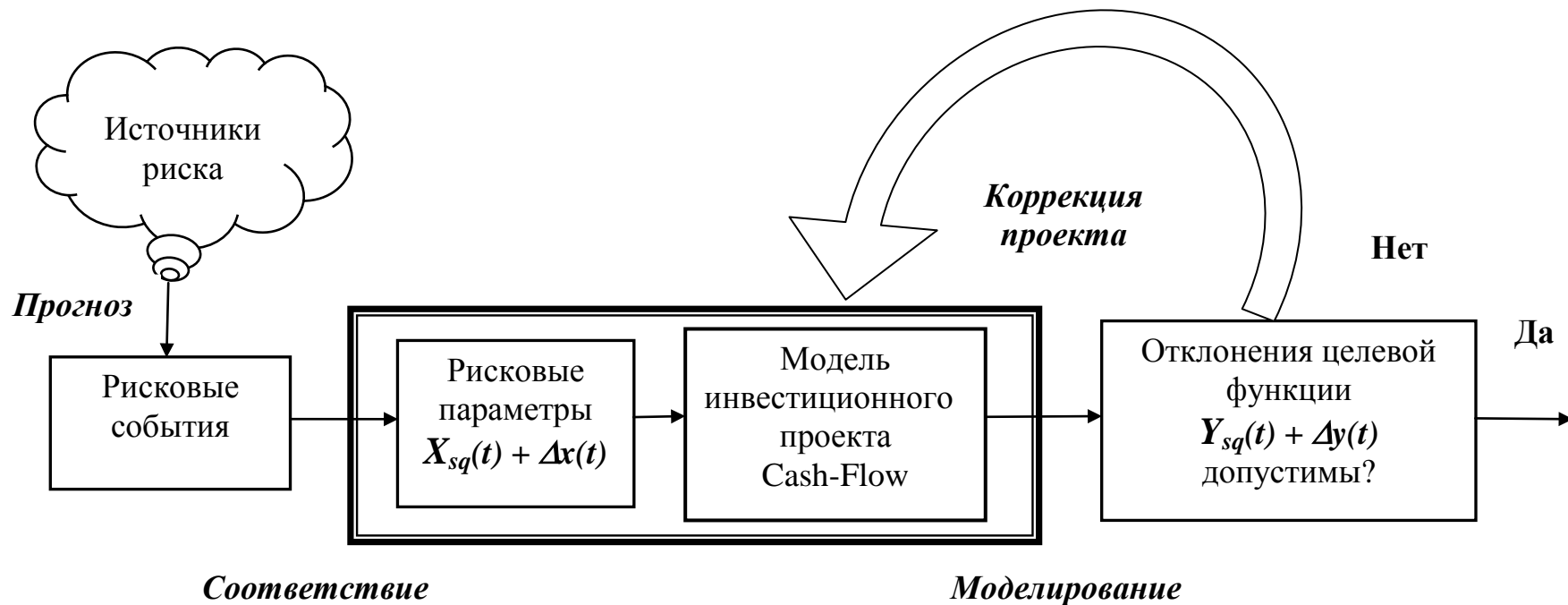


Рис. 1.12. Алгоритм анализа влияния рисков.

$X_{sq}(t) + \Delta x(t)$  – плановые (расчетные) значения вектора риск-параметров проекта и его отклонение вследствие воздействия рисков.

$Y_{sq}(t) + \Delta y(t)$  – плановое (расчетное) значение целевой функции и ее отклонение под влиянием рискового события.

На рисунке 1.12 для некоторого стартового сценария финансового прогноза, который принят в качестве Status Quo, вектор риск-параметров  $X_{sq}$  и целевая функция  $Y_{sq}$  отмечены индексами «sq». Рисковое воздействие моделируется с помощью вектора  $\Delta x$ , а результат такого воздействия порождает реакцию системы в виде  $\Delta Y$ . Все расчеты проводятся на основе динамической модели Cash-Flow, которая дополняется соответствующим блоком для количественного анализа влияния рисков на инвестиционный проект. Рассмотрим указанную модель подробнее.

### 1.5. Проблема оценки предельно-допустимых значений риск-параметров

Поскольку подавляющее число риск-параметров являются независимыми, на данном этапе ограничимся только этим случаем. В дальнейшем мы подробно рассмотрим ситуации с зависимыми риск-параметрами.

С помощью модели можно попытаться найти предельно допустимые отклонения (абсолютные и относительные) для каждого риск-параметра в отдельности при условии, что все оставшиеся параметры сохраняют свои  $SQ$  значения. В качестве критерия допустимых изменений выберем функцию дефицита оборотных средств, которая может быть получена из условия финансовой реализуемости (1.1). Эта функция имеет вид:

$$Y(x, T) = \sum_{t=0}^T [CF_{in}(x, t) - CF_{out}(x, t)] - \Delta_{min}(T + 1) \geq 0 \quad (1.7)$$

Данное условие должно выполняться для всех периодов. Обычно рекомендуют, поочередно меняя  $x(i, t)$ , определить вектор предельно-допустимых отклонений риск-параметров  $\Delta x$ . Сравнивая предельно допустимые значения риск-параметров, полученные с помощью модели, с соответствующими возможными значениями можно найти зоны рисков. Эти зоны появляются тогда, когда предельно-допустимые значения риск-параметров с точки зрения финансовой реализуемости оказываются меньше возможных отклонений, кото-

рые были оценены еще до финансового прогноза. К сожалению, авторы подобных рекомендаций не указывают в каких периодах необходимо изменять риск-параметр и в каком периоде следует наблюдать соответствующее изменение целевого показателя.

На данном этапе в принципе можно ставить задачу разработки мероприятий по снижению влияния рисков событий на целевые показатели инвестиционного проекта, если имеются степени свободы в параметрах проекта: ценовая политика, объемы реализации, сроки и объемы погашения кредитов в различных периодах, график инвестиций и другие свободные и переговорные параметры. В рамках указанных степеней свободы с помощью данной модели можно попытаться оптимизировать стартовый вариант (сценарий) проекта с целью минимизации влияния рисков. Однако при корректном решении такой задачи возникают серьезные трудности.

Во-первых, указанный расчет предельно допустимых значений риск-параметров часто становится весьма трудоемким и громоздким, т.к., необходимо проводить подобные расчеты в каждом периоде планирования для каждого риск-параметра, т.е. в динамике. При этом приходится ограничиваться анализом каждого периода независимо от других, т.е. полагая, что во всех остальных периодах ситуация соответствует стартовой и не нарушается условие (1.7). Однако изменение какого-то одного риск-параметра в текущем периоде будет влиять на результаты всех последующих периодов. Следовательно, оценить, таким образом, предельно-допустимые отклонения параметров проекта в динамике не представляется возможным, т.к. объем вычислений становится необозримым.

Во-вторых, предельно-допустимые значения риск-параметров мы пытались найти в предположении, что каждый риск действует отдельно от других. А если одновременно действуют несколько рисков, то все вышеуказанные расчеты предельных значений становятся практически бессмысленными. Необходимо заметить, что приведенный способ расчета предельно допустимых значений риск-параметров некоторые авторы [2, 12, 16] ошибочно называют

анализом чувствительности проекта. Например, в [2] дается следующее определение: «Анализ чувствительности. Метод, показывающий, как изменяется один фактор в зависимости от другого...». Строго говоря, это не анализ чувствительности, а просто анализ зависимости функции  $Y$  от нескольких переменных, образующих вектор  $x$ .

Под чувствительностью в теории систем понимают соответствующие дифференциальные показатели [4, 16, 21, 30, 31], позволяющие судить об устойчивости характеристик функционирования системы при отклонениях параметров ее элементов. Как будет показано в следующем разделе, оценить степень рискованности проекта в динамике возможно, если предварительно рассчитать его функции чувствительности к каждому риску отдельно с заданной продолжительностью его действия в пределах всего горизонта планирования. Далее на основе этих функций чувствительности можно количественно оценить влияние на проект всей совокупности рисков.

## 2. Функции чувствительности проекта к рискам

### 2.1. Определение функции чувствительности

Для того чтобы преодолеть вычислительные трудности, указанные выше, перейдем к более тонкому исследованию влияния риск-параметров на результаты прогнозирования. Воспользуемся положениями общей теории чувствительности систем к отклонениям значений ее элементов (параметров) [21].

Обозначим целевую функцию системы через  $Y(t,x)$ , где  $t$  – время, а  $x(t)$  – вектор варьируемых параметров. Далее в формулах время для простоты опущено. *Относительная чувствительность целевой функции есть отношение относительного отклонения функции к относительному отклонению аргумента (риск-параметра), т.е.*

$$S_{x_i}^Y = \frac{\partial Y / Y}{\partial x_i / x_i} \approx \frac{\Delta Y / Y}{\Delta x_i / x_i} \quad (2.1)$$

или:

$$S_{x_i}^Y \approx \frac{x_i}{Y} \frac{\Delta Y}{\Delta x_i} \quad (2.2)$$

Заметим, что относительные чувствительности являются безразмерными величинами. В дальнейшем для краткости прилагательное «относительные» будем опускать. Чем больше чувствительность, тем сильнее оказывает влияние соответствующий риск-параметр на целевую функцию инвестиционного проекта. *Численно, функция чувствительности показывает: на сколько процентов изменится целевая функция при изменении риск-параметра на один процент.*

В экономической теории имеется понятие, которое может показаться аналогичным чувствительности, а именно: эластичность (спроса и др.), которое вычисляется по формуле подобной (2.2). Однако, эластичность, как показатель, характеризует внешнюю среду бизнеса и обычно не рассматривается

как функция времени, а является статическим параметром. Мы будем придерживаться термина «чувствительность» во-первых, потому, что она принципиально отличается от эластичности, т.к. характеризует внутреннюю среду бизнеса (рисковый показатель конкретного проекта), во-вторых, существенно зависит от времени, а в-третьих, чтобы не путать известный контекст использования термина «эластичность» с динамическим анализом влияния рисков на инвестиционный проект или бизнес в целом.

## **2.2. Модель расчета функций чувствительности**

Ниже приведена блок-схема модели расчета чувствительностей, в основе которой лежит динамическая модель денежных потоков. Подробное описание модели представлено ниже, а сама модель находится на прилагаемом CD в папке CF\_Model\_2014. В Приложении 4 даны рекомендации по использованию этой модели.



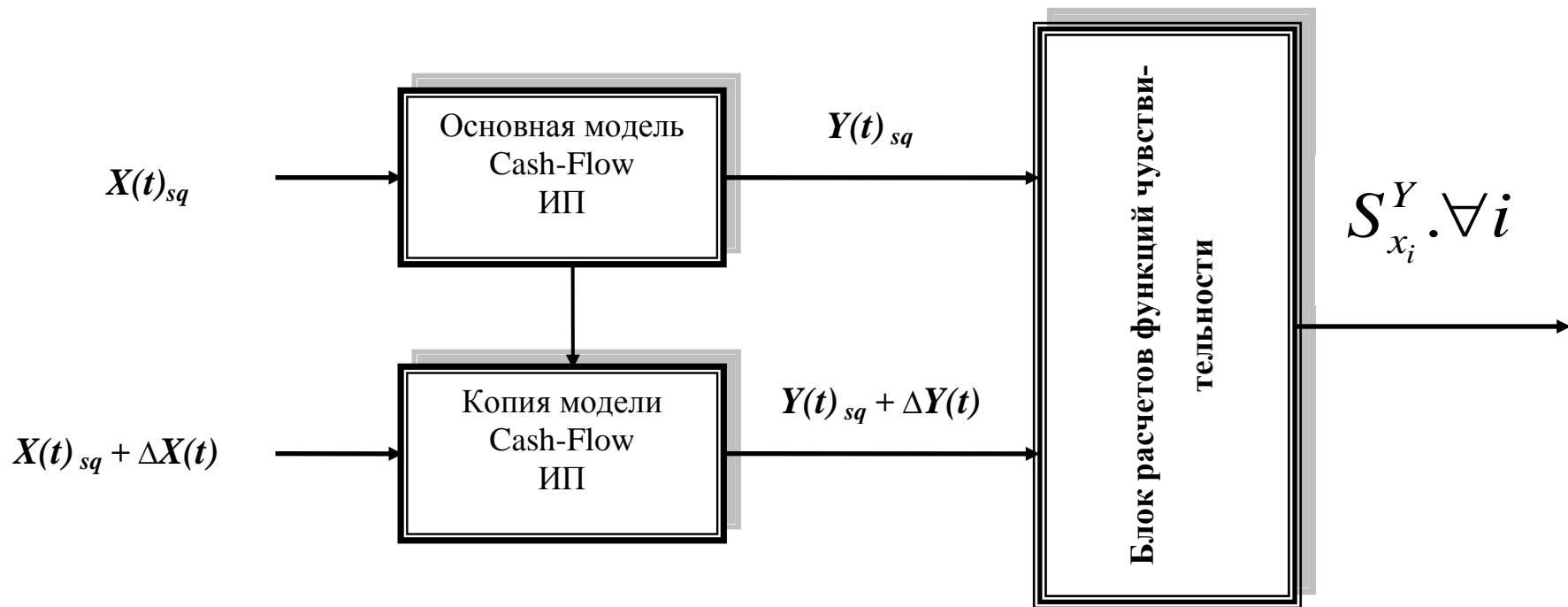


Рис.2.1. Блок-схема модели расчета функций чувствительности инвестиционного проекта.

Здесь основная модель Cash-Flow служит для расчета определенного исходного сценария инвестиционного проекта, т.е. для получения всех необходимых показателей и значений выбранной целевой функции (одной или нескольких) в ситуации  $SQ$ . Копия модели служит для получения измененного состояния проекта, для которого рассчитываются отклоненные значения целевых функций под действием какого-либо риск-параметра.

Из основной модели в копию автоматически (с помощью соответствующих ссылок) передаются все константы, т.е. исходные значения параметров. В копии предусмотрено поочередное изменение риск-параметров и выбор длительности воздействия каждого риска. Таким образом, если в копии изменить какой-либо риск-параметр, то на ее выходе получим измененное значение целевой функции. В блок расчета функций чувствительности из основной модели поступают исходные значения риск-параметра и целевой функции, а из копии – соответствующие измененные значения. В итоге на основе (2.2) получаем весь спектр функций чувствительности в виде таблиц и соответствующих графиков для всего горизонта планирования.

На прилагаемом CD в папке CF\_Model\_2014 находится файл Sensitiv\_2014.xls, в котором реализована копия исходной модели Cash-Flow. Кроме того, в нем имеются: лист с матрицей рисков, листы для расчета функций чувствительности по отдельным группам рисков параметров, лист для расчета влияния совокупности рисков, лист с интегральными индексами чувствительности, а также лист для расчета предельно-допустимых значений риск-параметров. Ниже на рисунках 2.2 – 2.14 показаны фрагменты указанных листов.

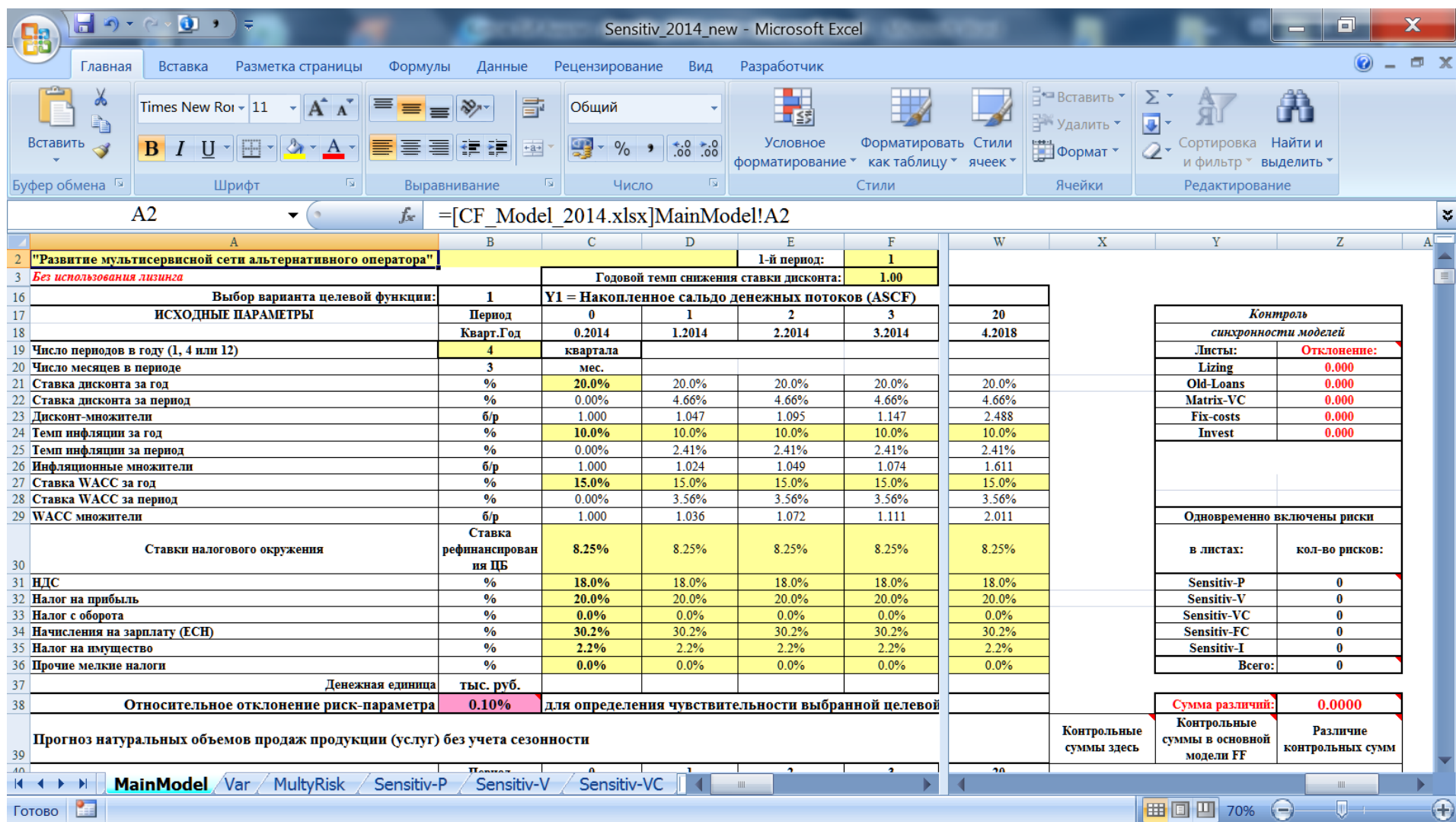


Рис.2.2. Лист *MainModel* с копией основной модели Cash-Flow и инструментами контроля синхронности моделей.

Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Вставить Удалить Формат

Шрифт: Times New Roman, 10

Выравнивание Число

Условное форматирование Форматировать как таблицу стилей

Ячейки: Вставить, Удалить, Формат

Редактирование: Сортировка и фильтр, Найти и выделить

А9 РИСКОВЫЕ ПАРАМАТРЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ, с помощью

		ИСТОЧНИКИ РИСКОВ: <b>ВНЕШНИЕ</b> <b>ПОЛИТИЧЕСКИЕ</b>													
		РИСКОВЫЕ СОБЫТИЯ:													
		Рост таможенных пошлин на импорт	Рост экспортных пошлин	Введение эмбарго на импорт товаров	Введение эмбарго на экспорт товара	Снижение импортных квот	Снижение экспортных квот	Перемены в правительстве							
Субъективная возможность появления риск-события:		50%	0%	0%	0%	10%	0%	20%							
Направление изменения риск-параметра: + рост; - снижение		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
одепделруется влияние рисков событий	Цены на продаваемые товары	Голосовой трафик корпоративных пользователей	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		Трафик массовых интернет-абонентов	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		Передача данных	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		Продажа оборудования	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		7	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		8	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		9	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		10	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		11	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		12	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		13	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

MainModel Var MultyRisk Sensitiv-P Sensitiv-V Sensitiv-VC Sensitiv-VCi Sensitiv-FC Sensitiv-I Ir

Готово 80%

Рис.2.3. Лист *Var* с матрицей источников риска, рисковыми событиями, риск-параметрами и возможными границами их отклонений.

Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Вставить Удалить Формат Ячейки

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число

Числовой

Условное форматирование Форматировать как таблицу

Стили

Вставить Удалить Формат

Сортировка и фильтр Найти и выделить

Редактирование

B11  $f_x$   $dX(i) / X(i)$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	<b>ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА К ОТКЛОНЕНИЮ ОДНОГО ИЗ РИСК-ПАРАМЕТРОВ (цены на реализованные товары)</b>										
2	Варианты целевых функций:	1	Y1 = Накопленное saldo денежных потоков (ASCF)								
3		2	Y2 = Накопленный чистый денежный поток (ANCF)								
4		3	Y3 = Чистая текущая стоимость с учетом амортизации (NPV)								
5		4	Y4 = Чистый денежный поток (NCF) за период								
6		5	Y5 = Срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования (TBP)								
7		6	Y6 = Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI)								
8		7	Y7 = Сальдо денежных потоков (SCF) за период								
9		8	Y8 = Накопленный дисконтированный чистый денежный поток (ADNCF)								
10	Выбор варианта целевой функции:	1	Y1 = Накопленное saldo денежных потоков (ASCF)								
11	Относительное отклонение риск-параметра:	$dX(i) / X(i)$	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	
12	Измененная целевая функция:	Y+dY	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837	
13	Исходная целевая функция:	Y	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837	
14	0	← Число риск-параметров, включенных одновременно во всех листах этой модели									
15	Риск-параметры	Период	0	1	2	3	4	5	6	7	
16	0	Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	
17	0	Определяем чувствительность: 1- Да, 0 - Нет	0	0	1	1	1	1	1	1	
18	Голосовой трафик корпоративных пользователей	Цена 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19	Относительная чувствительность	ASCF	0.00	0.00	0.78	1.15	1.37	1.22	0.94	0.82	
20	Относительная чувствительность	ANCF	0.00	0.00	-0.30	-1.49	2.47	1.19	0.92	0.81	
21	Относительная чувствительность	NPV	0.00	0.00	-0.09	-0.24	-0.47	-1.02	-2.84	26.57	
22	Относительная чувствительность	NCF	0.00	0.00	-78.09	0.90	0.35	0.55	0.54	0.54	
23	Относительная чувствительность	TBP	-0.43	-0.43	-0.43	-0.43	-0.43	-0.43	-0.43	-0.43	
24	Относительная чувствительность	PI	0.00	0.00	-0.29	-1.28	3.60	1.38	1.03	0.89	
25	0	SCF	0.00	0.00	1.00	1.57	2.15	0.00	0.54	0.54	

MainModel Var MultyRisk Sensitiv-P Sensitiv-V Sensitiv-VC Sensitiv-VCI Sensitiv-FC Sensitiv-I Ir

Готово 80%

Рис.2.4. Лист *Sensitiv-P* для расчета функций чувствительности к ценам продаж.

Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Буфер обмена Вставить Шрифт Выравнивание Число Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили Ячейки Редактирование

A18 =MainModel!A136

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА К ОТКЛОНЕНИЮ ОДНОГО ИЗ РИСК-ПАРАМЕТРОВ (натуральные объемы продаж)									
2	Варианты целевых функций:	1	Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)							
3		2	Y2 = Накопленный чистый денежный поток (ANCF)							
4		3	Y3 = Чистая текущая стоимость с учетом амортизации (NPV)							
5		4	Y4 = Чистый денежный поток (NCF) за период							
6		5	Y5 = Срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования (TBP)							
7		6	Y6 = Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI)							
8		7	Y7 = Сальдо денежных потоков (SCF) за период							
9		8	Y8 = Накопленный дисконтированный чистый денежный поток (ADNCF)							
10	Выбор варианта целевой функции:	1	Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)							
11	Относительное отклонение риск-параметра:	$dX(i) / X(i)$	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
12	Измененная целевая функция:	$Y+dY$	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837
13	Исходная целевая функция:	Y	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837
14	0	← Число риск-параметров, включенных одновременно во всех листах этой модели								
15	Риск-параметры	Период	0	1	2	3	4	5	6	7
16	0	Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015
17	0	← Определяем чувствительность: 1- Да, 0 - Нет								
18	Голосовой трафик корпоративных пользователей	Объем продаж 1	0	0	1	1	1	1	1	1
19	Относительная чувствительность	ASCF	0	0	0.529	0.778	0.923	0.822	0.632	0.553
20	Относительная чувствительность	ANCF	0	0	-0.202	-1.006	1.666	0.800	0.622	0.547
21	Относительная чувствительность	NPV	0	0	-0.058	-0.161	-0.317	-0.690	-1.914	17.933
22	Относительная чувствительность	NCF	0.000	0.000	-52.717	0.605	0.237	0.374	0.367	0.368
23	Относительная чувствительность	TBP	-0.293	-0.293	-0.293	-0.293	-0.293	-0.293	-0.293	-0.293
24	Относительная чувствительность	PI	0.000	0.000	-0.193	-0.861	2.429	0.929	0.693	0.598
25	0	SCF	0.000	0.000	1.244	1.135	15.825	0.662	0.267	0.268

Ячейка B18, автор примечания: Kotov

Рис.2.5. Лист *Sensitiv-V* для расчета функций чувствительности к натуральным объемам продаж.

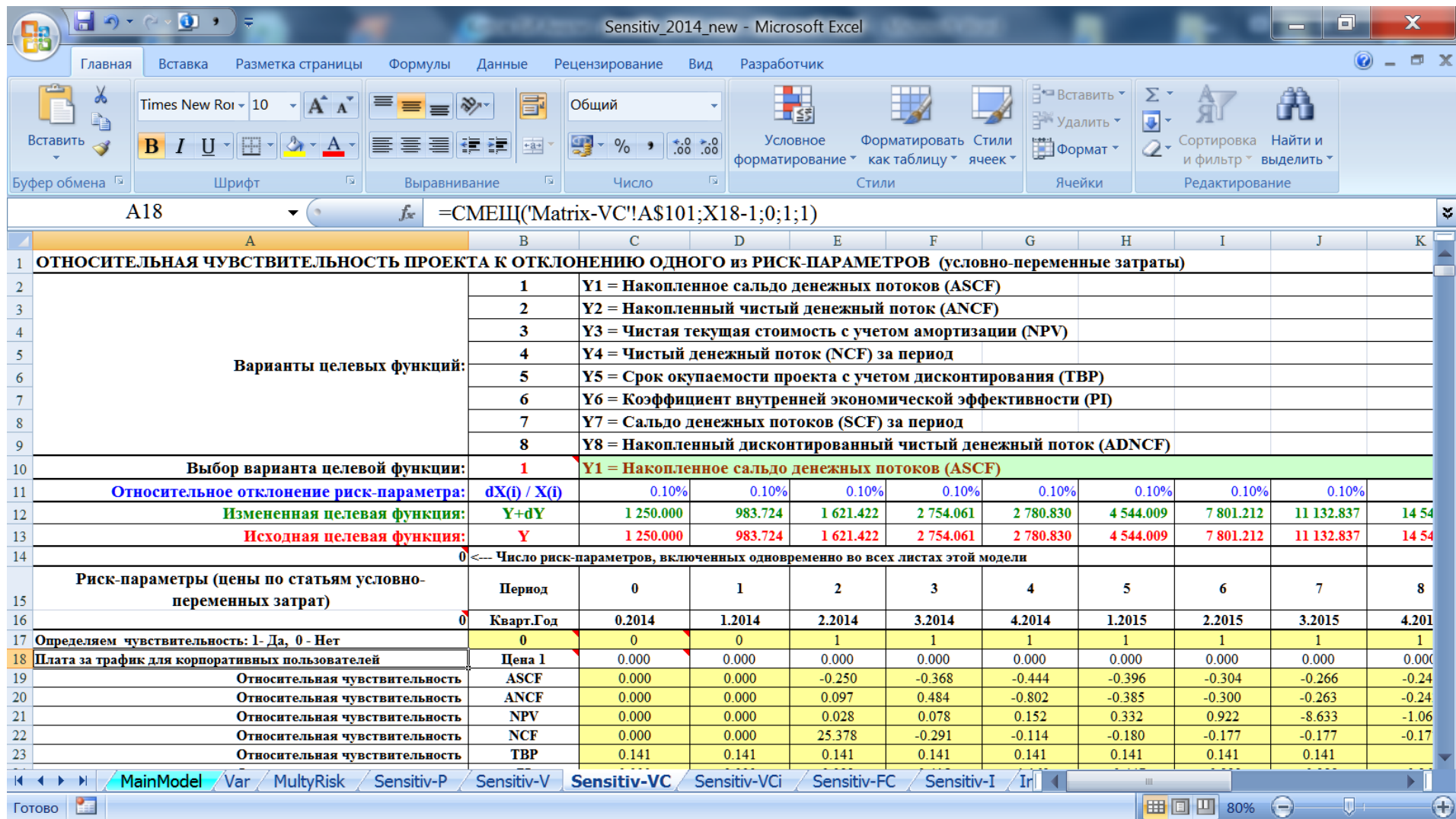


Рис.2.6. Лист *Sensitiv-VC* для расчета функций чувствительности к условно-переменным затратам.

Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили Ячейки Редактирование

A18  $f_x$  ="VC "&MainModel!A136

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА К ОТКЛОНЕНИЮ VC для каждой позиции ассортимента продаж</b>									
2	Варианты целевых функций:	1	Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)							
3		2	Y2 = Накопленный чистый денежный поток (ANCF)							
4		3	Y3 = Чистая текущая стоимость с учетом амортизации (NPV)							
5		4	Y4 = Чистый денежный поток (NCF) за период							
6		5	Y5 = Срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования (TBP)							
7		6	Y6 = Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI)							
8		7	Y7 = Сальдо денежных потоков (SCF) за период							
9		8	Y8 = Накопленный дисконтированный чистый денежный поток (ADNCF)							
10	Выбор варианта целевой функции:	1	Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)							
11	Относительное отклонение риск-параметра:	$dX(i) / X(i)$	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
12	Измененная целевая функция:	$Y+dY$	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837
13	Исходная целевая функция:	Y	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837
14		0	Число риск-параметров, включенных одновременно во всех листах этой модели							
15	Риск-параметры: VCi для i-ой позиции ассортимента	Период	0	1	2	3	4	5	6	7
16		Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015
17	Определяем чувствительность: 1- Да, 0 - Нет	0	0	0	1	1	1	1	1	1
18	VC Голосовой трафик корпоративных пользователей	Объем продаж 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	Относительная чувствительность	ASCF	0.000	0.000	-0.304	-0.447	-0.558	-0.497	-0.382	-0.334
20	Относительная чувствительность	ANCF	0.000	0.000	0.122	0.608	-1.007	-0.484	-0.376	-0.331
21	Относительная чувствительность	NPV	0.000	0.000	0.035	0.098	0.191	0.417	1.158	-10.843
22	Относительная чувствительность	NCF	0.000	0.000	31.876	-0.366	-0.143	-0.226	-0.222	-0.222
23	Относительная чувствительность	TBP	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178
24	Относительная чувствительность	PI	0.000	0.000	0.116	0.521	-1.469	-0.562	-0.419	-0.362

MainModel Var MultyRisk Sensitiv-P Sensitiv-V Sensitiv-VC Sensitiv-VCi Sensitiv-FC Sensitiv-I Ir

Готово 80%

Рис.2.7. Лист *Sensitiv-VCi* для расчета функций чувствительности к суммарным условно-переменным затратам по каждой позиции ассортимента продаж.



Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число Стили Ячейки Редактирование

А18 =СМЕЩ("Fix-costs"!A\$7;X18-1;0;1;1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	<b>ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА К ОТКЛОНЕНИЮ ОДНОГО из РИСК-ПАРАМЕТРОВ (условно-постоянные затраты)</b>											
2	<b>Варианты целевых функций:</b>	1	<b>Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)</b>									
3		2	<b>Y2 = Накопленный чистый денежный поток (ANCF)</b>									
4		3	<b>Y3 = Чистая текущая стоимость с учетом амортизации (NPV)</b>									
5		4	<b>Y4 = Чистый денежный поток (NCF) за период</b>									
6		5	<b>Y5 = Срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования (TBP)</b>									
7		6	<b>Y6 = Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI)</b>									
8		7	<b>Y7 = Сальдо денежных потоков (SCF) за период</b>									
9		8	<b>Y8 = Накопленный дисконтированный чистый денежный поток (ADNCF)</b>									
10	<b>Выбор варианта целевой функции:</b>	1	<b>Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)</b>									
11	<b>Относительное отклонение риск-параметра:</b>	$dX(i) / X(i)$	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	
12	<b>Измененная целевая функция:</b>	$Y+dY$	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837	14 545.2	
13	<b>Исходная целевая функция:</b>	$Y$	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837	14 545.2	
14	0	← Число риск-параметров, включенных одновременно во всех листах этой модели										
15	<b>Риск-параметры (цены по статьям условно-постоянных затрат)</b>		Период	0	1	2	3	4	5	6	7	8
16	0	Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	4.2015	
17	Определяем чувствительность: 1- Да, 0 - Нет		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Аренда помещений		Цена 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	Относительная чувствительность		ASCF	0.000	-1.017	-1.233	-1.089	-0.975	-0.750	-0.528	-0.435	-0.384
20	Относительная чувствительность		ANCF	0.000	0.240	0.479	1.435	-1.760	-0.730	-0.520	-0.430	-0.381
21	Относительная чувствительность		NPV	0.000	0.079	0.141	0.237	0.349	0.657	1.670	-14.751	-1.749
22	Относительная чувствительность		NCF	0.000	0.240	62.662	-0.480	-0.051	-0.222	-0.218	-0.219	-0.219
23	Относительная чувствительность		TBP	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243	0.243

MainModel Var MultyRisk Sensitiv-P Sensitiv-V Sensitiv-VC Sensitiv-VCI Sensitiv-FC Sensitiv-I Ir

Готово 80%

Рис.2.8. Лист *Sensitiv-FC* для расчета функций чувствительности к условно-постоянным затратам.

Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Буфер обмена Вставить Шрифт Выравнивание Число Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили Ячейки Вставить Удалить Формат Сортировка Найти и выделить Редактирование

A18 =СМЕЩ(Invest!A\$109;X18-1;0;1;1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА К ОТКЛОНЕНИЮ ОДНОГО из РИСК-ПАРАМЕТРОВ (Цены инвестиций)</b>										
2	Варианты целевых функций:	1	Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)								
3		2	Y2 = Накопленный чистый денежный поток (ANCF)								
4		3	Y3 = Чистая текущая стоимость с учетом амортизации (NPV)								
5		4	Y4 = Чистый денежный поток (NCF) за период								
6		5	Y5 = Срок окупаемости проекта с учетом дисконтирования (TBP)								
7		6	Y6 = Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI)								
8		7	Y7 = Сальдо денежных потоков (SCF) за период								
9		8	Y8 = Накопленный дисконтированный чистый денежный поток (ADNCF)								
10	Выбор варианта целевой функции:	1	Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)								
11	Относительное отклонение риск-параметра:	$dX(i) / X(i)$	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
12	Измененная целевая функция:	$Y+dY$	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837	14 545.2
13	Исходная целевая функция:	Y	1 250.000	983.724	1 621.422	2 754.061	2 780.830	4 544.009	7 801.212	11 132.837	14 545.2
14	0	← Число риск-параметров, включенных одновременно во всех листах этой модели									
15	Риск-параметры (цены инвестиций в основные средства)	Период	0	1	2	3	4	5	6	7	8
16	0	Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	4.2015
17	0	Определяем чувствительность: 1- Да, 0 - Нет	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Сетевое оборудование1	Стоимость I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	Относительная чувствительность	ASCF	-4.000	-5.106	-3.112	-1.841	-1.536	-0.942	-0.550	-0.386	-0.296
20	Относительная чувствительность	ANCF	0.000	0.007	0.013	0.039	-0.022	-0.009	-0.006	-0.005	-0.005
21	Относительная чувствительность	NPV	0.758	0.414	0.381	0.438	0.604	0.931	2.011	-15.484	-1.631
22	Относительная чувствительность	NCF	0.000	0.007	1.702	-0.013	0.011	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002
23	Относительная чувствительность	TBP	0.259	0.259	0.259	0.259	0.259	0.259	0.259	0.259	0.259

MainModel Var MultyRisk Sensitiv-P Sensitiv-V Sensitiv-VC Sensitiv-VCI Sensitiv-FC Sensitiv-I Ir

Готово 80%

Рис.2.9. Лист *Sensitiv-I* для расчета функций чувствительности к инвестиционным затратам.

Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Буфер обмена Вставить Шрифт Выравнивание Число Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили ячеек Вставить Удалить Формат Ячейки Сортировка и фильтр Найти и выделить Редактирование

A4  $=\text{'Sensitiv-P'!B519\&'Sensitiv-P'!C519}$

	A	B	C	D	E
1	<b>ИНДЕКСЫ МАКСИМАЛЬНОЙ И ПОЛНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ</b>				
2	<b>ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА К РИСКАМ</b>				
3	<b>Целевые функции и индексы чувствительности</b>		<b>Обозначение</b>	<b>Величина</b>	
4	<b>Целевая функция: <math>Y1 = \text{Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)}</math></b>				
5	<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам</b>		<b>IMSP</b>	<b>6.00</b>	
6	<b>Индекс максимальной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>		<b>IMSQ</b>	<b>4.63</b>	
7	<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>		<b>IMSVC</b>	<b>1.38</b>	
8	<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>		<b>IMSFC</b>	<b>2.15</b>	
9	<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>		<b>IMSI</b>	<b>8.37</b>	
10		<b>Сумма</b>	<b>22.53</b>		
11	<b>Индекс полной чувствительности к ценам</b>		<b>ITSP</b>	<b>3.21</b>	
12	<b>Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>		<b>ITSQ</b>	<b>2.48</b>	
13	<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>		<b>ITSVC</b>	<b>0.73</b>	
14	<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>		<b>ITSFC</b>	<b>0.82</b>	
15	<b>Индекс полной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>		<b>ITSI</b>	<b>1.26</b>	
16		<b>Сумма</b>	<b>8.50</b>		

Готово 100%

Рис.2.10. Лист *Index* для расчета интегральных индексов чувствительности проекта.

Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Буфер обмена Вставить Шрифт Выравнивание Число Ячейки

Общий Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили ячеек Вставить Удалить Формат Сортировка и фильтр Найти и выделить Редактирование

A4  $f_x$  ='Sensitiv-P'!C10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>ВЛИЯНИЕ СОВОКУПНОСТИ РИСКОВ</b>			<i>Общее число рисков N =</i>		<b>26</b>					
2	С учетом вероятности возникновения $k$ рисков из $N$										
3	<i>Целевая функция:</i>										
4	<b><math>Y_1 =</math> Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)</b>										
5	<b>Нижняя граница относительного отклонения целевой функции по каждому риску отдельно</b>										
6	<i>Группа</i>	<i>№ pp</i>	<i>Риск-параметр</i>	$-\Delta Y(i)/Y$	<i>Период (t)</i> <i>№</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
7	Крупные объемы реализации товаров	1	Голосовой трафик корпоративных пользователей	$S1 \cdot \Delta X1 / X1$	1	0.0%	0.0%	-1.3%	-1.9%	-2.3%	-2.1%
8		2	Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей	$S2 \cdot \Delta X2 / X2$	2	0.0%	0.0%	-3.8%	-5.6%	-6.7%	-6.0%
9		3	Трафик массовых интернет-абонентов	$S3 \cdot \Delta X3 / X3$	3	0.0%	0.0%	-0.4%	-0.6%	-0.7%	-0.7%
10		4	Передача данных	$S4 \cdot \Delta X4 / X4$	4	0.0%	0.0%	-0.9%	-1.4%	-1.6%	-1.5%
11		5	Продажа оборудования	$S5 \cdot \Delta X5 / X5$	5	0.0%	0.0%	-0.1%	-0.1%	-0.2%	-0.2%
12		6			6						
13		7			7						
14		8			8						
15		9			9						
16		10			10						

Var MultyRisk Sensitiv-P Sensitiv-V Sensitiv-VC Sensitiv-VCi Sensitiv-FC Sensitiv-I Index Predel

Готово 100%

Рис.2.11. Лист *MultyRisk* для расчета одновременного влияния совокупности рисков.

Скриншот программы Microsoft Excel, лист **Risks**. В ячейке A1 введена формула **Ранжирование рисковых воздействий**. В ячейке A3 введена формула **Целевая функция:**. В ячейке A4 введена формула **Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)**. В ячейке A5 введена формула **Нижняя граница относительного отклонения целевой функции отдельно по каждому риску**. В ячейке A6 введена формула **№ пп**. В ячейке B6 введена формула **Риск-параметр**. В ячейке C6 введена формула **\_ ΔY(i)/Y**. В ячейке D6 введена формула **Max**. В ячейке E6 введена формула **Min**.

№ пп	Риск-параметр	$-\Delta Y(i)/Y$	Max	Min
1	Голосовой график корпоративных пользователей (мин.)	$S1 * \Delta X1 / X1$	0.0%	-4.1%
2	Голосовой график частных высокодоходных пользователей (мин.)	$S2 * \Delta X2 / X2$	0.0%	-11.9%
3	Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)	$S3 * \Delta X3 / X3$	0.0%	-1.3%
4	Передача данных (абоненты)	$S4 * \Delta X4 / X4$	0.0%	-2.9%
5	Продажа оборудования (комплекты)	$S5 * \Delta X5 / X5$	0.0%	-0.3%
6	6 ()		0.0%	0.0%
7	7 ()		0.0%	0.0%
8	8 ()		0.0%	0.0%
9	9 ()		0.0%	0.0%
10	10 ()		0.0%	0.0%
11	11 ()		0.0%	0.0%
12	12 ()		0.0%	0.0%

Рис.2.12. Лист **Risks** для расчета максимальных в пределах горизонта планирования вкладов риск-параметров в нижнюю и верхнюю границы относительного отклонения целевой функции.

**Ранжирование рисков воздействия**

**Целевая функция:**

**$Y1 =$  Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)**

**Нижняя граница относительного отклонения целевой функции отдельно по каждому риску**

№ пп	Риск-параметр	$-\Delta Y(i)/Y$	Min	Накопленная сумма	Накопленная доля
2	Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)	$S2 * \Delta X2 / X2$	-11.9%	-11.9%	31.2%
20	Сетевое оборудование1	$S20 * \Delta X20 / X20$	-5.3%	-17.2%	45.0%
1	Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)	$S1 * \Delta X1 / X1$	-4.1%	-21.3%	55.8%
6	Аренда помещений	$S6 * \Delta X6 / X6$	-3.3%	-24.7%	64.4%
4	Передача данных (абоненты)	$S4 * \Delta X4 / X4$	-2.9%	-27.6%	72.1%
3	Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)	$S3 * \Delta X3 / X3$	-1.3%	-28.9%	75.5%
16	Плата за трафик для частных высокодоходных пользователей	$S16 * \Delta X16 / X16$	-1.3%	-30.2%	79.0%
26	Транспорт	$S26 * \Delta X26 / X26$	-1.1%	-31.3%	81.8%
21	Сетевое оборудование2	$S21 * \Delta X21 / X21$	-1.1%	-32.3%	84.5%
22	Сетевое оборудование3	$S22 * \Delta X22 / X22$	-1.0%	-33.4%	87.2%
9	Материалы	$S9 * \Delta X9 / X9$	-1.0%	-34.4%	89.8%
23	СМР1	$S23 * \Delta X23 / X23$	-0.8%	-35.2%	92.0%

Рис.2.13. Лист **Rang** для ранжирования вкладов риск-параметров в нижнюю и верхнюю границы относительного отклонения целевой функции.

Sensitiv\_2014\_new - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Вставить Удалить Формат Ячейки

Буфер обмена Шрифт Выравнивание Число

Общий Условное форматирование Форматировать как таблицу Стили ячеек

Сортировка и фильтр Найти и выделить Редактирование

B25 f<sub>x</sub> Y

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Предельно-допустимые значения при глобальном изменении риск-параметров в самом "опасном" периоде</b>						
2		Период	0	1	2	3	4
3		Кварт.Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014
4	Накопленное сальдо с учетом всех кредитных линий на конец периода	на конец пер	1 250	984	1 621	2 754	2 781
5	Потребность в финансировании оборотных средств для периода T+1	тыс. руб.	503	636	702	769	787
6	Дефицит финансирования оборотных средств	тыс. руб.	-	-	-	-	-
7							
8	<b>Название риск-параметра</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Ед.изм.</b>	<b>№ самого "опасного" периода</b>	<b>Значение в состоянии SQ</b>	<b>Предельно-допустимое значение</b>	<b>Относительное изменение</b>
9	Тариф на голосовой трафик частных высокодоходных пользователей	X2	руб.	2	0.015	0.013	-14.00%
10	Натуральный объем продаж голосового трафика частных высокодоходных пользователей	X8	тыс.мин.	2	225 000	175 500	-22.00%
11	Тариф на голосовой трафик корпоративных пользователей	X1	руб.	2	0.010	0.007	-30.10%
12	Натуральный объем продаж голосового трафика корпоративных пользователей	X7	тыс.мин.	2	135 000	76 950	-43.00%
13	Условно-переменные затраты без НДС	X13	тыс.руб.	2	1 406	1 746	24.20%
14	Условно-постоянные затраты без ЗП и НДС	X14	тыс.руб.	2	1 238	1 416	14.40%
15	Фонд оплаты труда	X15	тыс.руб.	2	2 023	2 232	10.30%
16							
17	<b>Проверка линейности модели</b>						

MultyRisk Sensitiv-P Sensitiv-V Sensitiv-VC Sensitiv-VCi Sensitiv-FC Sensitiv-I Index Predel The

Готово 90%

Рис.2.14. Лист *Predel* для расчета предельно-допустимых значений риск-параметров.

В листе MainModel файла Sensitiv\_2014.xls модели расчета функций чувствительности предусмотрен инструмент контроля «синхронности» основной модели и ее копии (см. Приложение 4 и модель на CD).

### 2.3. Варианты целевых функций проекта

Выбор целевой функции во многом зависит от желаний разработчиков бизнес-плана, менеджеров инвестиционного проекта или инвесторов. При необходимости риск-анализ можно проводить одновременно по нескольким целевым функциям. В качестве таких функций можно предложить следующие динамические показатели:

1.  $Y1$   $ASCF(T)$  – (Accumulated Saldo Cash-Flow) накопленное к моменту  $T$  сальдо денежных потоков или состояние расчетного счета проекта.
2.  $Y2$   $ANCF(T)$  – (Accumulated Net Cash-Flow) накопленный к моменту  $T$  чистый денежный поток, генерируемый проектом.
3.  $Y3$   $NPV(T)$  – (Net Present Value) чистая текущая стоимость проекта к моменту  $T$ .
4.  $Y4$   $NCF(t)$  – (Net Cash-Flow) чистый денежный поток, генерируемый проектом к в каждом периоде  $t$  (без дисконтирования).
5.  $Y5$   $PbP$  – (Payback Period) срок окупаемости проекта.
6.  $Y6$   $PI(T)$  – (Profitability Index) коэффициент внутренней экономической эффективности.
7.  $Y7$   $SCF(t)$  – (Saldo Cash-Flow) сальдо денежных потоков за период  $t$  (без накопления).
8.  $Y8$   $ADNCF(T)$  – (Accumulated Discount Net Cash-Flow) накопленный к моменту  $T$  дисконтированный чистый денежный поток.

Здесь из восьми вариантов целевой функции четыре ( $Y1$ ,  $Y2$ ,  $Y3$ ,  $Y6$  и  $Y8$ ) связаны с накопленными значениями к периоду  $T$ . Функции  $Y4$  и  $Y7$  рассчитываются для каждого периода  $T$  в отдельности без накопления. Следует заметить, что не накопленная целевая функция позволяет анализировать влияние рисков в пределах любого отдельно взятого периода без учета, так



называемого последствия. Однако мы отдаем предпочтение накопленным показателям, т.к. это позволяет учесть последствия рискованных событий, которые могут начинаться и заканчиваться в любой момент в течение всего горизонта планирования.

Если в качестве целевой функции используется  $NPV(T)$ , то следует иметь в виду, что в точке окупаемости, когда  $NPV = 0$ , функция чувствительности терпит разрыв второго рода, т.е. обращается в бесконечность, как следует из (2.1). Эту трудность можно легко обойти, если эту особую точку исключить из расчетов.

Если в качестве целевой функции выбрано накопленное сальдо денежных потоков:

$$Y(x, T) = \sum_{t=0}^T [CF_{in}(x, t) - CF_{out}(x, t)] \quad (2.3)$$

то данный вариант целевой функции будет весьма полезным для оперативного управления ходом реализации проекта, т.к. эта функция описывает состояние его расчетного счета с учетом влияния рисков в каждом отдельно взятом периоде (см. раздел 8).

#### 2.4. Виды функций чувствительности

При расчете функций чувствительности следует различать краткосрочное и долгосрочное воздействие рискованных событий. Соответственно определим два типа функций чувствительности:

**Локальная чувствительность** – чувствительность при локальном (краткосрочном во времени) влиянии риск-параметра, т.е. когда отклонение имеет место только в течение одного или нескольких периодов существенно меньших общего горизонта планирования (рис.2.15).

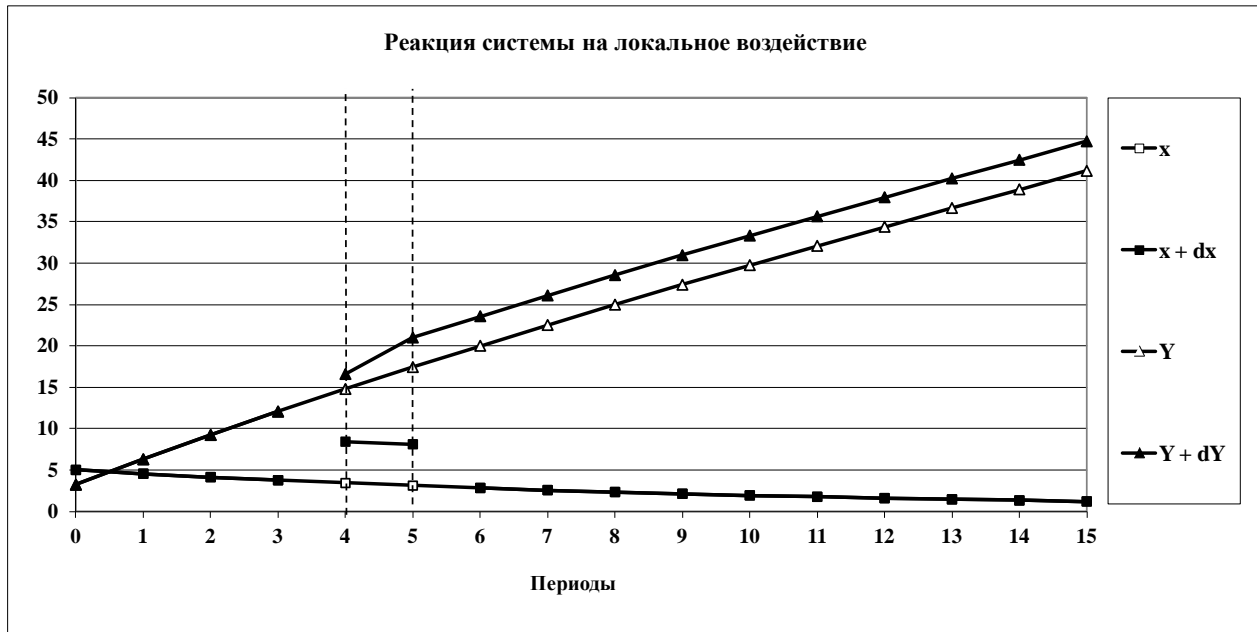


Рис.2.15. К определению локальной чувствительности.

**Глобальная чувствительность** – чувствительность при глобальном (длительном во времени) влиянии риск-параметра, т.е. когда отклонение может иметь место по всему горизонту планирования, начиная с некоторого момента (рис.2.16).

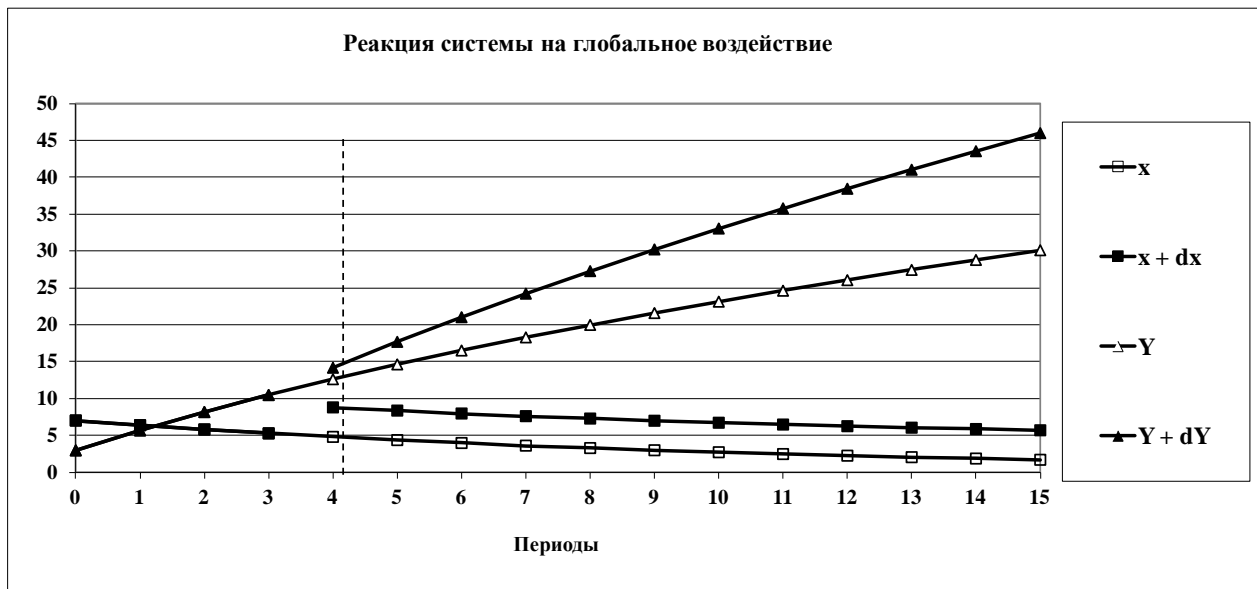


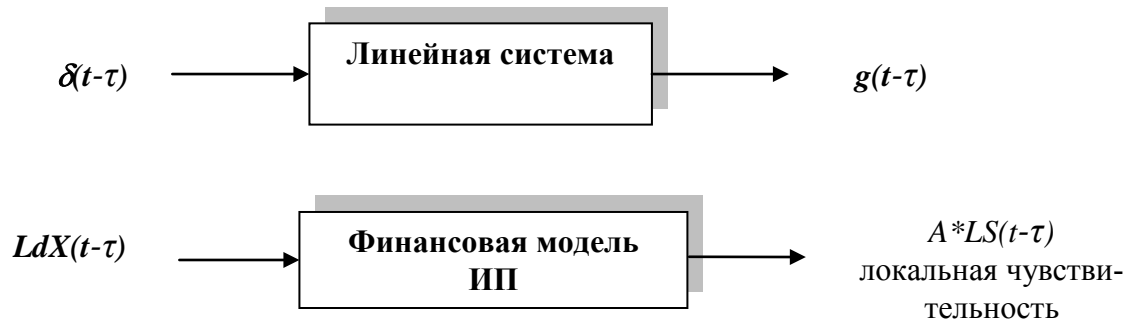
Рис.2.16. К определению глобальной чувствительности.

Какой из приведенных вариантов чувствительности следует выбрать, зависит от того, как долго будут действовать те или иные рисковые события в реальной ситуации.

*Здесь уместна аналогия с анализом реакции линейных систем на основе импульсных и переходных характеристик последних [7]. Если в качестве единичного воздействия в момент  $\tau$  используется дельта-функция Дирака -  $\delta(t-\tau)$ , то реакция системы при нулевых начальных условиях будет численно равна импульсной характеристике системы  $g(t-\tau)$ . Если в качестве единичного воздействия в некоторый момент времени используется функция Хэвисайда (единичный скачок) -  $I(t-\tau)$ , то реакция системы при нулевых начальных условиях будет численно равна переходной характеристике системы  $h(t-\tau)$ .*

*В нашем случае роль дельта-функции может играть локальный во времени скачок риск-параметра  $LdX(t-\tau)$ , тогда реакция инвестиционного проекта будет пропорциональна локальной чувствительности  $LS(t-\tau)$  на заданное воздействие. Функции Хэвисайда  $I(t-\tau)$  будет соответствовать глобальное во времени изменение риск-параметра  $GdX(t-\tau)$ , что даст реакцию пропорциональную глобальной функции чувствительности  $GS(t-\tau)$ . На рис.2.17 приведены соответствующие функциональные аналогии.*

*Локальная аналогия*



*Глобальная аналогия*

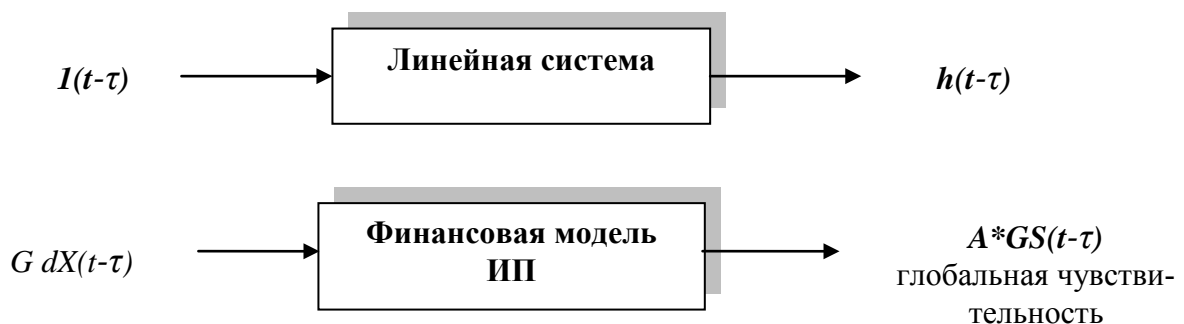


Рис.2.17. Модель инвестиционного проекта и линейные аналогии.

Как известно [7], для линейных систем справедлив принцип суперпозиции, а именно: реакция системы на совокупность воздействий равна сумме реакций на каждое воздействие в отдельности. На основе этого принципа, зная характеристики системы  $g(t)$  или  $h(t)$ , можно найти как связь между ними, так и реакцию системы на воздействие любого вида. В нашем случае из принципа суперпозиции можно получить связь между глобальной и соответствующими локальными функциями чувствительности.

Пусть время меняется дискретно:

$$t = 0, 1, 2, \dots, n, \dots, N,$$

где  $t = N$  – горизонт планирования;

$t = k$  – момент начала воздействия глобального риска;

$t = k+j$ , ( $j = 0, 1, \dots, n-k$ ) – моменты существования локальных рисков;

$t = n \geq k+j$  – произвольный (текущий) момент наблюдения реакции системы на заданное воздействие.

Тогда глобальную чувствительность, описывающую реакцию системы на воздействие глобального рискового события, начавшегося в момент  $t = k$  и длящегося вплоть до горизонта планирования, можно выразить как суперпозицию локальных чувствительностей, соответствующих совокупности воздействий локальных (длительностью в один период) рисков, появляющихся в моменты от  $t = k$  и до  $t = k + j$ , ( $j = 0, 1, \dots, n - k$ ), а именно:

$$GS_{x_i}^Y(n - k) = \sum_{j=0}^{n-k} LS_{x_i}^Y(n - k - j), n \geq k + j \quad (2.4)$$

Следует заметить, что локальные функции чувствительности всегда быстрее убывают, чем одноименные глобальные функции для всех периодов времени. Это объясняется тем, что локальное действие какого-либо риска длится короткое время, а глобальный риск (равный сумме локальных рисков) действует все время с момента его возникновения и эффект от него накапливается от периода к периоду. Можно говорить, что функции глобальной чувствительности отражают стратегические последствия влияния длительных воздействий рисков на инвестиционный проект. В тоже время локальные чувствительности отражают тактические последствия, краткосрочных изменений во внешней и внутренней среде бизнеса.

Ниже приведен пример расчета глобальной чувствительности по совокупности локальных чувствительностей, как это следует из (2.4).

Таблица 2.1. Локальные функции чувствительности.

Период t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>S<sub>local 0</sub></i>	5.00	2.48	1.64	1.22	0.97	0.80	0.68	0.59	0.52	0.46	0.42
<i>S<sub>local 1</sub></i>	-	2.53	1.68	1.25	0.99	0.82	0.70	0.60	0.53	0.47	0.43
<i>S<sub>local 2</sub></i>	-	-	1.71	1.27	1.01	0.83	0.71	0.62	0.54	0.48	0.44
<i>S<sub>local 3</sub></i>	-	-	-	1.30	1.03	0.85	0.72	0.63	0.55	0.49	0.44
<i>S<sub>local 4</sub></i>	-	-	-	-	1.05	0.87	0.74	0.64	0.56	0.50	0.45
<i>S<sub>local 5</sub></i>	-	-	-	-	-	0.89	0.75	0.65	0.58	0.51	0.46
<i>S<sub>local 6</sub></i>	-	-	-	-	-	-	0.77	0.67	0.59	0.52	0.47
<i>S<sub>local 7</sub></i>	-	-	-	-	-	-	-	0.68	0.60	0.53	0.48
<i>S<sub>local 8</sub></i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.61	0.54	0.49
<i>S<sub>local 9</sub></i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	0.50
<i>S<sub>local 10</sub></i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.51
<i>Сумма S<sub>local(i)</sub></i>	<b>5.000</b>	<b>5.014</b>	<b>5.027</b>	<b>5.039</b>	<b>5.050</b>	<b>5.060</b>	<b>5.069</b>	<b>5.077</b>	<b>5.084</b>	<b>5.090</b>	<b>5.095</b>
<i>S<sub>glob</sub></i>	<b>5.000</b>	<b>5.014</b>	<b>5.027</b>	<b>5.039</b>	<b>5.050</b>	<b>5.060</b>	<b>5.069</b>	<b>5.077</b>	<b>5.084</b>	<b>5.090</b>	<b>5.095</b>

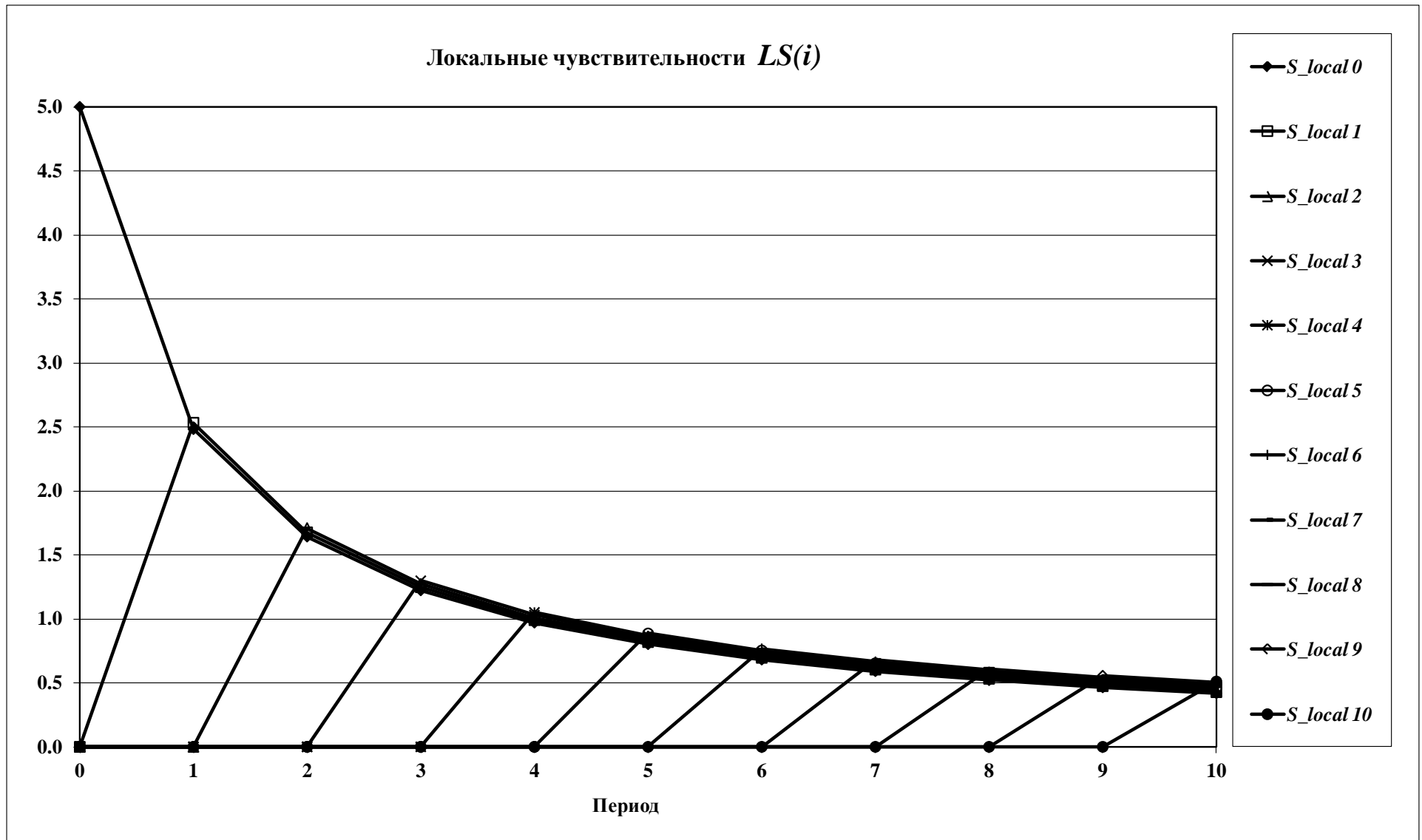


Рис.2.18. Графики локальных функций чувствительности.

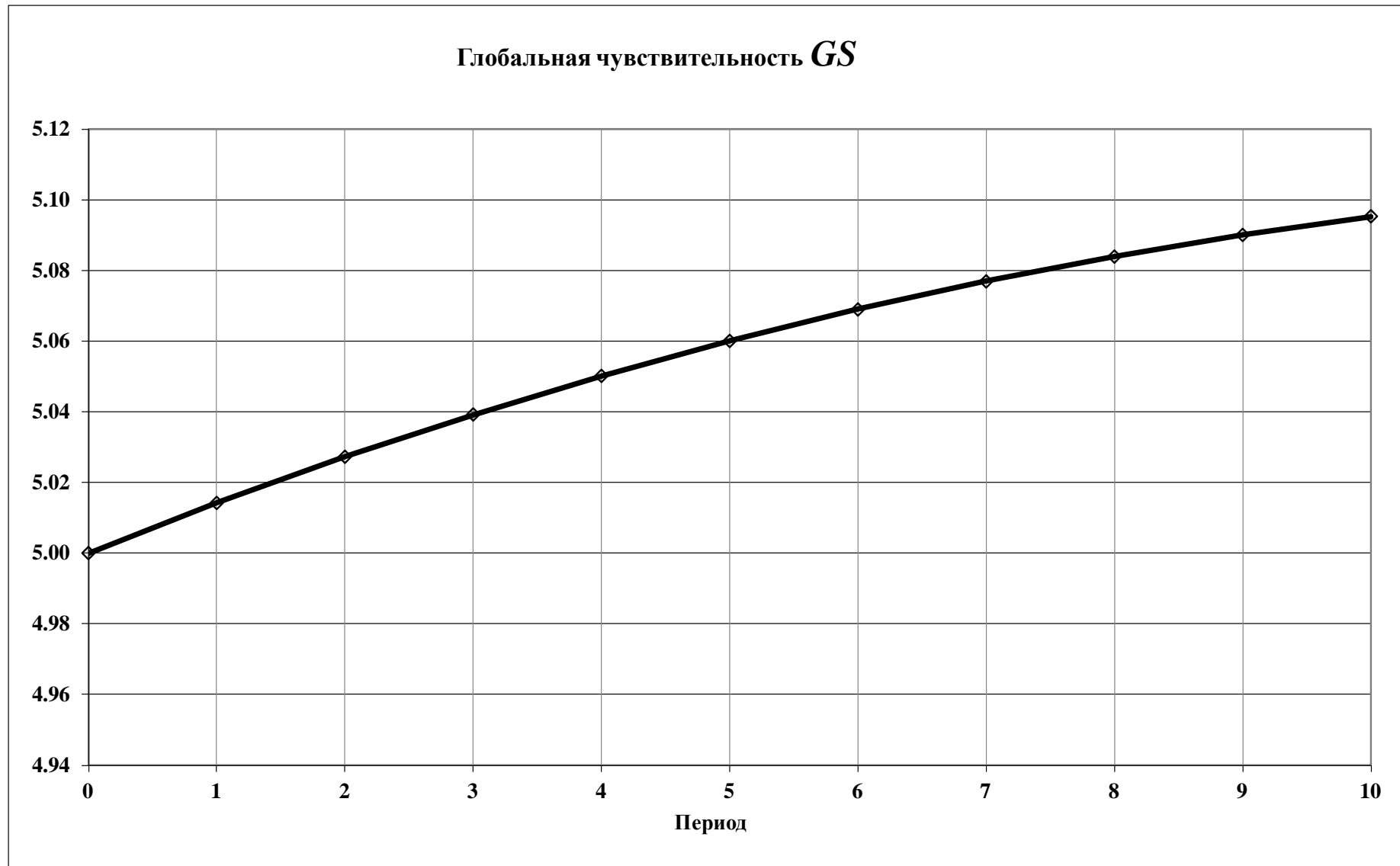


Рис.2.19. Глобальная (суммарная) функция чувствительности.



## 2.5. Свойства целевых функций и функций чувствительности

При использовании аналитического аппарата анализа линейных систем следует иметь в виду, что финансовая модель инвестиционного проекта может не быть строго линейной, однако, как показали эксперименты на множестве различных инвестиционных проектов, даже в широких пределах вариации риск-параметров точность вышеприведенного анализа чувствительностей оставалась вполне приемлемой. Однако прежде чем использовать данную методику целесообразно проверить целевую функцию конкретного инвестиционного проекта на линейность по выбранным риск-параметрам.

Прежде всего, необходимо проверить условие аддитивности. Целевая функция аддитивна, если реакция экономической системы на совокупность воздействий (рисков) равна сумме ее реакций на каждое воздействие (риск) в отдельности. Это известный принцип суперпозиции, который можно выразить в следующей форме:

$$Y\left(\sum_{i=1}^N x_i\right) = \sum_{i=1}^N Y(x_i) \quad (2.5)$$

В нашей модели такую проверку можно сделать, включая одновременно несколько рисков (наиболее значимых) и проверяя, будет ли итоговая чувствительность равна сумме чувствительностей по каждому риск-параметру отдельно.

Далее, если постепенно увеличивать относительное отклонение (одинаковое для всех риск-параметров), то можно найти предельные границы отклонений аргументов, до которых выбранная целевая функция будет линейной. Строго говоря, необходимо проверить выполнение условия гомогенности (пропорциональности) [7], а именно:

$$Y(ax) = aY(x), \quad (2.6)$$

где  $a$  – некоторая произвольная константа. Например, если при увеличении риск-параметра в  $a$  раз, целевая функция изменяется во столько же раз, то

данная функция гомогенна. Следует заметить, что если,  $a$  рациональное число, то из аддитивности следует выполнение условия (2.6), а в случае если,  $a$  иррациональное число, то оно может быть с любой наперед заданной точностью аппроксимировано соответствующим рациональным числом. Это означает, что практически выполнение условия аддитивности (принцип суперпозиции) гарантирует линейность экономической системы.

Рассмотрим ситуации, когда целевая функция может быть нелинейной:

1.  $NPV$  нелинейно зависит от ставки дисконтирования, т.к. последняя возводится в степень « $t$ ». Однако ставка дисконтирования не является риск-параметром проекта, т.к. выбирается разработчиками бизнес-плана и, как правило, постоянна в пределах всего горизонта планирования.
2. Целевая функция может нелинейно зависеть от банковской ставки по кредиту в случае, когда имеет место отсрочка уплаты процентов, т.к. при этом проценты будут начисляться по схеме сложных процентов, что приведет к нелинейности.
3. Целевые функции (например,  $NPV(T)$ ,  $ASCF(T)$ ,  $ANCF(T)$  и др.) могут нелинейно зависеть от цены, реализуемого фирмой товара, если натуральный объем продаж этого товара существенно зависит от его цены. Однако цены на реализуемые товары не являются риск-параметрами, т.к. ценовая политика является не случайной и полностью зависит от руководства фирмы.
4. Если в начальной стадии реализации проекта чистая прибыль отсутствует (имеют место убытки), то целевые функции будут нелинейными по отношению к риск-параметрам в эти периоды времени, т.к. зависимости чистой прибыли от риск-параметров будут кусочно-линейными функциями. На рис.2.20 показан пример зависимости  $ASCF(x)$  от натурального объема продаж  $x$  некоторого товара.

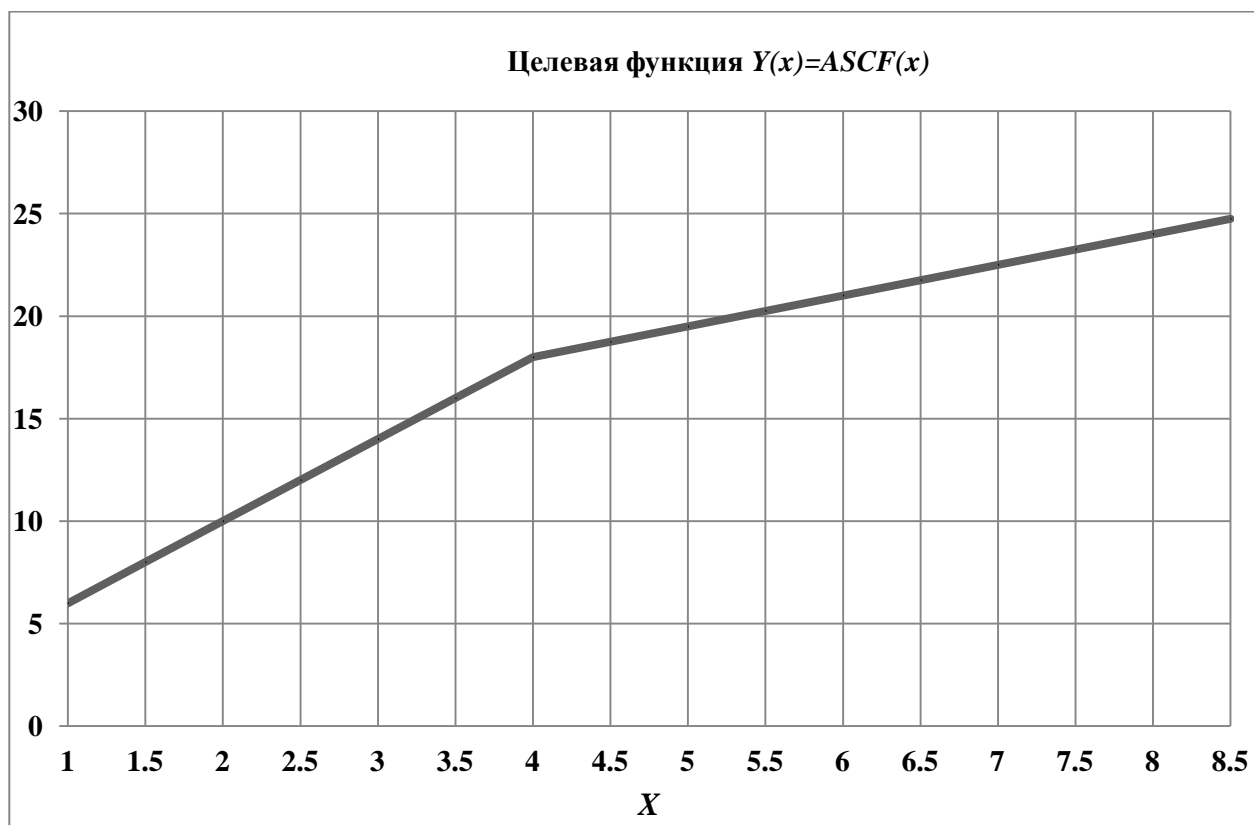


Рис.2.20. Целевая функция  $ASCF(x)$ , где  $x$  – натуральный объем продаж.

Здесь излом целевой функции связан с тем, что в рассматриваемом периоде при объеме продаж  $x \leq 3,5$  прибыль была отрицательная (убытки), а при  $x > 4$  стала положительной и появился налог на прибыль, который и привел к замедлению роста целевой функции.

5. После выхода проекта на положительную чистую прибыль, указанная нелинейность становится несущественной.
6. Если в качестве целевой функции выбран коэффициент внутренней экономической эффективности  $PI(T)$ , то эта функция будет нелинейной по отношению к ценам на инвестиции, которые входят в знаменатель (1.3), если последние выбраны в качестве риск-параметров. В отношении других рисков данная функция линейна.

Алвин Курук в своей работе *Financial Geometry* [29] предлагает помимо чувствительностей первого порядка (2.1) использовать чувствительности второго порядка в случаях, когда нелинейность целевой функции, по каким-либо

риск-параметрам, существенна и ею пренебречь нельзя. В разделе 3 проблема нелинейности будет рассмотрена нами более подробно.

Продолжим изучение свойств целевых функций. Если представляет интерес чувствительность проекта к ценам продаж производимых товаров (для анализа собственной ценовой политики), то в каждом периоде планирования целевая функция (например, накопленный чистый денежный поток в случае двух товаров) будет иметь вид:

$$Y = a(p_1Q_1 + p_2Q_2) + b \quad (2.7)$$

где  $p_{1,2}$  – цены, а  $Q_{1,2}$  – натуральные объемы продаж. Если можно пренебречь зависимостью  $Q(p)$ , то с помощью (2.2) получаем функции чувствительности для рассматриваемого периода:

$$S_{p_{1,2}}^Y = \frac{ap_{1,2}Q_{1,2}}{Y} \quad (2.8)$$

Нетрудно видеть, что, отношение этих функций чувствительности будет равно отношению объемов продаж в денежном выражении соответствующих товаров в данном периоде. Следовательно, структура функций чувствительности по ценам будет в точности соответствовать структуре объемов продаж в денежном выражении, т.е.

$$\frac{p_i Q_i}{\sum_i p_i Q_i} = \frac{S_{x_i}^Y}{\sum_i S_{x_i}^Y} \dots \forall i \quad (2.9)$$

Этот вывод справедлив для любого количества товаров, входящих в ассортимент. Если отдельные группы товаров, имеющиеся в ассортименте, имеют различные ставки НДС, то сделанный выше вывод будет справедлив, если в расчетах чувствительности и в расчетах структуры объемов продаж будут использованы цены без НДС. Указанное свойство функций чувстви-

тельности к ценам позволяет существенно уменьшить объем вычислений в случае широкого ассортимента товаров, когда необходимо знать чувствительность по всем ценам. Аналогичный вывод можно сделать для случая, когда в качестве риск-параметра выступает объем продаж в натуральном выражении. Чувствительности к ценам и объемам продаж будут полностью совпадать только в случае, когда отсутствуют условно-переменные затраты. Если указанные затраты имеются, то в этом случае чувствительность к объему продаж будет меньше чем к цене на определенный товар. Это объясняется тем, что снижение натурального объема продаж сопровождается пропорциональным снижением соответствующих условно-переменных затрат. Оба этих фактора действуют разнонаправлено на целевую функцию.

Если указанной выше зависимостью  $Q(p)$  пренебречь нельзя, то в этом случае связь функций чувствительности со структурой продаж сохранится на качественном уровне, т.е. чем больше доля данного товара по сравнению с другими в общей выручке, тем выше его чувствительность к цене.

Далее рассмотрим знак функции чувствительности. Функция чувствительности будет положительной для всех моментов времени, если с увеличением (уменьшением) отклонения риск-параметра значение целевой функции увеличивается (уменьшается) при условии положительности самой целевой функции. Так, например, чувствительности накопленного сальдо финансовых потоков к ценам и натуральным объемам продаж произведенных товаров всегда положительны, а чувствительности той же целевой функции к отклонениям любых издержек, а также к банковским ставкам по кредитам всегда отрицательны. Исключения из этого правила могут наблюдаться в периоды, когда вместо чистой прибыли имеются убытки. Эти исключения имеют место для следующих целевых функций:

- чистый денежный поток ( $NCF$ ) или чистая прибыль за период,
- накопленный дисконтированный чистый денежный поток ( $ADNCF$ ) или накопленная дисконтированная прибыль,

- коэффициент внутренней экономической эффективности (*Profitability Index*).

Если в качестве целевой функции выбрана *NPV*, то ее чувствительность к ценам и натуральным объемам продаж произведенных товаров в «мертвой зоне» будет отрицательной, а после срока окупаемости – положительной. Знаки чувствительности *NPV* к любым издержкам будут обратными.

Особо следует рассмотреть случай, когда чувствительность целевой функции *ASCF* (накопленное сальдо денежных потоков) может быть отрицательной к натуральным объемам продаж некоторого товара производимого в рамках анализируемого инвестиционного проекта. Ранее было показано, что функции чувствительности для *ASCF* являются положительными в пределах всего горизонта планирования, если в качестве риск-параметров выступают натуральные объемы продаж товаров, реализуемых в рамках инвестиционного проекта. Это свойство может быть нарушено для тех товаров, цены на которые будут ниже удельных условно-переменных затрат на их производство. Покажем это на примере какого-либо одного товара, входящего в ассортимент из *N* реализуемых фирмой товаров.

Запишем *ASCF* в виде:

$$\begin{aligned}
 Y(T) &= \sum_{t=0}^T [CF_{in}(t) - CF_{out}(t)] = \\
 &= \sum_{t=0}^T [p_0 Q_0 + \sum_{i=1}^{N-1} p_i Q_i + A - FC - c_0 Q_0 - \sum_{i=1}^{N-1} c_i Q_i - B] = \\
 &= \sum_{t=0}^T [(p_0 - c_0) Q_0 + D], \tag{2.10}
 \end{aligned}$$

где:

$p_i$  и  $c_i$  – цены и удельные затраты реализуемых товаров,

$Q_i$  – натуральные объемы продаж,

$FC$  – условно-постоянные затраты,

$A$  – входные денежные потоки: кредиты и вложения инвесторов,

$B$  – выходные денежные потоки: погашение кредитов, процентные платежи и налоги,

$$D = \sum_{i=1}^{N-1} p_i Q_i + A - FC - \sum_{i=1}^{N-1} c_i Q_i - B \quad (2.11)$$

На основании (2.10) с помощью (2.1) найдем функцию чувствительности по риск-параметру  $Q_0$ , а именно:

$$S_{Q_0}^Y(T) = \frac{\sum_{t=0}^T (p_0 - c_0) Q_0}{\sum_{t=0}^T [(p_0 - c_0) Q_0 + D]}. \quad (2.12)$$

Заметим, что в общем случае все переменные могут зависеть от времени. Как видно из (2.12), если  $p_0 < c_0$  для всех  $t$ , чувствительность будет отрицательной в пределах всего горизонта планирования. В общем случае, если к некоторому периоду времени  $T$  выполняется условие:

$$\sum_{t=0}^T (p_0 - c_0) Q_0 < 0, \quad (2.13)$$

функция (2.10) будет отрицательной. Это происходит потому, что данный товар продается по цене ниже себестоимости, т.е. в убыток. Рост объемов продаж этого товара приводит к снижению выбранной целевой функции  $ASCF$ .

Аналогичные выводы можно сделать и тогда, когда в качестве целевой функции выбрано сальдо денежных потоков за любой произвольный период

(т.е. не накопленное сальдо). В этом случае выражение для функции чувствительности легко можно получить из (2.12), убрав символы суммирования.

## 2.6. Особенности функций чувствительности к ценам и натуральным объемам продаж

*Случай, когда  $Q$  не зависит от  $p$*

Несмотря на то, что цены на реализуемые товары не являются риск-параметрами, знание функций чувствительности к ним может быть полезным в выборе ценовой политики фирмы. В любом периоде времени целевую функцию, одного из указанных выше типов (за исключением  $NPV$ ,  $PbP$  и  $PI$ ), можно представить в самом общем виде:

$$Y = a_1 p Q + a_2 - a_3 Q - a_4 \quad , \quad (2.14)$$

где  $a_i \geq 0 \quad \forall i$  ,

$p$  и  $Q$  – цена и натуральный объем продаж одного из товаров, выбранного из ассортимента товаров реализуемых в рамках некоторого инвестиционного проекта,

$a_1$  константа, зависящая от дисконтирования и ставки НДС,

$a_2$  константа, зависящая от выручки от продаж остальной части ассортимента в данном периоде и от накоплений с прошлых периодов,

$a_3$  константа, зависящая от удельных затрат на производство выбранного вида товара,

$a_4$  константа, зависящая от всех остальных затрат в данном периоде.

Из (2.14) видно, что  $Y(p)$  является прямой линией с положительным наклоном, кроме того, существуют два варианта указанной зависимости: при  $a_2 > a_3 Q + a_4$  целевая функция  $Y$  положительна при любых ценах на анализируемый товар. Это может иметь место, когда доля данного товара в общей выручке незначительна. В противном случае при некотором значении цены



анализируемого товара целевая функция обращается в нуль, а до этого значения и вовсе отрицательна.

Функция чувствительности по цене может быть найдена с помощью (2.2) в явном виде:

$$S_p^Y = \frac{a_1 Q p}{a_1 Q p + a_2 - a_3 Q - a_4} \quad (2.15)$$

Эта функция монотонна при  $a_2 > a_3 Q + a_4$ , в противном случае она терпит разрыв второго рода в точке, когда  $Y = 0$ . Ниже на рис.2.21 и рис.2.22 показаны зависимости  $Y(p)$  и  $S(p)$  для двух вариантов, отмеченных выше.



Рис.2.21. Вариант, когда  $Y > 0$  для всех  $p$  и  $0 < S < 1$ .

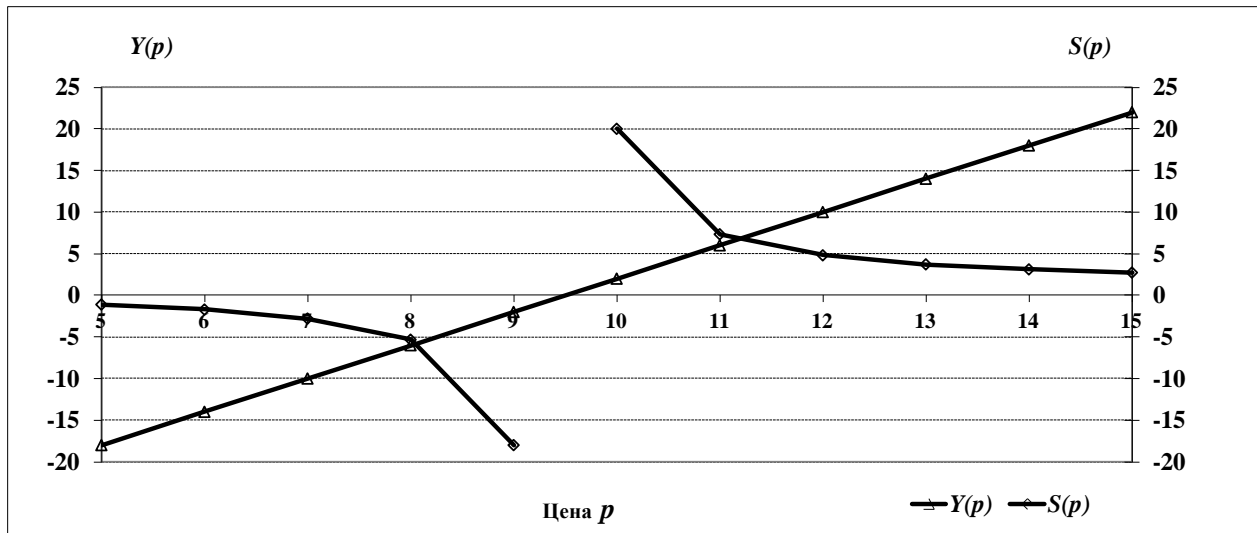


Рис.2.22. Вариант с разрывом функции чувствительности, когда  $Y=0$ .

Из этих рисунков видно, что при  $Y > 0$  чувствительность  $S > 1$  и монотонно убывает с ростом цены анализируемого товара. Если  $Y \leq 0$ , то нарушено условие (1.1) финансовой реализуемости проекта и данная ситуация не имеет практического значения для анализа чувствительности.

Далее рассмотрим функцию чувствительности к натуральному объему продаж:

$$S_Q^Y = \frac{Q(a_1 p - a_3)}{a_1 Q p + a_2 - a_3 Q - a_4} = \frac{Q(a_1 p - a_3)}{Q(a_1 p - a_3) + a_2 - a_4} \quad (2.16)$$

Ниже приведены два варианта кривых  $Y(Q)$  и  $S(Q)$ .

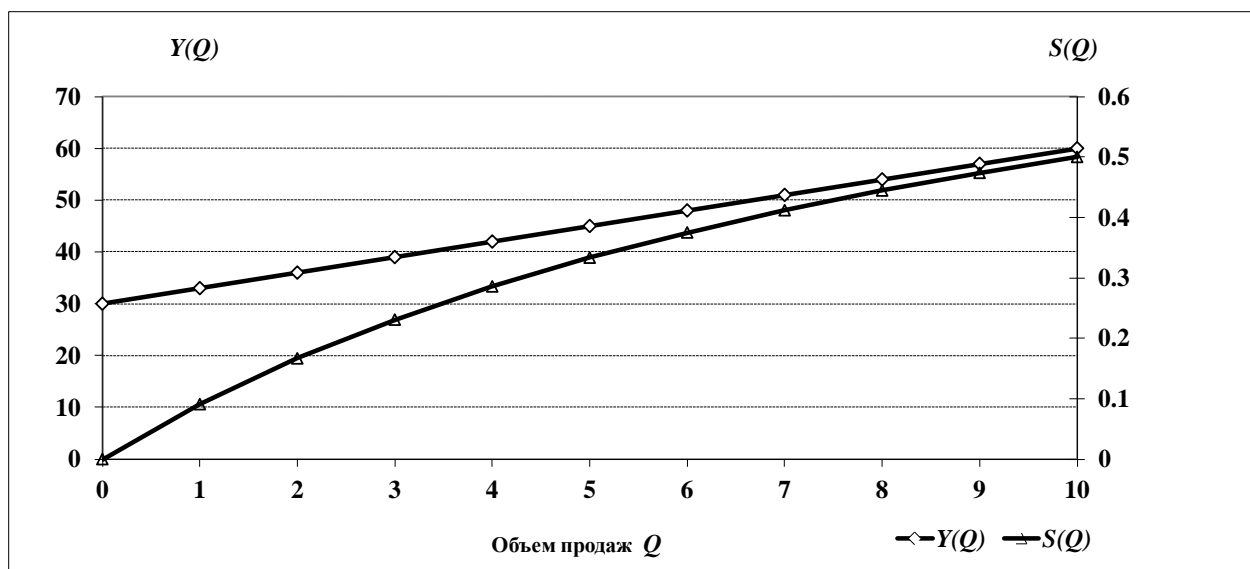


Рис.2.23. Вариант, когда  $Y > 0$  для всех  $Q$ , а  $0 < S < 1$ .

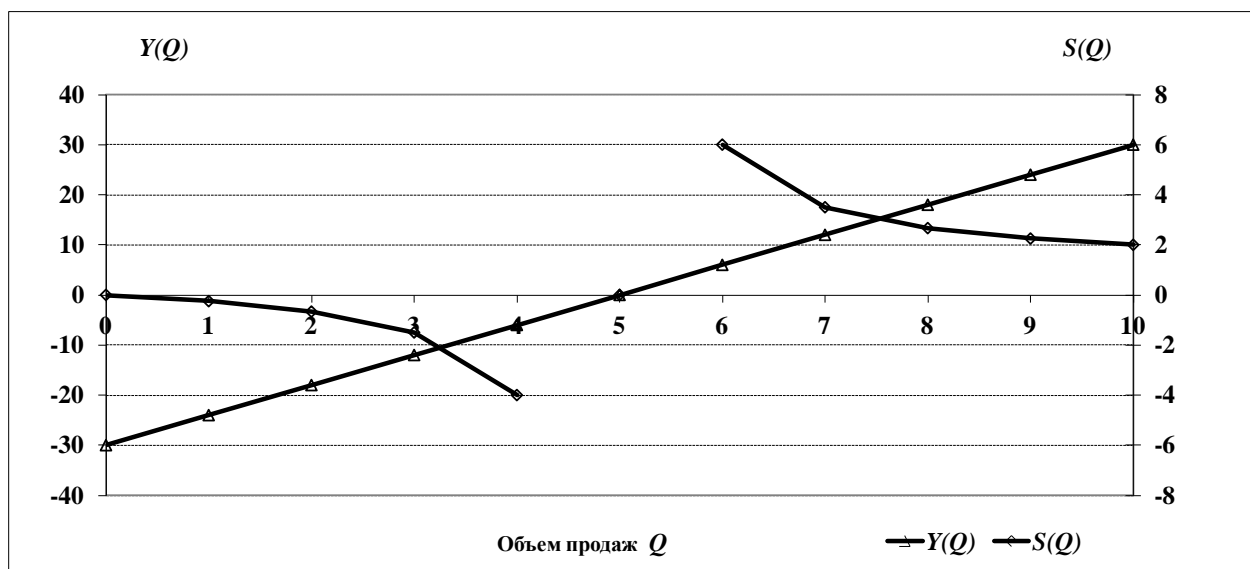


Рис.2.24. Вариант, с разрывом функции чувствительности, когда  $Y = 0$ .

Из рисунка 2.24 видно, что при  $Y > 0$  чувствительность  $S > 1$  и монотонно убывает с ростом  $Q$  анализируемого товара. Поскольку с практической точки зрения интерес представляют лишь ситуации с положительной целевой функцией (когда проект финансово реализуем), из приведенных соотношений и графиков видно, что в таких случаях рассмотренные функции чувствительности будут либо монотонно возрастающими, либо убывающими, оставаясь всегда положительными. Перейдем к рассмотрению ситуации, когда зависимость  $Q(p)$  пренебречь нельзя.

**Случай, когда  $Q$  зависит от  $p$**

Обычно с ростом цены снижается натуральный объем продаж. Эту зависимость можно аппроксимировать следующей простой и вполне пригодной для практики функцией:

$$Q = \frac{a_6}{a_5 + p} \quad , \quad (2.17)$$

где  $a_5$  и  $a_6$  - положительные константы, подбираемые на основе маркетинговой оценки указанной зависимости. В этом случае следует иметь в виду, что целевая функция становится нелинейной, т.е. функция чувствительности будет зависеть от относительного отклонения риск-параметра.

После подстановки (2.17) в (2.14) получаем целевую функцию следующего вида:

$$Y = (a_2 - a_4) + (a_1 p - a_3) \frac{a_6}{a_5 + p} \quad , \quad (2.18)$$

где  $a_i \geq 0 \quad \forall i$  ,

Соответствующая функция чувствительности к цене будет:

$$S_p^Y = \frac{a_6(a_1 a_5 + a_3)p}{(a_5 + p)[(a_1 a_6 + a_2 - a_4)p + (a_2 - a_4)a_5 - a_3 a_6]} \quad (2.19)$$

Ниже приведены варианты соответствующих кривых.

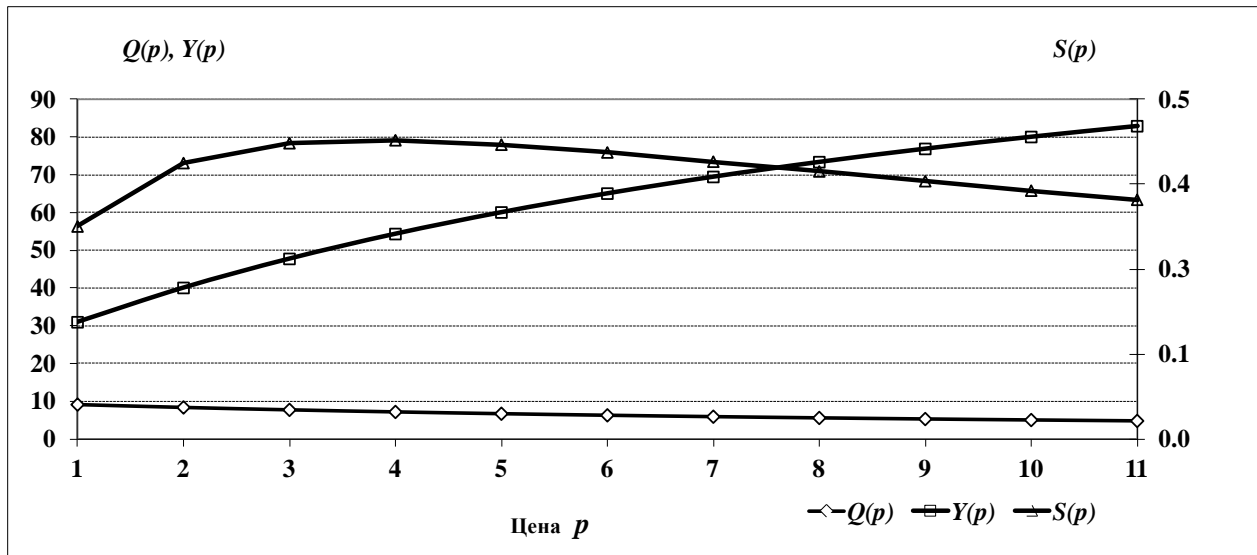


Рис.2.25. Вариант, когда  $Y(p) > 0$  для всех цен, а  $0 < S < 1$ .

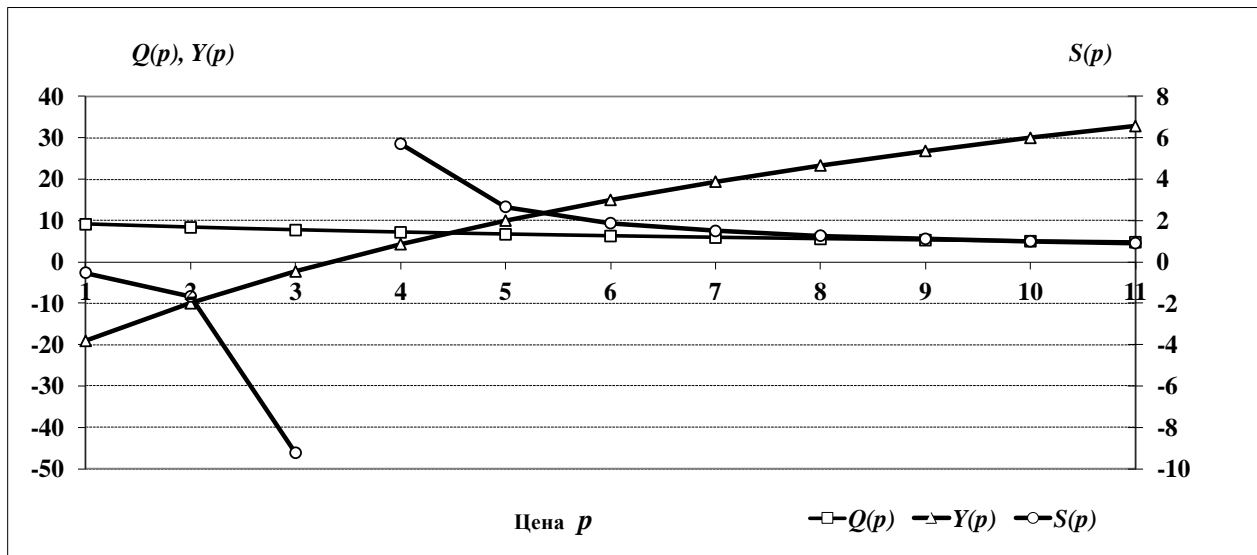


Рис.2.26. Вариант, с разрывом функции  $S(p)$ , когда  $Y(p) = 0$ .

Из рис.2.26 видно, что при  $Y > 0$  чувствительность  $S > 1$  и монотонно убывает с ростом цены анализируемого товара.

### 3. Анализ одновременного влияния совокупности рисков

#### 3.1. Линейная модель анализа

Если выбрана подходящая целевая функция и определен вектор риск-параметров, можно используя (1.2), с помощью компьютерной модели для всех периодов вычислить функции чувствительности ко всем интересующим нас рискам. Далее на основе формулы полного дифференциала функции нескольких переменных [8]:

$$\Delta Y = \sum_i \frac{\partial Y}{\partial x_i} \Delta x_i \dots \forall i \quad (3.1)$$

можно выразить полное относительное отклонение целевой функции через относительные отклонения аргументов в виде следующей суммы (линейная модель):

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \sum_i S_{x_i}^Y \frac{\Delta x_i}{x_i} \dots \forall i \quad (3.2)$$

Функции чувствительности, входящие в указанную сумму, играют роль своеобразных весовых коэффициентов, определяющих степень влияния того или иного риск-параметра на целевую функцию.

По рассчитанным функциям чувствительности, как уже отмечалось ранее, можно определить те периоды «жизни» инвестиционного проекта, когда влияние риск-параметров наибольшее, т.е. наиболее «опасные» стадии реализации проекта. Кроме того, сравнивая между собой функции чувствительности по отдельным риск-параметрам, можно выявить среди них наиболее существенные, на которых следует сосредоточить основное внимание менеджеров проекта. Ниже на рис.3.1 показан пример семейства функций чувствительности проекта развития некоторого условного оператора связи.



Рис.3.1а. Пример функций чувствительности для некоторого инвестиционного проекта.

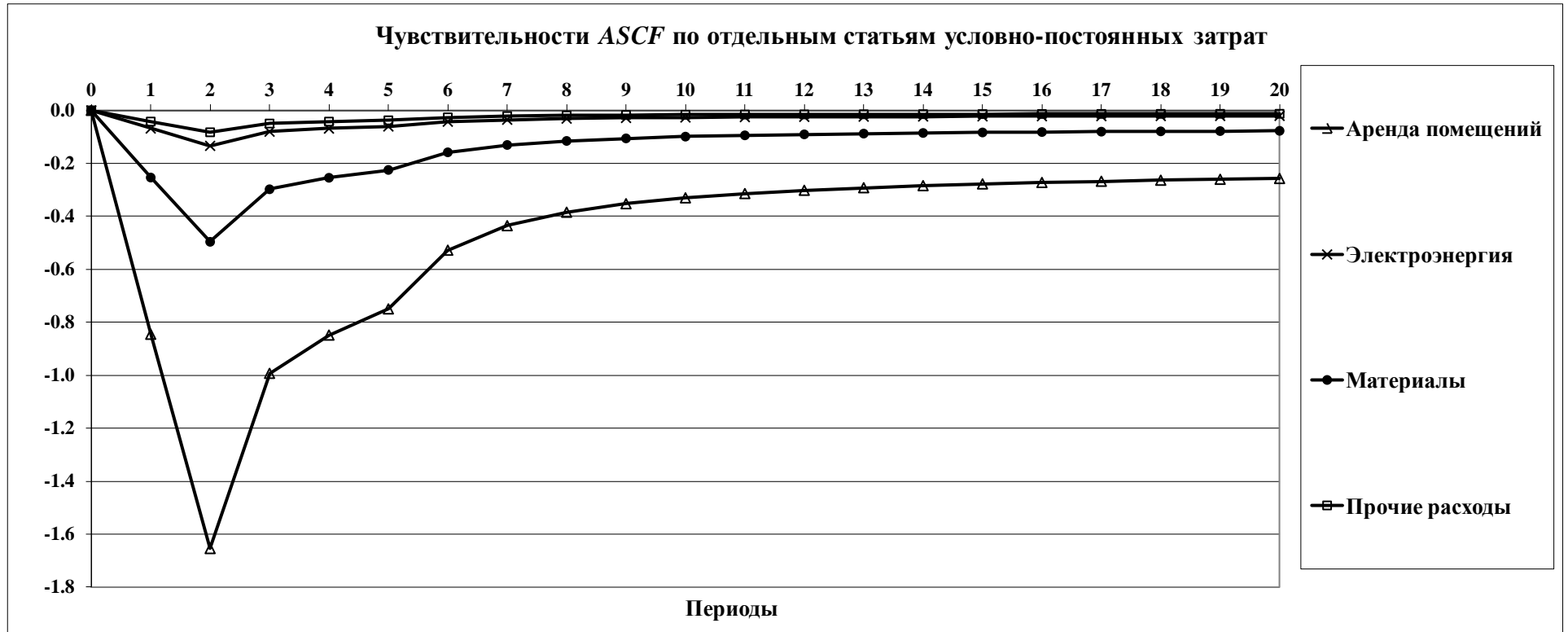


Рис.3.1в. Пример функций чувствительности для некоторого инвестиционного проекта.



### *Матрица рисков*

На этапе качественного анализа для систематизации рисков и увязки последних с моделью проекта предлагается матрица рисков (рис. 3.2). Эта матрица позволяет установить связь между источниками рисков, рисковыми событиями и рисковыми параметрами модели инвестиционного проекта. Большинство рисковых параметров зависят от времени и являются динамическими характеристиками, позволяющими учитывать влияние тех или иных рисковых событий на финансовые результаты проекта на протяжении всего горизонта планирования.

В клетках матрицы указывают предельное относительное отклонение риск-параметра как в положительную, так и в отрицательную сторону под воздействием соответствующего рискового события. Далее здесь же можно оценить субъективную степень возможности каждого рискового события, например, по шкале от 0 до 100%. Данные, содержащиеся в указанной матрице рисков, будут использованы при анализе одновременного влияния совокупности рисков на результаты проекта.

Sensitiv\_2013 new2 - Microsoft Excel

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Вставить Шрифт Выравнивание Число Стили Ячейки Редактирование

В49 **Натуральные объемы реализации товаров**

	A	B	C	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA
1	<b>МАТРИЦА РИСКОВ: "Источники - события - риск-параметры"</b>												
2	<b>В клетках матрицы указываются относительные (в %) изменения соответствующих риск-параметров</b>												
4	<b>ИСТОЧНИКИ РИСКОВ:</b>			<b>РЫНОЧНЫЕ</b>									
5	<b>РИСКОВЫЕ СОБЫТИЯ:</b>			<b>Снижение платежеспособности потребителей</b>	<b>Рост цен у поставщиков энергоресурсов</b>	<b>Рост цен у поставщиков сырья и материалов</b>	<b>Рост цен у поставщиков комплектующих</b>	<b>Рост цен у поставщиков услуг</b>					
6													
7	<b>Субъективная возможность появления риск-события:</b>			<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>50%</b>	<b>80%</b>					
8	<b>Направление изменения риск-параметра: + рост; - снижение</b>			<b>+</b>	<b>-</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>+</b>	<b>-</b>
49	объемы реализации товаров	Голосовой трафик корпоративных пользователей		1.0%	-5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
50		Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей		1.0%	-5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
51		Трафик массовых интернет-абонентов		1.0%	-5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
52		Передача данных		1.0%	-5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
53		Продажа оборудования		1.0%	-5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
54		6		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
55		7		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
56		8		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Готово

Рис.3.2. Пример матрицы рисков (фрагмент).

Как видно из приведенной матрицы, отдельные риск-параметры могут моделировать влияние нескольких рисков событий. Например, снижение объемов продаж в натуральном выражении в рамках анализируемого бизнеса, возможно, происходит как под влиянием снижения платежеспособного спроса, так и под давлением конкурентов.

Не все риск-параметры являются независимыми, так например натуральный объем продаж и условно-переменные издержки являются взаимозависимыми, т.к. с падением объемов продаж могут снижаться и указанные издержки. Для того чтобы исключить влияние этой зависимости на расчет совокупного влияния рисков, в качестве риск-параметров следует выбрать цены по статьям условно-переменных затрат и натуральные объемы продаж. Указанные параметры не зависят друг от друга. В случае, когда все же есть необходимость в качестве риск-параметра использовать условно-переменные затраты, можно воспользоваться разработанной нами нелинейной моделью, в которую входят взаимные чувствительности (см. подраздел 3.4 и модель CF\_Model\_2013 NLin на CD). После того, как матрица рисков заполнена, можно приступить к количественному анализу влияния совокупности рисков на инвестиционный проект.

Теоретически если известны чувствительности инвестиционного проекта и заданы статистические законы распределения риск-параметров, можно с помощью (3.2) решить задачу статистического анализа влияния совокупности риск-параметров на результаты финансового прогнозирования. Например, по известным дисперсиям риск-параметров можно оценить дисперсию отклонения целевой функции. Кроме того, построенная модель финансового прогноза с блоком анализа чувствительности позволяет провести имитационное моделирование влияния совокупности риск-параметров на выбранную целевую функцию инвестиционного проекта. Однако, как уже было отмечено во введении, на практике этот метод применить весьма затруднительно, во-первых, из-за отсутствия необходимой статистики и знаний законов распределения и, во-вторых, по причине громоздкости вычислений в каждом периоде всего го-

ризонта планирования, если необходимо анализировать динамику влияния рисков.

В шестом разделе мы представим методику нечеткого анализа влияния совокупности рисков свободную от недостатков присущих имитационному моделированию, а пока перейдем к определению интегральных показателей рискованности проектов.

### 3.2. Интегральные индексы чувствительности инвестиционного проекта

Функции чувствительности, как и показатели эффективности, являются важными характеристиками инвестиционного проекта. Знание этих характеристик существенно расширяет представление о реализуемости инвестиционного проекта не только с точки зрения его прибыльности, но и с точки зрения рискованности инвестиций. Принимая решение о выборе того или иного возможного варианта финансового прогноза, при прочих равных условиях следует отдавать предпочтение варианту с наименьшей чувствительностью. Критерием такого выбора может быть сумма абсолютных максимумов всех существенных функций чувствительности в пределах всего горизонта планирования. Аналитический вид указанного критерия приведен ниже.

$$\sum_{i=1}^m \max \left| S_{x_i}^Y(t) \right|_{\forall t \in T} \Rightarrow \min \quad , \quad (3.3)$$

где:  $m$  – число функций чувствительности, равное числу риск-параметров;

$Y$  – целевая функция инвестиционного проекта;

$x$  –  $i$ -й риск-параметр;

$t, T$  – номер периода и горизонт планирования соответственно.

Экономический смысл функционала (3.3) заключается в следующем: если все риск-параметры одновременно изменятся на один процент в неблагоприятную сторону, то отклонение целевой функции в процентах численно будет не более чем значение этого функционала. Данный функционал может

служить своеобразной интегральной мерой рискованности при сравнении различных сценариев реализации инвестиционного проекта.

Несмотря на свою простоту и привлекательность, любая интегральная оценка скрывает действия отдельных риск-факторов. Для повышения информативности такой оценки разложим ее на составляющие.

Сгруппируем риск-параметры следующим образом:

$X_q$  – вектор натуральных объемов продаж по всем позициям ассортимента из  $M$  товаров,

$X_c$  – вектор статей текущих издержек ( $L$  статей),

$X_{In}$  – вектор инвестиционных затрат ( $K$  статей),

тогда можно определить **индексы максимальной чувствительности** инвестиционного проекта, а именно:

- индекс максимальной чувствительности к натуральным объемам продаж –

$$\sum_{i=1}^M \max \left| S_{x_{qi}}^Y(t) \right|_{\forall t \in T} = IMSQ \quad (3.4)$$

- индекс максимальной чувствительности к текущим издержкам –

$$\sum_{i=1}^L \max \left| S_{x_{ci}}^Y(t) \right|_{\forall t \in T} = IMSC \quad (3.5)$$

- индекс максимальной чувствительности к инвестиционным затратам –

$$\sum_{i=1}^K \max \left| S_{x_{mi}}^Y(t) \right|_{\forall t \in T} = IMSI \quad (3.6)$$

Если в качестве целевой функции выбрана  $NPV(T)$ , то расчет указанных индексов, строго говоря, не имеет смысла, т.к. в точке окупаемости чувстви-

тельность этой функции стремится к бесконечности в силу того, что  $NPV(T_{ok}) \rightarrow 0$ . Однако, если в (3.4 – 3.6) исключить период, внутри которого находится  $T_{ok}$ , то расчеты будут корректными и вполне пригодными для сравнения степени рискованности проектов.

С экономической точки зрения индекс максимальной чувствительности показывает, на сколько процентов в пределах всего горизонта планирования максимально может измениться целевая функция, если все риск-параметры данной группы одновременно изменятся на один процент в неблагоприятном направлении, а чувствительности по всем рискам будут такими, как в самом рискованном периоде.

При расчете указанных выше индексов в качестве своеобразной меры рискованности проекта используются только экстремальные значения его чувствительностей. Однако бывают случаи, когда экстремальные значения не вполне информативны для оценки степени рискованности проекта. На рис.3.3 для двух проектов приведены кривые чувствительности, у которых одинаковые максимальные значения, но степень рискованности различная.

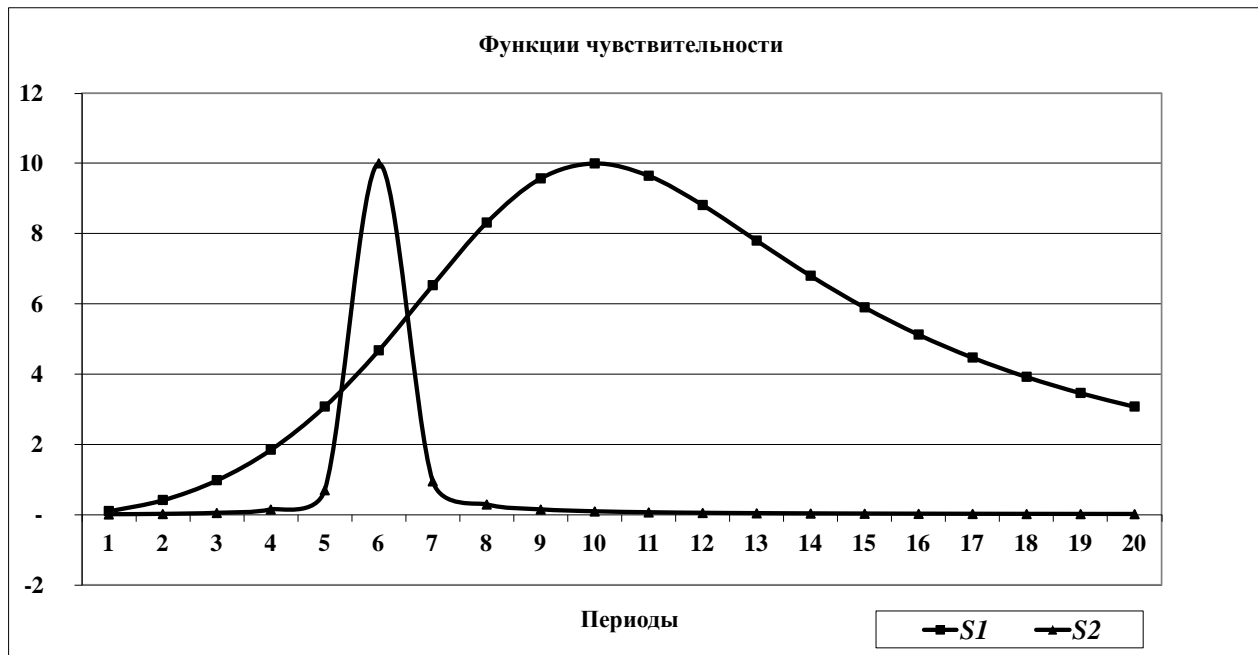


Рис.3.3. Сравнение функций чувствительности для двух проектов.

Как видно из рисунка, только вблизи 6-го периода второй проект  $S_2$  имеет большую чувствительность, чем первый. Однако в пределах почти всего горизонта планирования первый проект  $S_1$  является более рискованным, т.к. его чувствительность выше чувствительности второго.

Для того чтобы учесть полностью временные зависимости функций чувствительности, следует в (3.4 – 3.6) вместо их максимальных значений подставить значения высот прямоугольников равновеликих соответствующим площадям между кривыми чувствительностей и осью времени в пределах выбранного горизонта планирования. Таким образом, в качестве меры рискованности здесь будут выступать площади под кривыми функций чувствительности.

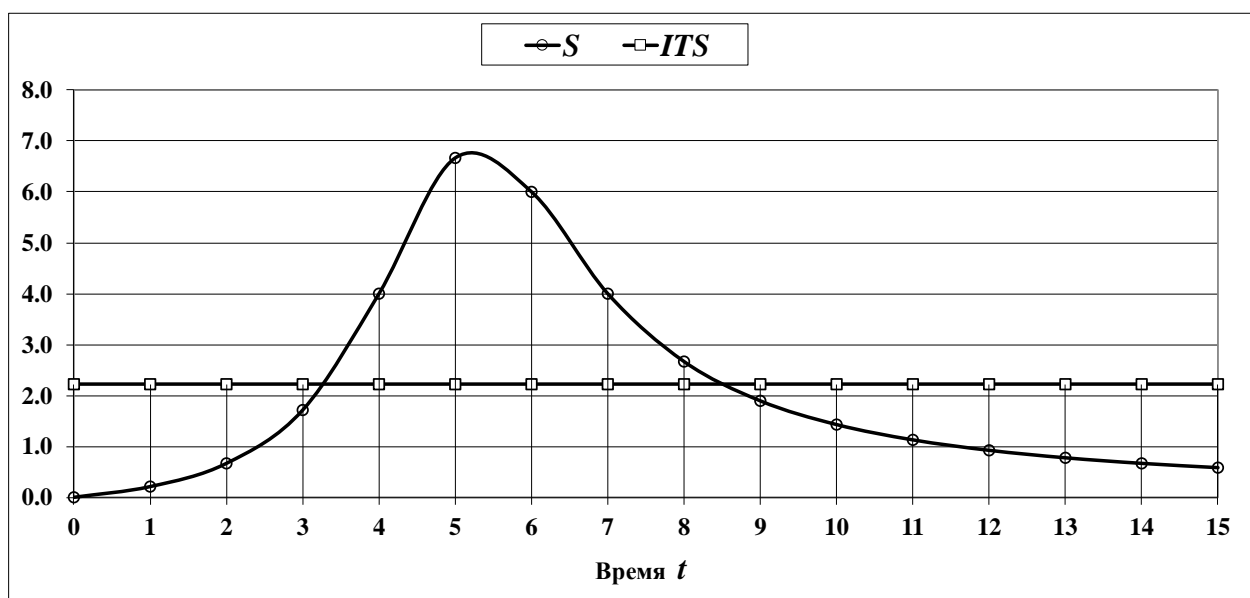


Рис.3.4. Чувствительность  $S$  и соответствующий индекс  $ITS$ .

На рис.3.4 для горизонта планирования  $T=15$  показана кривая чувствительности  $S$ , площадь под которой равна площади прямоугольника с высотой равной индексу полной чувствительности  $ITS=2,24$ . Значение этого индекса определяется выражением:

$$ITS = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) dt \quad (3.7)$$

В случае дискретного времени интеграл следует заменить соответствующей суммой. Можно аппроксимировать площадь криволинейной трапеции с помощью суммы прямоугольников с основанием равным длительности периода, а высотой равной величине функции чувствительности. Более точным будет трапецеидальная аппроксимация, т.е. вместо прямоугольников следует взять трапеции, основаниями которых будут два соседние по периоду значения функции чувствительности.

В качестве примера приведем формулы расчета индексов полной чувствительности при двух вариантах аппроксимации, а именно:

- индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж при прямоугольной аппроксимации кривой чувствительности –

$$\frac{1}{T} \sum_{i=1}^M \sum_{t=0}^{T-1} |S_{x_{qi}}^Y(t)| = ITSQ \quad (3.8)$$

при трапецеидальной аппроксимации –

$$\frac{1}{2T} \sum_{i=1}^M \sum_{t=0}^{T-1} (|S_{x_{qi}}^Y(t)| + |S_{x_{qi}}^Y(t+1)|) = ITSQ \quad (3.8a)$$

- индекс полной чувствительности к издержкам при прямоугольной аппроксимации кривой чувствительности –

$$\frac{1}{T} \sum_{i=1}^L \sum_{t=0}^{T-1} |S_{x_{ci}}^Y(t)| = ITSC \quad (3.9)$$

при трапецеидальной аппроксимации –

$$\frac{1}{2T} \sum_{i=1}^L \sum_{t=0}^{T-1} (|S_{x_{ci}}^Y(t)| + |S_{x_{ci}}^Y(t+1)|) = ITSC \quad (3.9a)$$



- индекс полной чувствительности к инвестиционным затратам при прямоугольной аппроксимации кривой чувствительности –

$$\frac{1}{T} \sum_{i=1}^K \sum_{t=0}^{T-1} \left| S_{x_{In\ i}}^Y(t) \right| = ITSI \quad (3.10)$$

при трапецеидальной аппроксимации –

$$\frac{1}{2T} \sum_{i=1}^M \sum_{t=0}^{T-1} \left( \left| S_{x_{In\ i}}^Y(t) \right| + \left| S_{x_{In\ i}}^Y(t+1) \right| \right) = ITSI \quad (3.10a)$$

Здесь  $T$  – это число периодов в горизонте планирования, совпадающее с длительностью действия всех рисков. Таким образом, полные индексы характеризуют усредненную чувствительность проекта ко всем рискам на всем периоде жизни инвестиционного проекта.

Иными словами, индекс полной чувствительности показывает, на сколько процентов изменится целевая функция в среднем по всему горизонту планирования, если одновременно все риск-параметры изменятся на один процент в неблагоприятном направлении. Чем меньше соответствующий индекс, тем менее чувствителен инвестиционный проект к данной группе рисков. Сравнить различные проекты по степени рискованности на основе указанных выше индексов гораздо проще, чем пытаться сравнивать графики семейства функций чувствительности, когда число риск-параметров может измеряться десятками.

Опираясь на определенные выше индексы чувствительности, можно поставить задачу оптимизации финансового прогноза, варьируя как свободные параметры проекта, так и возможные сценарии его будущей реализации. Целью такой оптимизации может быть минимизация риска инвестиций при сохранении приемлемой прибыльности. Следует иметь в виду, что практиче-

ски всегда за снижение риска приходится «платить» снижением прибыльности. Как известно, задача оптимизации по критерию максимума прибыли может вступать в противоречие с задачей оптимизации по критерию минимума риска. В таких случаях разработчики инвестиционного проекта, анализируя варианты возможных финансовых прогнозов, вынуждены принимать компромиссные решения.

Как показали результаты моделирования, если в качестве целевой функции выбрано накопленное сальдо финансовых потоков инвестиционного проекта, все функции чувствительности (как глобальные, так и локальные) обладают явно выраженным максимумом во времени (см. рис.3.1). Причем указанные максимумы практически совпадают по времени для всех риск-параметров. Эта закономерность позволяет уверенно идентифицировать наиболее «опасный» период «жизни» инвестиционного проекта с точки зрения влияния рискованных событий на сальдо расчетного счета. Локальные функции чувствительности чаще всего имеют максимум в момент возникновения воздействия того или иного риска и далее относительно быстро убывают по сравнению с глобальной чувствительностью по тому же риск-параметру.

В ряде случаев, как показали расчеты, на форму кривой чувствительности накопленного сальдо финансовых потоков в значительной степени влияет схема погашения кредитных линий, т.е. скорость возврата кредитов. Чем меньше финансовых средств мы оставляем в качестве резерва в каждом периоде, стремясь быстрее вернуть кредит, тем больше чувствительность проекта к влиянию рисков. В соответствии с формой кривой чувствительности можно неравномерно по периодам распределить финансовый резерв, увеличив его в те периоды, где чувствительность была наибольшей. В этом новом варианте финансового прогноза чувствительность будет меньше, чем в предыдущем, однако процентов по кредитам придется заплатить больше. Чему отдать предпочтение: большей прибыльности или меньшей рискованности, во многом зависит от субъективной склонности инвесторов и менеджеров к риску.

### 3.3. Нелинейная модель и чувствительности второго порядка

Если нелинейностью целевой функции пренебречь нельзя, то, как рекомендует Алвин Курук в [29], можно воспользоваться следующим членом в ряде Тейлора [8], а именно:

$$\Delta Y = \sum_i \frac{\partial Y}{\partial x_i} \Delta x_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{\partial^2 Y}{\partial x_i \partial x_j} \Delta x_i \Delta x_j \dots \forall i, j \quad , \quad (3.11)$$

тогда полное относительное отклонение целевой функции через относительные отклонения аргументов будет определяться следующей нелинейной моделью:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \sum_i S_{x_i}^Y \frac{\Delta x_i}{x_i} + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j S_{x_i x_j}^Y \frac{\Delta x_i \Delta x_j}{x_i x_j} \quad (3.12)$$

где

$$S_{x_i x_j}^Y = \frac{x_i x_j}{Y} \frac{\partial^2 Y}{\partial x_i \partial x_j} \dots \forall i, j \quad (3.13)$$

или

$$S_{x_i x_j}^Y = \frac{\frac{\partial(\partial Y)}{\partial x_i \partial x_j}}{\frac{Y}{x_i x_j}} \dots \forall i, j \quad (3.13a)$$

можно назвать **чувствительностями второго порядка**. Чувствительности второго порядка целевой функции  $Y$  по различным рискам показывают степень влияния нелинейности модели на относительное отклонение целевой функции.

При  $i \neq j$  получаем **взаимную чувствительность второго порядка**. Из (3.13a) следует, что взаимная чувствительность второго порядка численно

равна относительному приросту скорости изменения целевой функции при последовательном отклонении двух риск-параметров на один процент.

При  $i = j$  получаем *собственную чувствительность второго порядка*.

$$S_{x_i x_i}^Y = \frac{\frac{\partial(\partial Y)}{Y}}{\left(\frac{\partial x_i}{x_i}\right)^2} \dots \forall i \quad (3.13b)$$

Из (3.13b) следует, что собственная чувствительность второго порядка численно равна относительному приросту скорости изменения целевой функции при двукратном отклонении риск-параметра на один процент. Для линейной модели все чувствительности второго порядка равны нулю.

В случае одного риск-параметра из (3.12) получаем:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = S_{x_1}^Y \frac{\Delta x_1}{x_1} + \frac{1}{2} S_{x_1 x_1}^Y \left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2, \quad (3.14)$$

где

$$S_{x_1 x_1}^Y = \frac{x_1^2}{Y} \frac{\partial^2 Y}{\partial x_1^2} \quad (3.15)$$

есть собственная чувствительность второго порядка функции  $Y$  по риску  $x_1$ .

Для экспериментального нахождения функций чувствительности второго порядка (на примере двух риск-параметров) с помощью динамической модели можно предложить следующий алгоритм. Полное относительное отклонение целевой функции имеет вид:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = S_{x_1}^Y \frac{\Delta x_1}{x_1} + S_{x_2}^Y \frac{\Delta x_2}{x_2} + \frac{1}{2} S_{x_1 x_1}^Y \left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \frac{1}{2} S_{x_2 x_2}^Y \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2 + S_{x_1 x_2}^Y \left(\frac{\Delta x_1 \Delta x_2}{x_1 x_2}\right) \quad (3.16)$$

Положим, что одно из отклонений равняется нулю, тогда из предыдущего выражения получаем:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = S_x^Y \frac{\Delta X}{X} + \frac{1}{2} S_{xx}^Y \left(\frac{\Delta X}{X}\right)^2 \quad (3.17)$$

где  $X$  – любой из двух риск-параметров. Например, для первого параметра из (3.17) можно получить чувствительности нелинейной целевой функции:

$$\frac{\Delta Y}{Y} / \frac{\Delta x_1}{x_1} = S_{x_1}^Y + \frac{1}{2} S_{x_1 x_1}^Y \frac{\Delta x_1}{x_1} = S_{x_1}^{Y nl} \quad (3.18)$$

Для второго параметра выражение будет аналогичным. Отсюда собственная чувствительность второго порядка будет:

$$S_{x_1 x_1}^Y = 2(S_{x_1}^{Y nl} - S_{x_1}^Y) / \left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right) \quad (3.19)$$

Следовательно, собственная чувствительность второго порядка численно равна удвоенному отклонению нелинейной чувствительности от ее линейного варианта при изменении риск-параметра на один процент.

Используя нашу модель, поставим два эксперимента для двух различных по величине относительных отклонений выбранного риск-параметра (например, когда указанные отклонения отличаются в 10 раз). Обозначив через  $x_{1,2}$  и  $y_{1,2}$  относительные отклонения риск-параметра и целевой функции, соответственно, получим линейную систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} y_1 = S_x^Y x_1 + \frac{1}{2} S_{xx}^Y x_1^2 \\ y_2 = S_x^Y x_2 + \frac{1}{2} S_{xx}^Y x_2^2 \end{cases} \quad (3.20)$$

Из этой системы можно получить значения функций чувствительности первого порядка и собственной чувствительности второго порядка:

$$S_x^Y = \frac{y_1 x_2^2 - y_2 x_1^2}{x_1 x_2^2 - x_2 x_1^2} = \frac{y_1 x_2^2 - y_2 x_1^2}{x_1 x_2 (x_2 - x_1)} \quad (3.21)$$

$$S_{xx}^Y = 2 \frac{y_2 x_1 - y_1 x_2}{x_1 x_2^2 - x_2 x_1^2} = 2 \frac{y_2 x_1 - y_1 x_2}{x_1 x_2 (x_2 - x_1)} \quad (3.22)$$

Повторяя указанные эксперименты для каждого из выбранных риск-параметров, можно получить все собственные чувствительности второго порядка.

Если имеется зависимость между двумя риск-параметрами, то можно найти *взаимную чувствительность второго порядка*. Как показала практика, такая зависимость может иметь место между натуральным объемом производства (продаж) какого-либо товара и соответствующими этому товару условно-переменными издержками. Так, например, с падением объема производства (продаж) пропорционально снижаются и указанные издержки. Однако если растут условно-переменные издержки (например, из-за роста цен у поставщиков), то это никак не влияет на объемы продаж в натуральном выражении. Таким образом, мы имеем одностороннюю зависимость между двумя риск-параметрами. При практическом риск-анализе отмеченной зависимостью можно пренебречь без существенной потери точности, однако для полноты картины и строгости изложения приведем необходимые расчетные соотношения.

Взаимную чувствительность второго порядка можно найти, «включив» одновременно оба риска, т.е.  $\Delta x_1 \neq 0$  и  $\Delta x_2 \neq 0$ . Из (3.12) получаем:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = S_{x_1}^Y \frac{\Delta x_1}{x_1} + S_{x_2}^Y \frac{\Delta x_2}{x_2} + \frac{1}{2} S_{x_1 x_1}^Y \left(\frac{\Delta x_1}{x_1}\right)^2 + \frac{1}{2} S_{x_2 x_2}^Y \left(\frac{\Delta x_2}{x_2}\right)^2 + S_{x_1 x_2}^Y \left(\frac{\Delta x_1 \Delta x_2}{x_1 x_2}\right) \quad (3.23)$$

При одинаковых относительных отклонениях риск-параметров получим выражение для искомой функции чувствительности:

$$\frac{\Delta Y}{Y} / \left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 - [S_{x_1}^Y + S_{x_2}^Y] / \frac{\Delta x}{x} - \frac{1}{2} [S_{x_1 x_1}^Y + S_{x_2 x_2}^Y] = S_{x_1 x_2}^Y \quad (3.24)$$

В результате указанных экспериментов полностью может быть определена модель второго порядка оценки влияния совокупности рисков с учетом нелинейности целевой функции по риск-параметрам и взаимной зависимости между ними. На прилагаемом CD представлена нелинейная модель чувствительности второго порядка, которая находится в папке CF\_Model\_2014 NLin. Ниже на рисунке показан график собственной чувствительности второго порядка целевой функции  $ASCF(T)$  к стоимости сетевого оборудования.

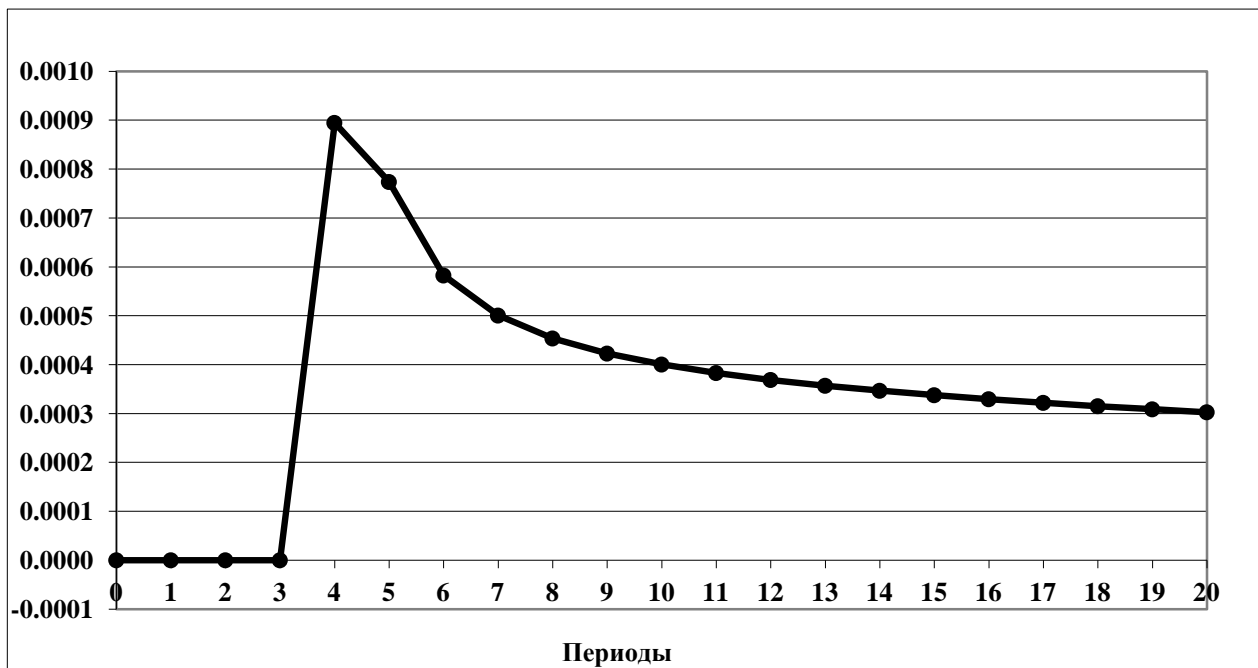


Рис.3.5. Собственная чувствительность второго порядка.

Из графика видно, что максимальное значение этой чувствительности невелико, а по остальным риск-параметрам собственные чувствительности пренебрежимо малы. Как показала практика риск-анализа многих проектов, необходимость использования модели второго порядка возникает крайне редко.

### **3.4. О взаимной зависимости риск-параметров модели**

В подавляющем большинстве случаев, как уже было отмечено, рисковые события и соответствующие им риск-параметры модели являются независимыми, следовательно, взаимная чувствительность (3.13) любой целевой функции по этим параметрам равняется нулю. Однако есть случаи, когда взаимозависимость весьма существенна, и ею нельзя пренебречь. Вернемся к примеру, о котором шла речь в предыдущем подразделе. Если в рамках инвестиционного проекта производится и продается некоторый товар, при создании которого имеют место условно-переменные затраты, то рисковое событие «снижение натурального объема продаж» может привести к другому событию «снижение условно-переменных затрат». Если оба этих события входят в совокупность риск-параметров, то налицо взаимная зависимость последних.

Рассмотрим провайдера, предоставляющего абоненту доступ сеть Интернет. Объем продаж такой услуги измеряется в минутах трафика. Для того чтобы продать одну минуту указанного трафика провайдер может ее купить у некоторого оператора связи на условиях повременной оплаты. Таким образом у провайдера появляются условно-переменные затраты связанные с объемом продаж указанной услуги. Если в структуре затрат провайдера указанные условно-переменные затраты составляют существенную величину, то в этом случае взаимной зависимостью объема продаж и условно-переменных затрат пренебречь нельзя. Необходимо воспользоваться соотношением (3.24) и с помощью модели рассчитать соответствующую взаимную чувствительность.

В случае материального производства и продажи товаров в условно-переменные затраты могут входить сырье, материалы, комплектующие и пр.



Товарно-материальные запасы указанных компонентов могут снижать взаимную зависимость условно-переменных затрат и соответствующих натуральных объемов продаж, т.к. их снижение в некотором периоде не приводит автоматически к снижению затрат в том же периоде. Эффект взаимной зависимости здесь может проявиться с некоторым запаздыванием (временным лагом), зависящим от периодичности закупок. Ниже в (3.25) показана связь между этими риск-параметрами:

$$X_{VC}(t) = a X_Q(t - \tau) \quad (3.25)$$

где

$X_{VC}$  – условно-переменные затраты,

$X_Q$  – натуральный объем продаж,

$\tau$  – временной лаг, связанный с темпом закупок,

$a$  – удельные затраты на единицу продукции.

В подобных случаях прежде чем браться за расчет взаимной чувствительности следует оценить долю условно-переменных затрат в общей структуре расходов. Если она мала, то указанной зависимостью можно пренебречь.

Следует иметь в виду, что рассматриваемые риск-параметры влияют на целевую функцию  $ASCF(T)$  разнонаправлено, т.к. чувствительность по объемам продаж всегда положительна, а по издержкам всегда отрицательна. Из (3.13) видно, что функция взаимной чувствительности по рассматриваемым риск-параметрам будет отрицательной по всему горизонту планирования. Ниже на рисунке показаны функции взаимной чувствительности для инвестиционного проекта, пример которого подробно рассмотрен в следующем разделе.

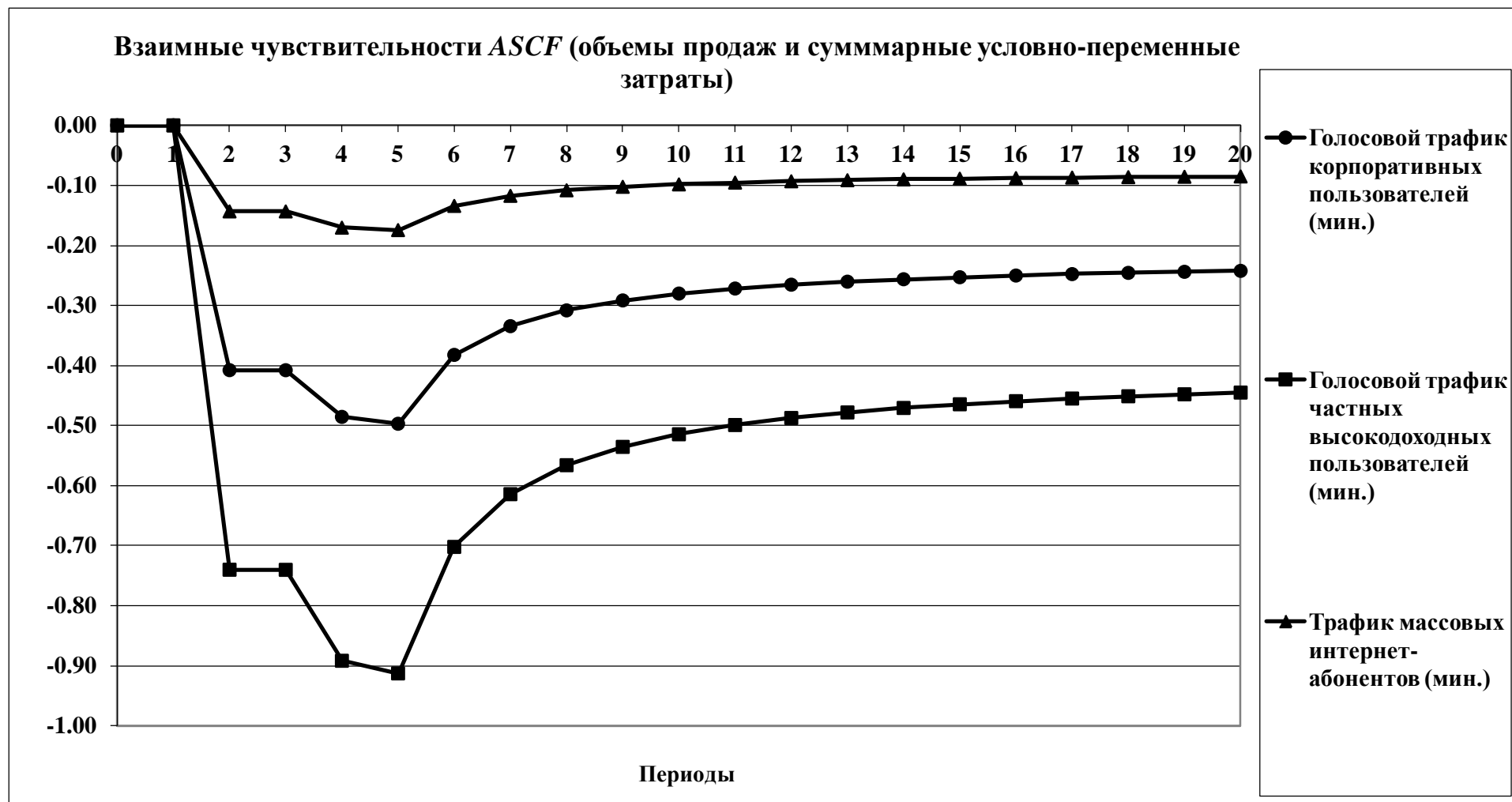


Рис.3.6. Взаимные чувствительности для целевой функции  $ASCF(T)$ .

В данном конкретном случае можно видеть, что наличие взаимной чувствительности снижает негативное влияние указанных рисков на целевую функцию. Если же полностью игнорировать указанную взаимозависимость и ограничиться линейной моделью чувствительности, то итоговая оценка влияния совокупности рисков будет немного более пессимистичной, чем в случае учета этой зависимости. Таким образом, игнорирование отмеченной взаимозависимости рисков не будет приводить к принятию необоснованно оптимистических решений, что вполне достаточно для большинства практических случаев.

Завершая обсуждение проблемы взаимной зависимости рисков, отметим, что недостаток, о котором говорят критики метода чувствительностей, связанный с взаимной зависимостью рисков, в принципе не имеет места, т.к. предложенная нами методика и модель риск-анализа второго порядка позволяют при необходимости учесть указанную зависимость.

## 4. Пример анализа функций чувствительности

### 4.1. Исходный сценарий инвестиционного проекта

В качестве конкретного примера выбран проект создания мультисервисной сети связи некоторым альтернативным оператором. Основной объем инвестиций в этом проекте был связан с закупкой телекоммуникационного оборудования и построением сети связи. Ниже в таблицах и на графиках представлены в динамике основные финансовые показатели этого проекта.

Таблица 4.1. Исходные параметры прогнозирования денежных потоков.

<b>ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ</b>	<b>Значения</b>
Горизонт планирования	5 лет
Шаг (период) планирования	квартал
Ставка дисконта за год	16.7%
Ставка дисконта за период	3.93%
Темп инфляции за год	10%
Темп инфляции за период	2.41%
Годовая банковская ставка по кредиту	20%
<i>Налоговое окружение</i>	
НДС	18%
Налог на прибыль	20%
Начисления на зарплату (ЕСН)	30.2%
Налог на имущество	2.2%
Денежная единица	тыс. руб.

Таблица 4.2. Объем реализации готовой продукции (услуг), включая НДС.

Наименование позиции ассортимента	Период	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Кварт. Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	4.2015	1.2016	2.2016
Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)	Объем реализации	-	-	135 000	202 500	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000
	Цена с корр.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Выручка	-	-	<b>1 350</b>	<b>2 025</b>	<b>2 700</b>	<b>2 765</b>	<b>2 832</b>	<b>2 900</b>	<b>2 970</b>	<b>3 042</b>	<b>3 115</b>
Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)	Объем реализации	-	-	225 000	337 500	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000
	Цена с корр.	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017
	Выручка	-	-	<b>3 375</b>	<b>5 063</b>	<b>6 750</b>	<b>6 913</b>	<b>7 079</b>	<b>7 250</b>	<b>7 425</b>	<b>7 604</b>	<b>7 787</b>
Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)	Объем реализации	-	-	900 000	1 350 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000
	Цена с корр.	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006
	Выручка	-	-	<b>450</b>	<b>675</b>	<b>900</b>	<b>922</b>	<b>944</b>	<b>967</b>	<b>990</b>	<b>1 014</b>	<b>1 038</b>
Передача данных (абоненты)	Объем реализации	-	-	200	300	400	400	400	400	400	400	400
	Цена с корр.	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.07	3.15	3.22	3.30	3.38	3.46
	Выручка	-	-	<b>600</b>	<b>900</b>	<b>1 200</b>	<b>1 229</b>	<b>1 259</b>	<b>1 289</b>	<b>1 320</b>	<b>1 352</b>	<b>1 384</b>
Продажа оборудования (комплекты)	Объем реализации	-	-	50	75	100	100	100	100	100	100	100
	Цена с корр.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.05	2.10	2.15	2.20	2.25	2.31
	Выручка	-	-	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>205</b>	<b>210</b>	<b>215</b>	<b>220</b>	<b>225</b>	<b>231</b>
<b>ВСЕГО</b>												
Суммарная выручка за период (вкл. НДС)	тыс. руб.	-	-	<b>5 875</b>	<b>8 813</b>	<b>11 750</b>	<b>12 033</b>	<b>12 324</b>	<b>12 621</b>	<b>12 925</b>	<b>13 237</b>	<b>13 556</b>
Суммарная выручка за период (без НДС)	тыс. руб.	-	-	<b>4 979</b>	<b>7 468</b>	<b>9 958</b>	<b>10 198</b>	<b>10 444</b>	<b>10 695</b>	<b>10 953</b>	<b>11 218</b>	<b>11 488</b>
НДС в выручке	тыс. руб.	-	-	<b>896</b>	<b>1 344</b>	<b>1 792</b>	<b>1 836</b>	<b>1 880</b>	<b>1 925</b>	<b>1 972</b>	<b>2 019</b>	<b>2 068</b>

Таблица 4.2. (Продолжение) Объем реализации готовой продукции (услуг), включая НДС.

Наименование позиции ассортимента	Период	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Кварт. Год	3.2016	4.2016	1.2017	2.2017	3.2017	4.2017	1.2018	2.2018	3.2018	4.2018
Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)	Объем реализации	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000	270 000
	Цена с корр.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Выручка	<b>3 190</b>	<b>3 267</b>	<b>3 346</b>	<b>3 426</b>	<b>3 509</b>	<b>3 594</b>	<b>3 680</b>	<b>3 769</b>	<b>3 860</b>	<b>3 953</b>
Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)	Объем реализации	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000	450 000
	Цена с корр.	0.018	0.018	0.019	0.019	0.019	0.020	0.020	0.021	0.021	0.022
	Выручка	<b>7 975</b>	<b>8 168</b>	<b>8 364</b>	<b>8 566</b>	<b>8 773</b>	<b>8 984</b>	<b>9 201</b>	<b>9 423</b>	<b>9 650</b>	<b>9 883</b>
Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)	Объем реализации	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000	1 800 000
	Цена с корр.	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
	Выручка	<b>1 063</b>	<b>1 089</b>	<b>1 115</b>	<b>1 142</b>	<b>1 170</b>	<b>1 198</b>	<b>1 227</b>	<b>1 256</b>	<b>1 287</b>	<b>1 318</b>
Передача данных (абоненты)	Объем реализации	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	Цена с корр.	3.54	3.63	3.72	3.81	3.90	3.99	4.09	4.19	4.29	4.39
	Выручка	<b>1 418</b>	<b>1 452</b>	<b>1 487</b>	<b>1 523</b>	<b>1 560</b>	<b>1 597</b>	<b>1 636</b>	<b>1 675</b>	<b>1 716</b>	<b>1 757</b>
Продажа оборудования (комплекты)	Объем реализации	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Цена с корр.	2.36	2.42	2.48	2.54	2.60	2.66	2.73	2.79	2.86	2.93
	Выручка	<b>236</b>	<b>242</b>	<b>248</b>	<b>254</b>	<b>260</b>	<b>266</b>	<b>273</b>	<b>279</b>	<b>286</b>	<b>293</b>
<b>ВСЕГО</b>											
Суммарная выручка за период (вкл. НДС)	тыс. руб.	<b>13 883</b>	<b>14 218</b>	<b>14 560</b>	<b>14 911</b>	<b>15 271</b>	<b>15 639</b>	<b>16 016</b>	<b>16 403</b>	<b>16 798</b>	<b>17 203</b>
Суммарная выручка за период (без НДС)	тыс. руб.	<b>11 765</b>	<b>12 049</b>	<b>12 339</b>	<b>12 637</b>	<b>12 942</b>	<b>13 254</b>	<b>13 573</b>	<b>13 900</b>	<b>14 236</b>	<b>14 579</b>
НДС в выручке	тыс. руб.	<b>2 118</b>	<b>2 169</b>	<b>2 221</b>	<b>2 275</b>	<b>2 329</b>	<b>2 386</b>	<b>2 443</b>	<b>2 502</b>	<b>2 562</b>	<b>2 624</b>

Таблица 4.3. Текущие затраты и их структура, рентабельность продукции (услуг).

Наименование затрат	Период	0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	20
	Кварт. Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	4.2015	...	4.2018
Условно-переменные затраты (без НДС)	тыс. руб.	-	-	1 406	2 109	2 812	2 880	2 949	3 021	3 093	...	4 117
Условно-постоянные затраты без ЗП и ЕСН (без НДС)	тыс. руб.	-	1 238	1 238	1 238	1 238	1 268	1 299	1 330	1 362	...	1 813
Суммарная зарплата персонала б/н	тыс. руб.	-	1 554	1 554	1 554	1 554	1 591	1 630	1 669	1 709	...	2 275
Все налоги, включая ЕСН	тыс. руб.	-	500	503	504	1 773	2 484	2 555	2 620	2 683	...	3 567
%% по кредитам	тыс. руб.	-	242	272	272	239	82	-	-	-	...	-
<b>ВСЕГО ЗАТРАТ</b>	тыс. руб.	-	3 534	4 973	5 677	7 616	8 305	8 433	8 640	8 848	...	11 772
<b>Структура затрат</b>												
Условно-переменные затраты (без НДС)	%	0.0%	0.0%	28.3%	37.2%	36.9%	34.7%	35.0%	35.0%	35.0%	...	35.0%
Условно-постоянные затраты без ЗП и ЕСН (без НДС)	%	0.0%	35.0%	24.9%	21.8%	16.3%	15.3%	15.4%	15.4%	15.4%	...	15.4%
Суммарная зарплата персонала б/н	%	0.0%	44.0%	31.3%	27.4%	20.4%	19.2%	19.3%	19.3%	19.3%	...	19.3%
Все налоги, включая ЕСН	%	0.0%	14.2%	10.1%	8.9%	23.3%	29.9%	30.3%	30.3%	30.3%	...	30.3%
%% по кредитам	%	0.0%	6.8%	5.5%	4.8%	3.1%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	...	0.0%
<b>ВСЕГО ЗАТРАТ</b>	%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	...	100%
<b>РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРОДУКЦИИ (УСЛУГ)</b>												
РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРОДУКЦИИ (УСЛУГ)	Период	0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	20
	Кварт. Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	4.2015	...	4.2018
Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)	%	0.0%	0.0%	0.1%	20.8%	20.4%	16.1%	16.7%	16.7%	16.7%	...	16.7%
Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)	%	0.0%	0.0%	26.7%	50.7%	50.3%	45.3%	46.0%	45.9%	45.9%	...	46.0%
Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)	%	0.0%	0.0%	39.8%	59.8%	59.5%	55.3%	55.9%	55.8%	55.8%	...	55.9%
Передача данных (абоненты)	%	0.0%	0.0%	0.2%	33.4%	32.8%	25.9%	26.8%	26.8%	26.8%	...	26.8%
Продажа оборудования (комплекты)	%	0.0%	0.0%	37.8%	58.5%	58.1%	53.8%	54.4%	54.4%	54.4%	...	54.4%

Таблица 4.4. Денежные потоки. (Кредиты берутся в начале, а погашаются вместе с процентами в конце периода).

ДЕНЕЖНЫЕ ПОТОКИ	Период	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Кварт. Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	4.2015	1.2016	2.2016
Вложения инвесторов в проект за период	тыс. руб.	7 250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Суммарные доходы в периоде, вкл. НДС	тыс. руб.	-	-	5 875	8 813	11 750	12 033	12 324	12 621	12 925	13 237	13 556
Всего капитал. вложений в периоде, вкл. НДС	тыс. руб.	6 000	1 500	1 100	100	-	-	-	-	-	-	-
ВСЕГО затрат в периоде, вкл. НДС, без ЕСН	тыс. руб.	-	3 015	4 612	5 411	6 210	6 360	6 513	6 670	6 831	6 996	7 164
НДС в бюджет в текущем периоде	тыс. руб.	-	-	-	-	953	1 216	1 245	1 275	1 306	1 337	1 369
Сумма всех налогов, включаемых в себестоимость (вкл. ЕСН)	тыс. руб.	-	500	503	504	1 457	1 731	1 772	1 813	1 856	1 900	1 945
Сумма всех затрат без НДС, включая налоги в себестоимости	тыс. руб.	-	3 292	4 701	5 405	7 061	7 470	7 650	7 833	8 021	8 213	8 410
<b>ЕВИТДА</b>	тыс. руб.	-	<b>(3 292)</b>	<b>278</b>	<b>2 063</b>	<b>3 850</b>	<b>3 943</b>	<b>4 039</b>	<b>4 137</b>	<b>4 238</b>	<b>4 341</b>	<b>4 447</b>
<b>КРЕДИТОВАНИЕ</b>												
Выдано кредитов в текущем периоде	тыс. руб.	-	5 190	638	-	-	-	-	-	-	-	-
Погашено кредитов в текущем периоде	тыс. руб.	-	-	-	714	3 354	1 760	-	-	-	-	-
Уплачено процентов в текущем периоде	тыс. руб.	-	242	272	272	239	82	-	-	-	-	-
Общий долг на начало 1-го и конец последующих периодов	тыс. руб.	-	5 190	5 828	5 114	1 760	-	-	-	-	-	-
<b>ПРИБЫЛЬ</b>												
Чистая прибыль после уплаты %% по кредитам	тыс. руб.	-	<b>(3 716)</b>	<b>(209)</b>	<b>1 542</b>	<b>3 045</b>	<b>2 964</b>	<b>3 133</b>	<b>3 228</b>	<b>3 309</b>	<b>3 391</b>	<b>3 476</b>
Чистый денежный поток за период (NCF) после кредитования	тыс. руб.	-	<b>(3 534)</b>	<b>6</b>	<b>1 792</b>	<b>3 296</b>	<b>3 108</b>	<b>3 256</b>	<b>3 330</b>	<b>3 411</b>	<b>3 493</b>	<b>3 578</b>
<b>ВХОДНОЙ ПОТОК</b>	тыс. руб.	7 250	5 190	6 513	8 813	11 750	12 033	12 324	12 621	12 925	13 237	13 556
<b>ВЫХОДНОЙ ПОТОК</b>	тыс. руб.	6 000	5 257	6 487	7 000	11 575	10 686	9 068	9 290	9 514	9 743	9 978
Баланс за период	тыс. руб.	1 250	(67)	26	1 813	175	1 348	3 256	3 330	3 411	3 493	3 578
Накопленное сальдо с учетом всех кредитных линий на конец периода	на конец пер.	1 250	1 183	1 209	3 021	3 196	4 544	7 800	11 130	14 541	18 034	21 612
Потребность в финансировании оборотных средств для периода T+1	тыс. руб.	503	636	702	769	787	806	826	846	866	887	908



Таблица 4.4 (продолжение). Денежные потоки.

ДЕНЕЖНЫЕ ПОТОКИ	Период	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Кварт. Год	3.2016	4.2016	1.2017	2.2017	3.2017	4.2017	1.2018	2.2018	3.2018	4.2018
Вложения инвесторов в проект за период	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Суммарные доходы в периоде, вкл. НДС	тыс. руб.	13 883	14 218	14 560	14 911	15 271	15 639	16 016	16 403	16 798	17 203
Всего капитал. вложений в периоде, вкл. НДС	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ВСЕГО затрат в периоде, вкл. НДС, без ЕСН</b>	тыс. руб.	7 337	7 514	7 695	7 881	8 071	8 265	8 465	8 669	8 878	9 092
НДС в бюджет в текущем периоде	тыс. руб.	1 402	1 436	1 471	1 506	1 543	1 580	1 618	1 657	1 697	1 738
Сумма всех налогов, включаемых в себестоимость (вкл. ЕСН)	тыс. руб.	1 991	2 037	2 086	2 135	2 185	2 237	2 290	2 344	2 400	2 456
Сумма всех затрат без НДС, включая налоги в себестоимости	тыс. руб.	8 612	8 819	9 031	9 247	9 469	9 696	9 929	10 168	10 412	10 662
<b>ЕВИТДА</b>	тыс. руб.	<b>4 555</b>	<b>4 666</b>	<b>4 780</b>	<b>4 896</b>	<b>5 015</b>	<b>5 137</b>	<b>5 262</b>	<b>5 390</b>	<b>5 521</b>	<b>5 655</b>
<b>КРЕДИТОВАНИЕ</b>											
Выдано кредитов в текущем периоде	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Погашено кредитов в текущем периоде	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Уплачено процентов в текущем периоде	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Общий долг на начало 1-го и конец последующих периодов	тыс. руб.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>ПРИБЫЛЬ</b>											
Чистая прибыль после уплаты %% по кредитам	тыс. руб.	<b>3 562</b>	<b>3 651</b>	<b>3 742</b>	<b>3 835</b>	<b>3 930</b>	<b>4 028</b>	<b>4 128</b>	<b>4 230</b>	<b>4 335</b>	<b>4 442</b>
Чистый денежный поток за период (NCF) после кредитования	тыс. руб.	<b>3 665</b>	<b>3 753</b>	<b>3 844</b>	<b>3 937</b>	<b>4 032</b>	<b>4 130</b>	<b>4 230</b>	<b>4 332</b>	<b>4 437</b>	<b>4 544</b>
<b>ВХОДНОЙ ПОТОК</b>	тыс. руб.	13 883	14 218	14 560	14 911	15 271	15 639	16 016	16 403	16 798	17 203
<b>ВЫХОДНОЙ ПОТОК</b>	тыс. руб.	10 218	10 464	10 716	10 974	11 239	11 509	11 787	12 070	12 361	12 659
Баланс за период	тыс. руб.	3 665	3 753	3 844	3 937	4 032	4 130	4 230	4 332	4 437	4 544
Накопленное сальдо с учетом всех кредитных линий на конец периода	на конец пер.	25 277	29 030	32 874	36 811	40 844	44 974	49 204	53 536	57 972	62 517
Потребность в финансировании оборотных средств для периода T+1	тыс. руб.	930	953	976	999	1 023	1 048	1 073	1 099	1 126	1 126

Таблица 4.5. Показатели эффективности проекта.

Наименование	Период	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Кварт. Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015	3.2015	4.2015	1.2016	2.2016
Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI)	б/р	0.000	-0.486	-0.431	-0.231	0.115	0.426	0.734	1.034	1.327	1.613	1.891
NPV - чистая текущая стоимость проекта	тыс. руб.	(5 587)	(10 471)	(11 595)	(10 408)	(7 878)	(5 524)	(3 160)	(832)	1 447	3 680	5 867
NPV с учетом амортизационных средств	тыс. руб.	(5 587)	(10 297)	(11 221)	(9 812)	(7 067)	(4 593)	(2 130)	277	2 633	4 938	7 193
Средняя рентабельность инвестиций с начала проекта	%	0.0%	-212.1%	-111.9%	-49.8%	0.1%	28.7%	49.0%	64.1%	75.8%	85.3%	93.3%
Чистый денежный поток / Выручка без НДС	%	0.0%	0.0%	-0.4%	23.5%	33.1%	30.5%	31.1%	31.0%	31.0%	31.0%	31.0%
Внутренняя норма возврата (IRR) без амортизации	б/р	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	31.7%	46.8%	58.5%
Внутренняя норма возврата (IRR) с учетом амортизации	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	22.6%	42.0%	57.0%	68.7%
Срок окупаемости с учетом амортизации	Период	-							6.88			

Продолжение таблицы 4.5.

Наименование	Период	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Кварт. Год	3.2016	4.2016	1.2017	2.2017	3.2017	4.2017	1.2018	2.2018	3.2018	4.2018
Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI)	б/р	2.162	2.427	2.685	2.937	3.183	3.423	3.657	3.885	4.108	4.331
NPV - чистая текущая стоимость проекта	тыс. руб.	8 008	10 105	12 158	14 168	16 137	18 065	19 953	21 801	23 611	25 394
NPV с учетом амортизационных средств	тыс. руб.	9 400	11 560	13 674	15 742	17 766	19 746	21 684	23 580	25 436	27 263
Средняя рентабельность инвестиций с начала проекта	%	100.2%	106.2%	111.6%	116.5%	121.1%	125.3%	129.2%	133.0%	136.5%	140.0%
Чистый денежный поток / Выручка без НДС	%	31.0%	31.1%	31.1%	31.1%	31.1%	31.1%	31.1%	31.1%	31.1%	31.1%
Внутренняя норма возврата (IRR) без амортизации	б/р	67.7%	74.9%	80.7%	85.3%	89.0%	92.0%	94.5%	96.5%	98.1%	99.5%
Внутренняя норма возврата (IRR) с учетом амортизации	%	77.7%	84.8%	90.4%	94.8%	98.4%	101.2%	103.5%	105.4%	107.0%	108.2%

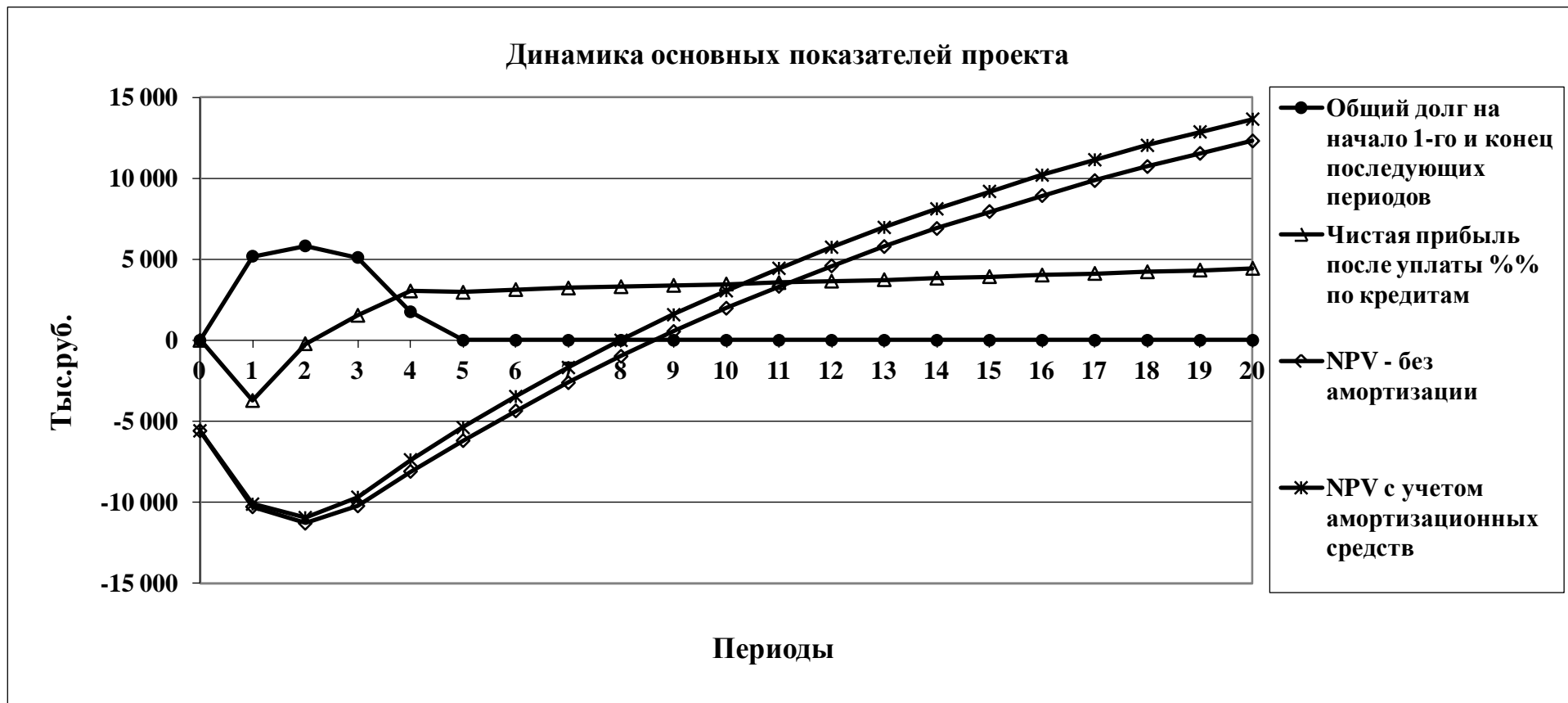


Рис.4.1. Динамика  $NPV(T)$ , чистой прибыли и общей задолженности.

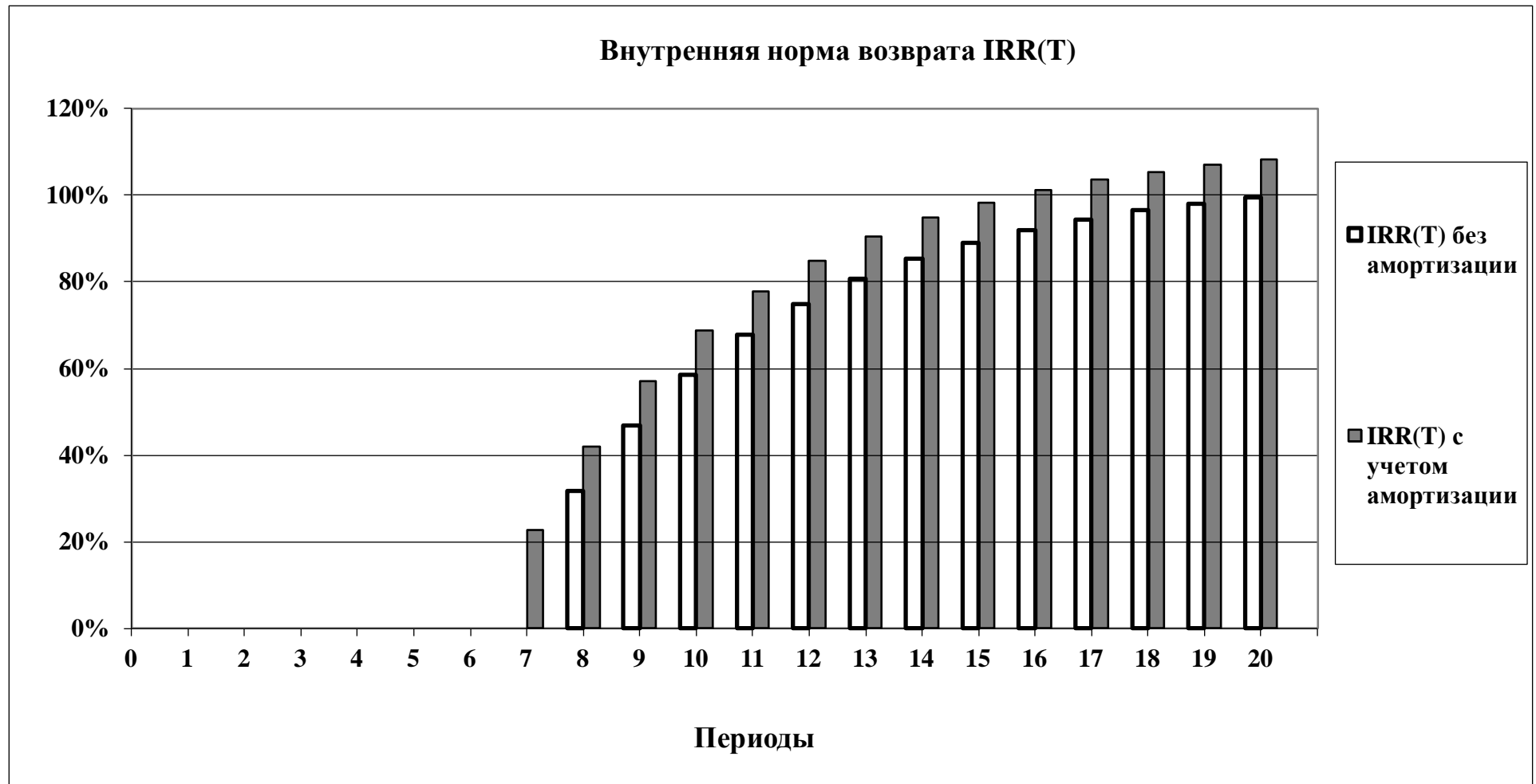


Рис.4.2. Динамика  $IRR(T)$  проекта для всего горизонта планирования.

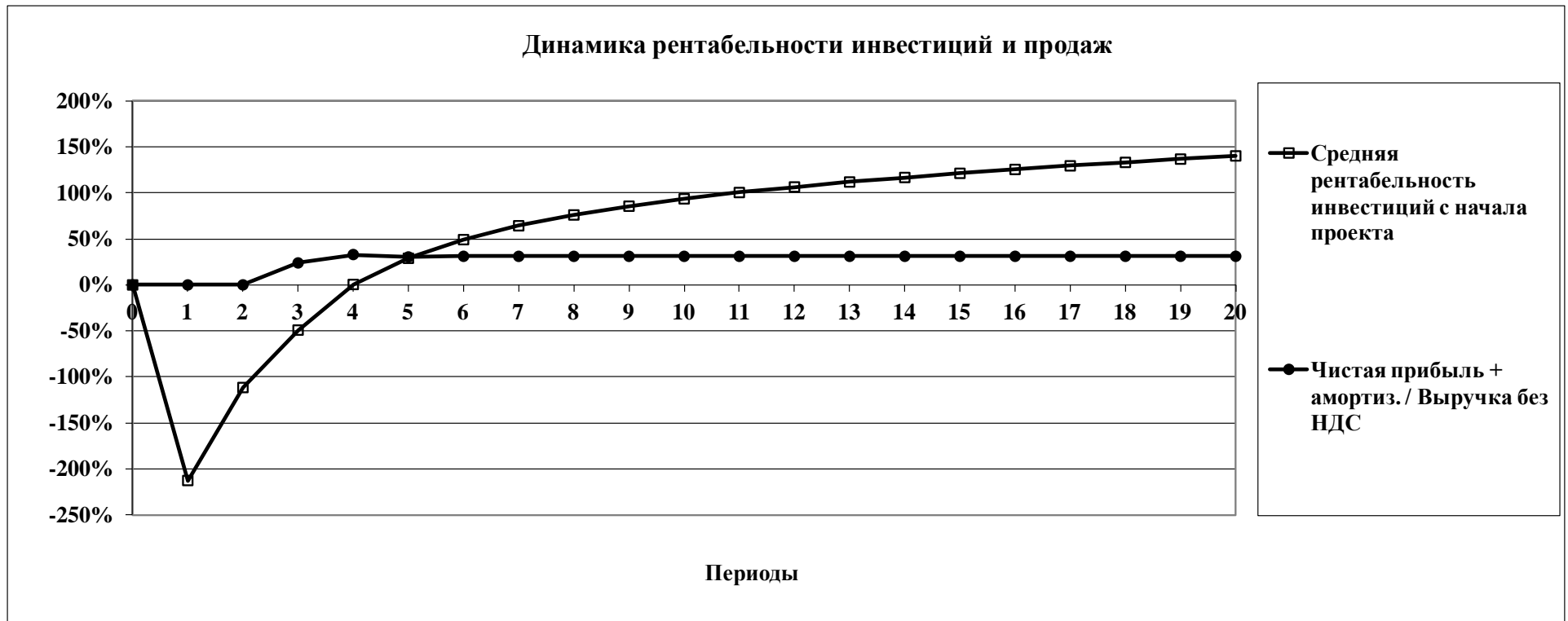


Рис.4.3. Динамика рентабельности для всего горизонта планирования.

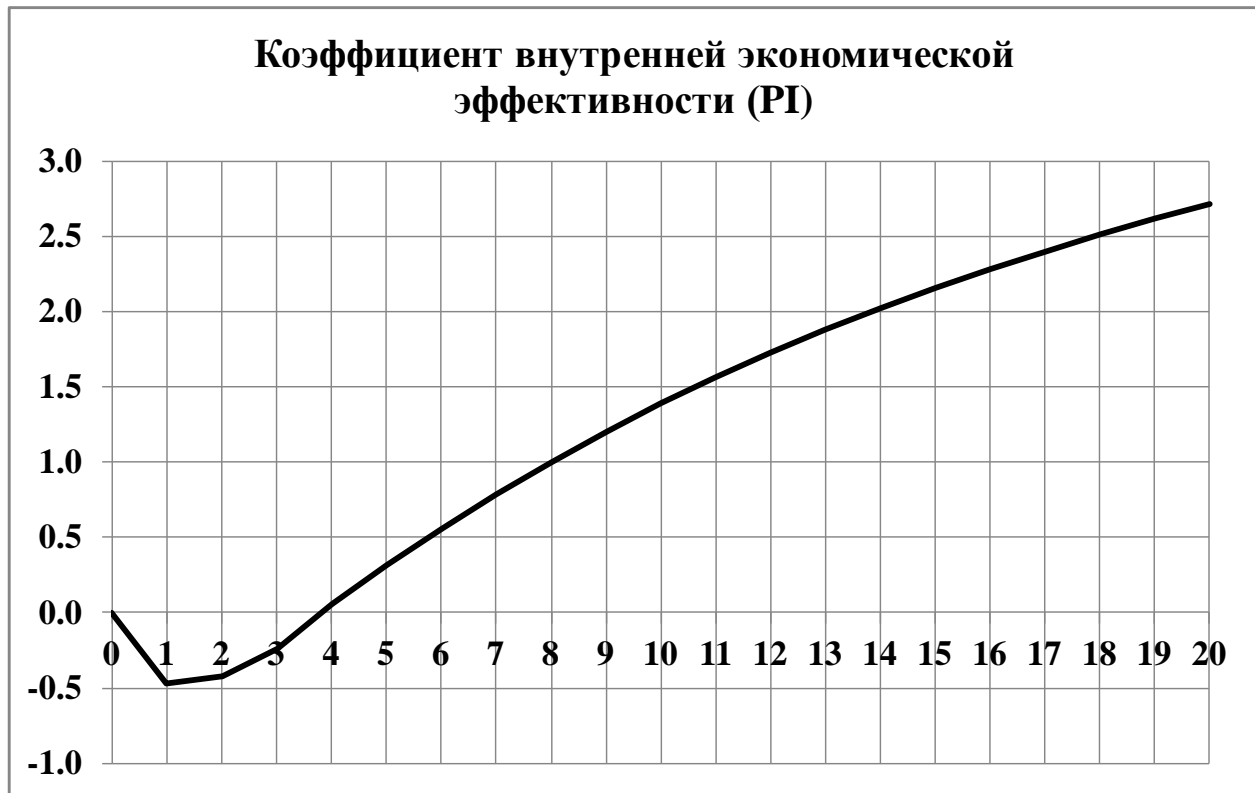


Рис.4.4. Коэффициент внутренней экономической эффективности (*Profitability Index*).  $PI < 0$  до 4-го периода вследствие убыточности продаж на начальной стадии реализации проекта.

#### 4.2. Функции чувствительности проекта

После расчета необходимых показателей эффективности (прибыльности) рассматриваемого проекта перейдем к расчету его функций чувствительности. В качестве риск-параметров были выбраны:

- натуральные объемы продаж услуг ( $X_1, \dots X_5$ )
- условно-постоянные затраты ( $X_6, \dots X_{13}$ )
- ставка банковского процента ( $X_{14}$ )
- цены условно-переменных затрат ( $X_{15}, \dots X_{19}$ )
- цены инвестиционных затрат ( $X_{20}, \dots X_{26}$ )
- суммарные условно-постоянные затраты ( $X_{27}$ )
- суммарные условно-переменные затраты ( $X_{28}$ )

С помощью указанных параметров мы моделировали влияние таких факторов как: снижение натуральных объемов продаж из-за действия конкурентов или снижения платежеспособности абонентов. Варьирование текущих затрат позволяло учитывать влияние цен поставщиков товаров и услуг на результаты инвестиционного проекта. Вариация банковской ставки была маловероятна, т.к. она ограничивалась рамками кредитного договора с компанией. Однако в случае гибкой процентной ставки чувствительность проекта к ней целесообразно учесть.

Как уже отмечалось ранее, в качестве целевых функций были выбраны следующие:

1.  $Y1$   $ASCF(T)$  – накопленное к моменту  $T$  сальдо денежных потоков или состояние расчетного счета проекта.
2.  $Y2$   $ANCF(T)$  – накопленный к моменту  $T$  чистый денежный поток, генерируемый проектом.
3.  $Y3$   $NPV(T)$  – чистая текущая стоимость проекта к моменту  $T$ .
4.  $Y4$   $NCF(t)$  – чистый денежный поток, генерируемый проектом к в каждом периоде  $t$  (без дисконтирования).
5.  $Y5$   $PbP$  – срок окупаемости проекта.
6.  $Y6$   $PI(T)$  – коэффициент внутренней экономической эффективности.
7.  $Y7$   $SCF(t)$  – сальдо денежных потоков за период  $t$  (без накопления).
8.  $Y8$   $ADNCF(T)$  – накопленный к моменту  $T$  дисконтированный чистый денежный поток.

Для выбранного проекта в качестве примера рассчитаны функции чувствительности для всех указанных выше целевых функций. Ниже на рисунках 4.5 – 4.10 приведены некоторые кривые в качестве иллюстрации. Полную картину функций чувствительности для всех восьми целевых функций можно увидеть из модели, представленной на CD.

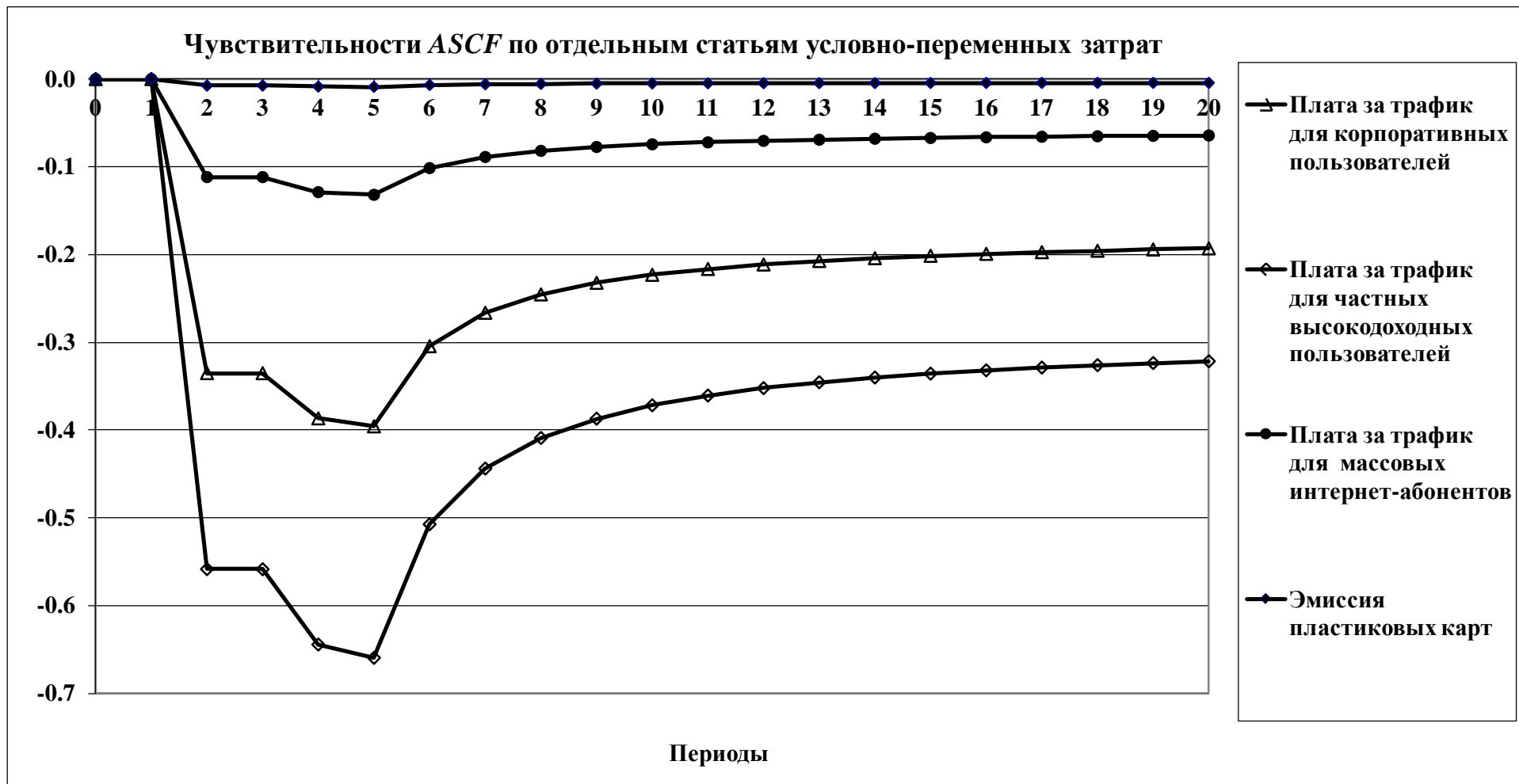


Рис.4.5. Глобальные чувствительности накопленного сальдо денежных потоков к условно-переменным затратам.



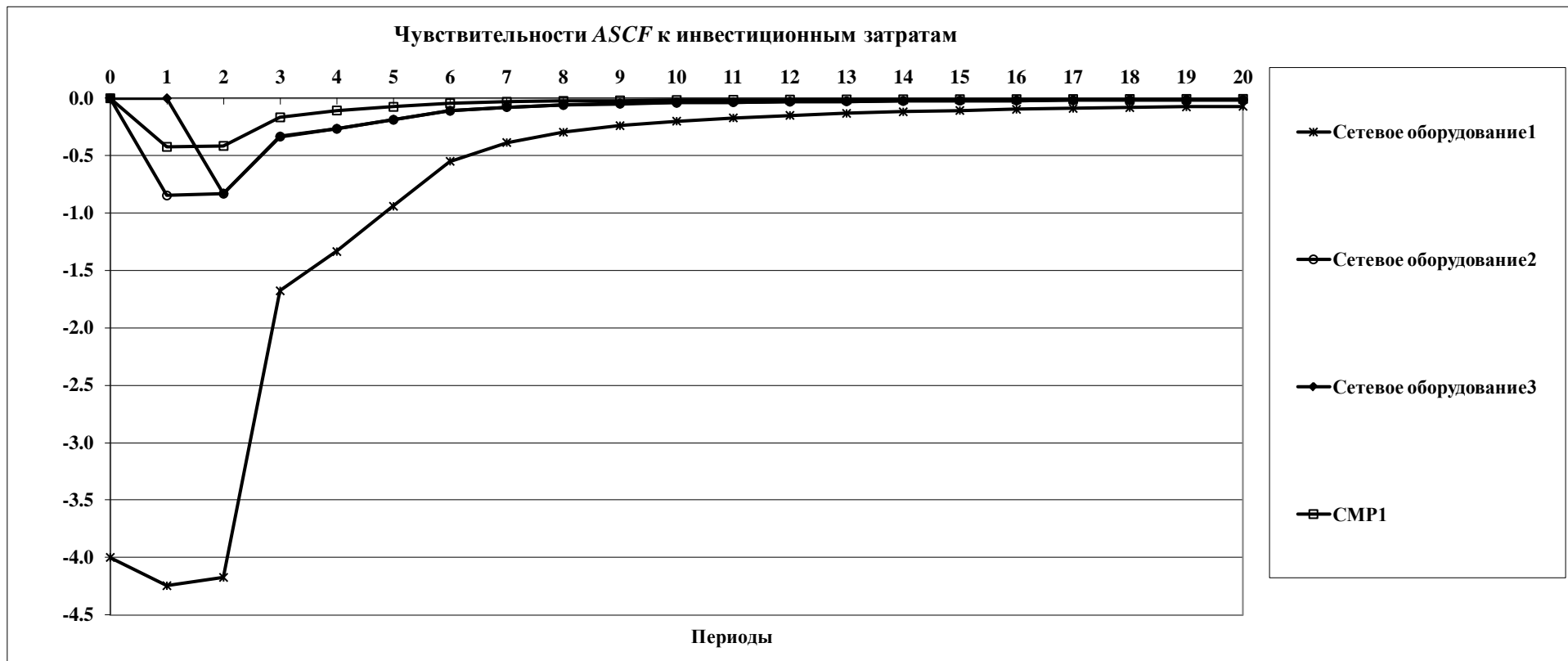


Рис.4.6. Глобальные чувствительности накопленного сальдо денежных потоков к инвестиционным затратам.

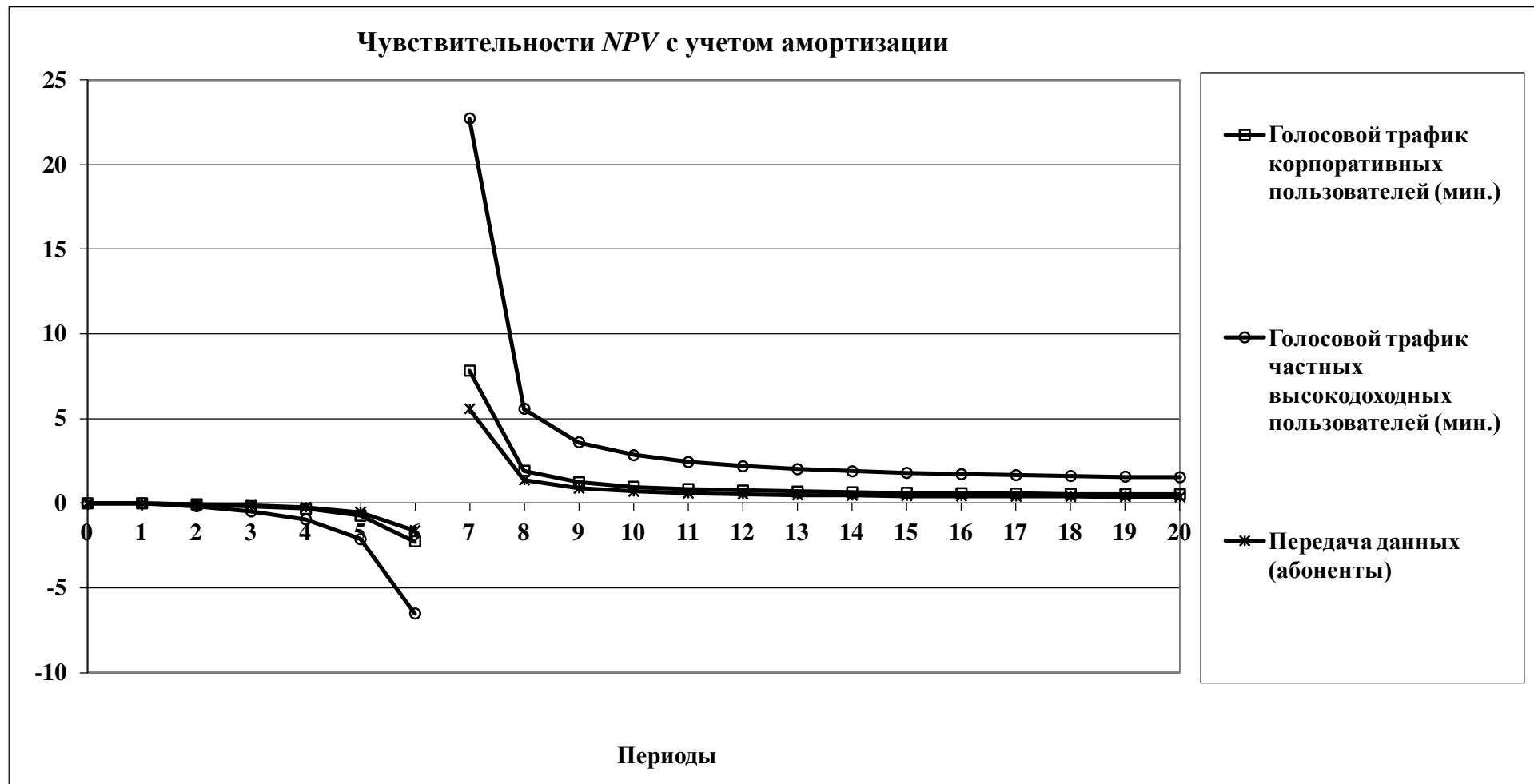


Рис.4.7. Глобальные чувствительности  $NPV$  к натуральным объемам продаж. Между 6-м и 7-м периодами находится срок окупаемости (разрыв функций чувствительности).

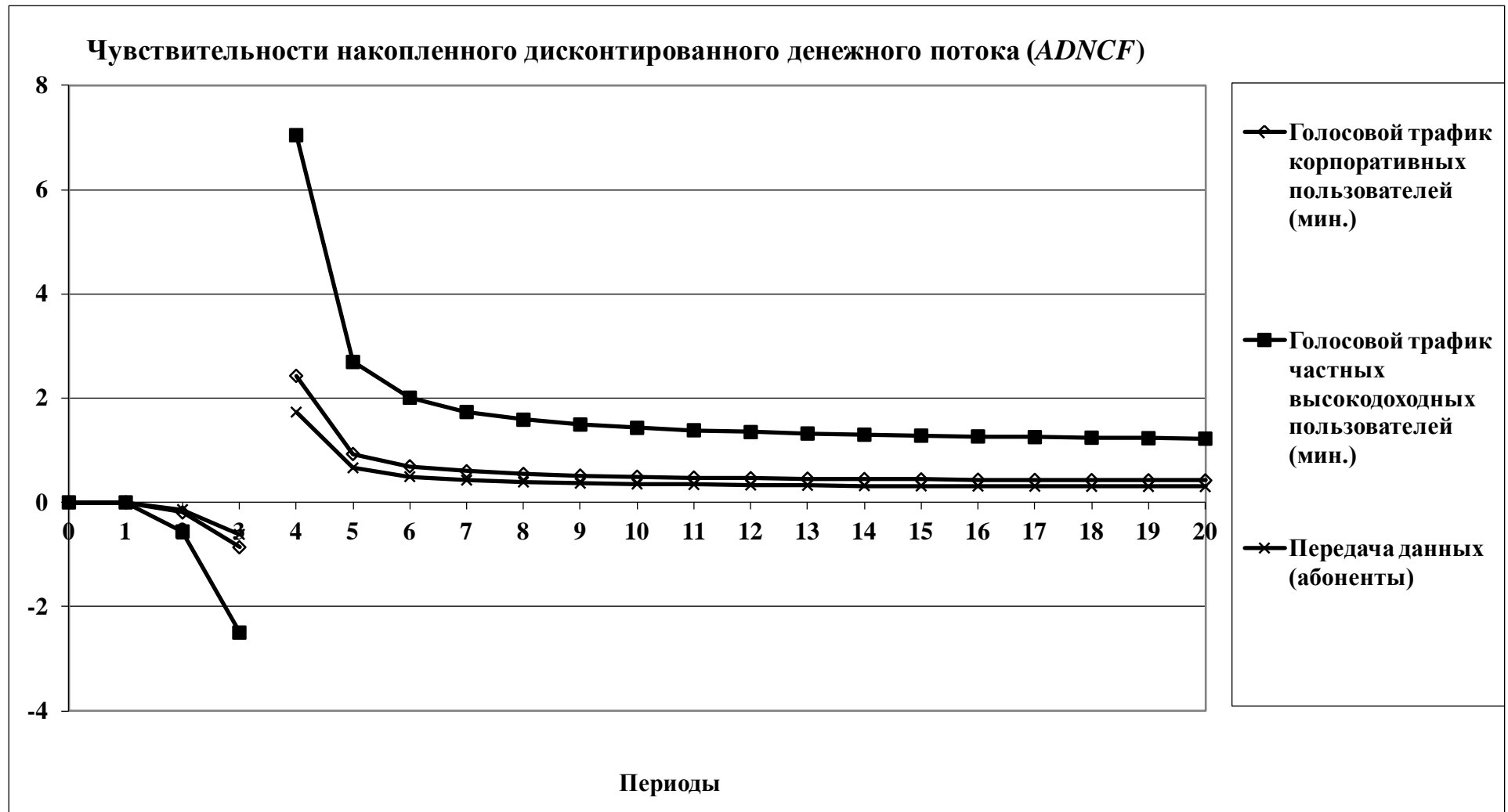


Рис.4.8. Глобальные чувствительности *ADNCF* к натуральным объемам продаж. Между 3-м и 4-м периодами функции чувствительности терпят разрыв из-за перехода от убытков к прибыльным продажам услуг.



Рис.4.9. Глобальные чувствительности  $PI$  к натуральным объемам продаж. Между 3-м и 4-м периодами функции чувствительности терпят разрыв из-за перехода от убытков к прибыльным продажам услуг.

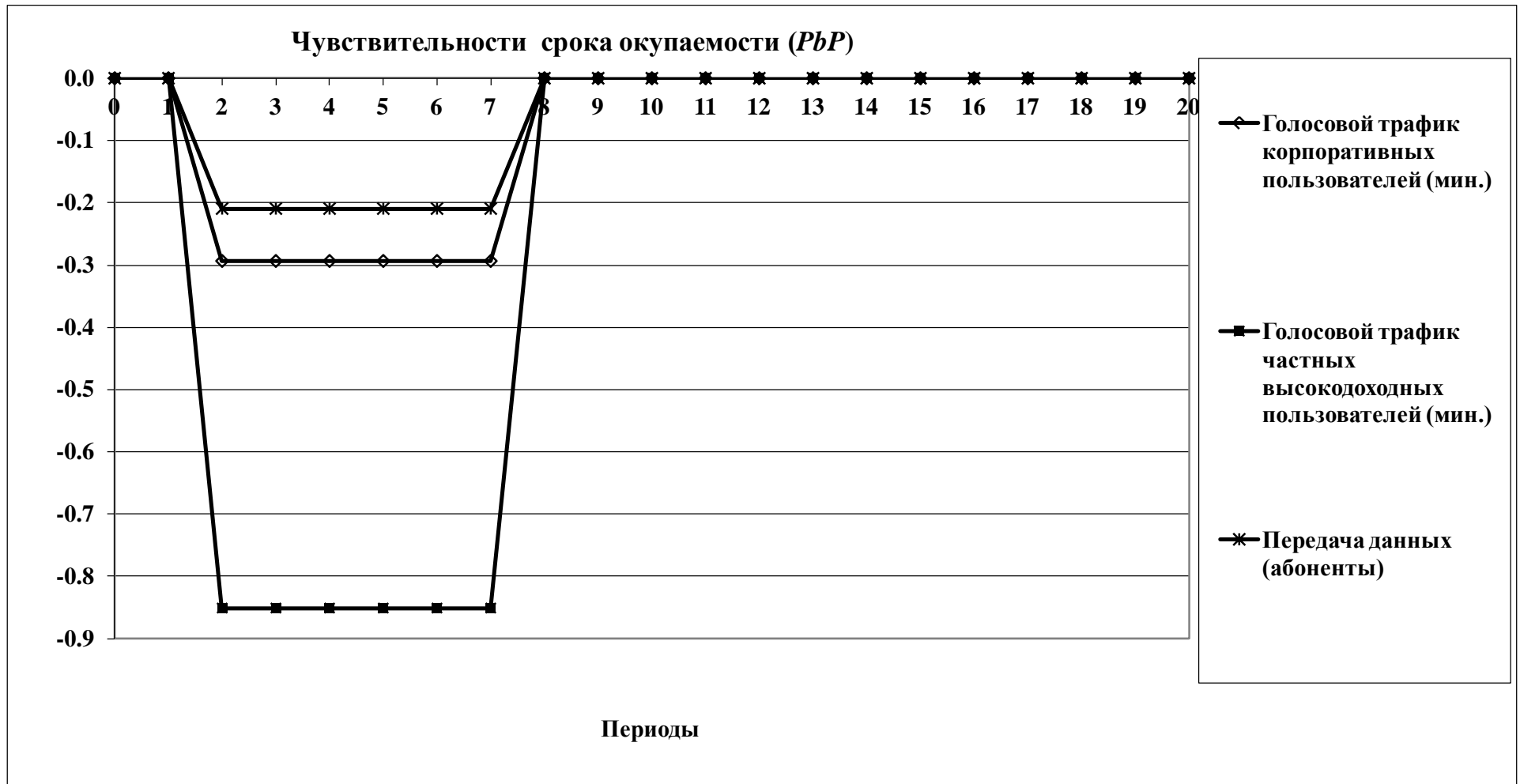


Рис.4.10. Глобальные чувствительности срока окупаемости инвестиций к натуральным объемам продаж.

Заметим, что кривые чувствительности  $ADNCF(T)$  и  $PI(T)$  полностью совпадают, т.к. в числителе (1.3) стоит накопленный дисконтированный прирост чистого денежного потока, т.е.  $ADNCF(T)$ , а знаменатель не зависит от выбранных риск-параметров.

На рис.4.9 – 4.11 все кривые имеют разрывы второго рода, т.к. происходит смена знака у соответствующих функций: у  $NPV(T)$  это переход из «мертвой» зоны в зону окупаемости, а у остальных кривых – переход от убытков к прибыли. На CD в приведенной модели анализа чувствительности можно найти весь комплект кривых для всех восьми целевых функций.

Из приведенных кривых видно, что наиболее «опасными» с точки зрения глобального влияния рисков событий является 4-й период, где у всех функций чувствительности накопленного сальдо финансовых потоков имеет место максимум. Следовательно, менеджеры проекта в окрестности этого периода должны с особым вниманием следить за действиями конкурентов, контролировать цены поставщиков, изыскивать возможности экономии на затратах, особенно при росте цен последних.

Особо следует сказать о чувствительности срока окупаемости инвестиций показанном на рис.4.12. Для любого риск-параметра глобальная функция чувствительности будет постоянной вплоть до наступления этого срока окупаемости. За пределами этого срока вполне естественно (время нельзя повернуть вспять!), что риски не влияют на его величину.

### **4.3. Проверка линейности модели**

Для проверки линейности модели выбирался риск-параметр (цена голосового трафика частных высокодоходных пользователей), чувствительность к которому целевой функции (накопленный чистый денежный поток) была наибольшая. При глобальном (начиная со второго периода) изменении этого риск-параметра в сторону его уменьшения соответствующее значение целевой функции находилось непосредственно с помощью модели и расчетным путем через функцию чувствительности:

$$Y + \Delta Y = Y \left( 1 + S_{x_i}^Y \frac{\Delta x_i}{x_i} \right) \quad (4.1)$$

Далее фиксировалось отклонение расчетного значения целевой функции от значения, полученного на модели. Как показали расчеты, при глобальных изменениях риск-параметра вплоть до 25% от исходной величины, максимальная погрешность определения целевой функции с помощью (4.1) достигала 2,5% только во 4-м периоде, а в остальных периодах практически равнялась нулю. Указанная нелинейность модели была следствием убыточных продаж до 3-го периода включительно. Как отмечалось ранее, при переходе к 4-му прибыльному периоду зависимость чистой прибыли и налога на прибыль от величины риск-параметра была кусочно-гладкой, т.е. нелинейной. При отклонениях объема продаж в сторону увеличения модель была линейна даже при многократных изменениях этого риск-параметра, т.к. чистая прибыль пропорционально росла с ростом продаж. Примерно такие же результаты были получены при проверке условия аддитивности модели.

Как показал анализ, до тех пор, пока неблагоприятное изменение какого-либо риск-параметра в любом периоде не приводит к снижению чистой прибыли до нуля, модель практически для всех целевых функций остается линейной. Диапазон изменений локальных рисковых воздействий, в пределах которого модель остается практически линейной, буде шире, чем при соответствующих глобальных изменениях риск-параметров.

#### **4.4. Оценка предельных значений риск-параметров**

В наиболее «опасном» 4-м периоде с точки зрения влияния рисковых событий на накопленное сальдо денежных потоков были рассчитаны предельно-допустимые значения наиболее существенных риск-параметров. Эти параметры изменялись глобально в неблагоприятном направлении, начиная с 3-го периода. Критерием допустимости было условие (1.1) финансовой реализуемости инвестиционного проекта (условие бездефицитности). Как и сле-

довало ожидать, при изменении любого риск-параметра дефицит оборотных средств появлялся сначала в 4-м периоде, а затем и в других периодах.

Ниже в таблице 4.6 приведены результаты этого исследования. Здесь в пятой колонке даны значения, соответствующие исходному состоянию прогноза, а в пятой колонке – предельно допустимые значения риск-параметров. Эти значения могут служить своеобразным ориентиром для менеджмента компании в процессе реализации проекта.

Таблица 4.6. Результаты расчета предельно-допустимых значений риск-параметров.

Название риск-параметра	Обозначение	Ед. изм.	№ самого «опасного» периода	Значение в состоянии <i>SQ</i>	Предельно-допустимое значение	Предельное относительное изменение
Голосовой трафик корпоративных пользователей (мин.)	<i>X1</i>	тыс. мин.	4	135 000	55 215	-59.10%
Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей (мин.)	<i>X2</i>	тыс. мин.	4	225 000	179 325	-20.30%
Трафик массовых интернет-абонентов (мин.)	<i>X3</i>	тыс. мин.	4	900 000	(747 000)	-183.00%
					-	
Суммарные условно-переменные затраты без НДС	<i>X27</i>	тыс. руб.	4	1 406	1 853	31.80%
Суммарные условно-постоянные затраты без ЗП и НДС	<i>X28</i>	тыс. руб.	2	1 238	1 452	17.30%

Заметим, что наиболее критичным риск-параметром является объем реализации голосового трафика частных высокодоходных пользователей и суммарные условно-постоянные затраты, предельно-допустимые глобальные отклонения которых не должны превышать 24,76% и 23,8% от исходного значения, соответственно. Для локальных рисковых воздействий допустимые отклонения риск-параметров будут значительно шире, чем для аналогичных глобальных рисков.



#### **4.5. Интегральные индексы чувствительности проекта**

Для расчета индексов максимальной и полной чувствительности все риск-параметры были разбиты на три группы: пять натуральных объемов продаж услуг, условно-постоянные и условно-переменные затраты (суммарно) и инвестиционные затраты. Для каждой целевой функции по рассчитанным глобальным функциям чувствительности с помощью (3.4 – 3.6) найдены индексы максимальной, а с помощью (3.8 – 3.10) индексы полной чувствительности. Ниже в таблице представлены числовые значения соответствующих индексов.

Таблица 4.7. Индексы максимальной и полной чувствительности инвестиционного проекта.

Целевые функции и индексы чувствительности	Обозначение	Величина индекса 2-го порядка	Величина индекса 1-го порядка	Сумма
<b>Целевая функция: Y1 = Накопленное сальдо денежных потоков (ASCF)</b>				
Индекс максимальной чувствительности к ценам	<b>IMSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к натуральным объемам продаж	<b>IMSQ</b>	0.884117	4.12	<b>5.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат	<b>IMSVC</b>	0.000000	1.23	<b>1.23</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат	<b>IMSFC</b>	0.050679	6.16	<b>6.21</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства	<b>IMSI</b>	0.000895	7.31	<b>7.31</b>
	<b>Сумма</b>	0.935691	18.82	<b>19.75</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам</b>				
Индекс полной чувствительности к ценам	<b>ITSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж	<b>ITSQ</b>	0.044206	2.47	<b>2.52</b>
Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат	<b>ITSVC</b>	0.000000	0.73	<b>0.73</b>
Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат	<b>ITSFC</b>	0.012891	1.94	<b>1.96</b>
Индекс полной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства	<b>ITSI</b>	0.000370	1.25	<b>1.25</b>
	<b>Сумма</b>	0.057467	6.40	<b>6.46</b>
<b>Целевая функция: Y2 = Накопленный чистый денежный поток (ANCF)</b>				
Индекс максимальной чувствительности к ценам	<b>IMSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к натуральным объемам продаж	<b>IMSQ</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>

<b>Целевые функции и индексы чувствительности</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Величина индекса 2-го порядка</b>	<b>Величина индекса 1-го порядка</b>	<b>Сумма</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат	IMSVC	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат	IMSFC	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства	IMSI	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	Сумма	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс полной чувствительности к ценам	ITSP	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж	ITSQ	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат	ITSVC	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат	ITSFC	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс полной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства	ITSI	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	Сумма	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Целевая функция: <math>Y3 =</math> Чистая текущая стоимость с учетом амортизации (NPV)</b>				
Индекс максимальной чувствительности к ценам	IMSP	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к натуральным объемам продаж	IMSQ	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат	IMSVC	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат	IMSFC	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
Индекс максимальной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства	IMSI	0.000000	0.00	<b>0.00</b>

<b>Целевые функции и индексы чувствительности</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Величина индекса 2-го порядка</b>	<b>Величина индекса 1-го порядка</b>	<b>Сумма</b>
	<b>Сумма</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам</b>	<b>ITSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>	<b>ITSQ</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>	<b>ITSVC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>	<b>ITSFC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>	<b>ITSI</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	<b>Сумма</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Целевая функция: <math>Y_4 = \text{Чистый денежный поток (NCF)}</math> за период</b>				
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам</b>	<b>IMSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>	<b>IMSQ</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>	<b>IMSVC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>	<b>IMSFC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>	<b>IMSI</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	<b>Сумма</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам</b>	<b>ITSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>	<b>ITSQ</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>	<b>ITSVC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>

<b>Целевые функции и индексы чувствительности</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Величина индекса 2-го порядка</b>	<b>Величина индекса 1-го порядка</b>	<b>Сумма</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>	<b>ITSFC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>	<b>ITSI</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	<b>Сумма</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Целевая функция: <math>Y5 =</math> Накопленный дисконтированный чистый денежный поток (ADNCF)</b>				
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам</b>	<b>IMSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>	<b>IMSQ</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>	<b>IMSVC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>	<b>IMSFC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>	<b>IMSI</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	<b>Сумма</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам</b>	<b>ITSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>	<b>ITSQ</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>	<b>ITSVC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>	<b>ITSFC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>	<b>ITSI</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	<b>Сумма</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>

<b>Целевые функции и индексы чувствительности</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Величина индекса 2-го порядка</b>	<b>Величина индекса 1-го порядка</b>	<b>Сумма</b>
<b>Целевая функция: <math>Y_6 =</math> Коэффициент внутренней экономической эффективности (PI)</b>				
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам</b>	<b>IMSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>	<b>IMSQ</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>	<b>IMSVC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>	<b>IMSFC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс максимальной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>	<b>IMSI</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	<b>Сумма</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам</b>	<b>ITSP</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к натуральным объемам продаж</b>	<b>ITSQ</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-переменных затрат</b>	<b>ITSVC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам по статьям условно-постоянных затрат</b>	<b>ITSFC</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
<b>Индекс полной чувствительности к ценам инвестиций в основные средства</b>	<b>ITSI</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>
	<b>Сумма</b>	0.000000	0.00	<b>0.00</b>

Как видно из приведенных результатов, при воздействии совокупности рисков для всех вариантов целевых функций данный проект в целом наиболее чувствителен к отклонению цен и натуральных объемов продаж. В определенной мере рассчитанные интегральные индексы чувствительности свидетельствуют о последствиях действия множества рисков событий, однако на их основе можно лишь сравнивать проекты по степени рискованности в целом, но нельзя рассчитать возможное отклонение целевой функции в каком-либо отдельно взятом периоде. Как на этапе проектирования, так и в ходе управления проектом желательно знать возможные границы отклонения целевых функций при воздействии совокупности рисков.

Как уже отмечалось, из-за отсутствия надежной статистики рисков мы, к сожалению, не можем воспользоваться довольно мощным аппаратом теории вероятности для оценки возможных значений относительного отклонения целевой функции заданного выражением (3.2). Попробуем воспользоваться современной теорией нечетких множеств, основы которой кратко будут изложены в следующем разделе.

## **5. Основы теории нечетких множеств**

### **5.1. Неопределенность, статистика и квазистатистика**

Вернемся к неопределенности, о которой шла речь во введении. Мы уже писали, что неопределенность – это неустранимое свойство рыночной среды, связанное с тем, что на рынке одновременно действует множество факторов различной природы и направленности, корректная совокупная оценка которых практически невозможна. Кроме того, всегда существует неопределенность относительно характера реакций рынка на те или иные воздействия.

Рыночная неопределенность не обладает статистической природой, т.к. окружающая фирму бизнес-среда постоянно меняется под воздействием различных факторов. Моделирование в таких условиях какой-либо бизнес единицы на порядок сложнее моделирования любой сколь угодно сложной технической системы по двум основным причинам. Во-первых, в указанной бизнес единице имеется весьма существенный субъективный человеческий фактор, т.е. имеются лица, принимающие решения. Во-вторых, изменчивость внешней среды не позволяет «дважды войти в одну и ту же реку», т.е. в бизнесе, проигрывая различные сценарии его развития, невозможно воспроизвести исходные начальные условия. Из всего сказанного следует, что не удастся получить выборки статистически однородных событий из их генеральной совокупности, наблюдаемых в неизменных внешних условиях, т.е., классически понимаемой статистики нет.

Здесь следует предостеречь читателя от весьма вольного использования теории вероятности многими авторами книг по риск-анализу. Особенно это касается случаев, когда автор приводит конкретные числовые значения вероятности некоторого рискованного события или состояния неопределенной бизнес-среды. Для понимания ограниченности вероятностного подхода можно рекомендовать следующую классификацию вероятностей, данную уже цитируемым нами Фрэнком Найтом. Он вводит три типа вероятности:



1. **«Априорная вероятность.** Классификация абсолютно однородных случаев, идентичных во всех отношениях, кроме объективно недетерминированных факторов». Например, отношение всех благоприятных выбранному критерию исходов ко всем возможным исходам в заданной ситуации.

2. **«Статистическая вероятность.** Эмпирическая оценка частоты связей между предикатами, неразложимых на изменчивые комбинации равновероятных альтернатив. Следует подчеркнуть, что сколько-нибудь высокая степень уверенности в сохранении в будущем пропорций, выявленных в прошлом, все-таки основывается на априорном суждении о недетерминированности. Здесь следует разграничить два осложняющих дело обстоятельства: во-первых, невозможность устранения всех факторов, кроме объективно недетерминированных; во-вторых, невозможность перечисления всех равновероятных альтернатив и определения такого способа их комбинирования, который позволил бы оценить вероятность путем априорных вычислений. Главная отличительная особенность данного типа вероятности состоит в опоре на эмпирическую классификацию случаев».

Иными словами, если можно экспериментально выделить массив однородных событий, которые происходили в одинаковых условиях, то на основе такой статистики теоретически можно рассчитать вероятность. Однако на практике подобные ситуации невозможны.

3. **«Оценки.** Специфика этого типа вероятности заключается с отсутствием какой бы то ни было реальной основы для классификации отдельных случаев. С этой формой вероятности сопряжено больше логических затруднений, чем с двумя предыдущими, поэтому мы не можем предложить достаточно удовлетворительной ее трактовки. Тем не менее, необходимо подчеркнуть ее отличие от других типов вероятности и указать на сложные связи между ними».

Именно в такую ситуацию очень часто попадают эксперты, от которых требуется оценить вероятность того или иного события или состояния бизнес-системы.

Далее Найт пишет: «Мы знаем, что оценки и суждения «подвержены» ошибкам. Иногда можно приближенно определить величину этой «подверженности», но чаще всего этого сделать нельзя. Вообще, любое определение численного значения оценки должно быть чисто эмпирическим, основанным на сведении воедино разных случаев, и таким образом сводится к вычислению вероятности второго (статистического) типа. В самом деле, поскольку, как мы уже отмечали, в ситуации статистической вероятности классификация полностью однородных случаев практически никогда не осуществима, очевидно, что расхождение между нею и третьим типом вероятности, исключаящим всякую классификацию, – всего лишь вопрос степени».

Первые два типа вероятности можно назвать измеримыми либо априори, либо на основе анализа имеющейся из опыта статистики. Эти две ситуации Найт не включает в свое определение неопределенности, а связывает с последней только третий тип вероятности. Таким образом, он полагает, что если вероятность можно как-то измерить, то ситуация становится определенной. Приведем весьма интересное рассуждение Найта по этому поводу.

«Неопределенность в том смысле, какой придается ей в данной книге (см. монографию Найта – примечание В.И.К.), радикально отличается от привычного представления о риске. До сих пор эти понятия никогда не были должным образом разделены. Термином «риск», столь вольно употребляемым и в повседневной речи, и в экономических дискуссиях, на самом деле обозначают две вещи, которые, по крайней мере, на функциональном уровне, в причинно-следственной связи с феноменами экономической организации, резко отличаются друг от друга. Природу такой путаницы понятий можно выразить в нескольких словах. Существенно, что в одних случаях «риск» означает некое количество, доступное измерению, тогда как в других случаях это нечто совсем иного рода. И в зависимости от того, с каким из этих двух вариантов риска мы имеем дело, наш подход к данному явлению будет носить принципиально различный характер. Термин «риск» неоднозначен и в других аспектах, о чем также будет сказано. Но эта двусмысленность – самая

важная. Оказывается, *измеримая неопределенность, или собственно «риск», настолько отличается от неизмеримой, что по существу вообще не является неопределенностью* (выделено мною). Соответственно мы ограничим употребление термина «неопределенность» случаями неколичественного рода. Именно такая, «подлинная» неопределенность, а отнюдь не риск, как это принято утверждать, образует основу полноценной теории прибыли и дает объяснение различию между реальной и совершенной конкуренцией».

В нашем случае мы не пытаемся оценивать сами вероятности случайных факторов бизнеса, поэтому наше понимание неопределенности несколько шире, чем у Найта. Весьма интересной в данной работе Найта является его трактовка роли предпринимателя и оснований для его вознаграждения. Основной функцией предпринимателя он считает принятие на себя риска в бизнесе. Он, цитируя Ф.Б.Хоули, пишет: «Прибыль от предприятия или остаток после оплаты услуг земли, капитала и труда (поставляемых самим предпринимателем или другими лицами) является вознаграждением не за работу по управлению и координации, а за риск и ответственность, которую делец возлагает на себя». Далее Найт еще более заостряет эту мысль, утверждая: «Существует фундаментальное различие между вознаграждением за принятие известного риска и за принятие риска, ценность которого неизвестна. Это различие столь фундаментально, что, как мы увидим, известный риск вообще не вознаграждается, не подлежит никакой специальной оплате». Это очень сильное утверждение, с которым многие предприниматели вряд ли сегодня будут согласны.

В нашей работе мы будем рассматривать неопределенность в широком смысле, т.е. включая в нее как измеримые, так и неизмеримые аспекты. Иначе говоря, мы имеем дело с неопределенностью, когда у нас нет достаточного количества наблюдений, чтобы вполне корректно подтвердить тот или иной закон распределения рисков, или мы наблюдаем объекты, которые, строго говоря, нельзя назвать однородными, тогда в классическом смысле статистиче-

ская выборка для расчета вероятности отсутствует. В то же время, даже не имея достаточного числа наблюдений, мы можем полагать, что за ними стоит проявление некоторого закона или закономерности. Мы не можем оценить параметры этого закона вполне точно, но мы можем прийти к определенному соглашению о виде этого закона и о диапазоне разброса ключевых параметров, входящих в его математическое описание. Здесь уместно использовать понятие квазистатистики, как это трактуется в [60].

Квазистатистика – это выборка наблюдений из их генеральной совокупности, которая считается недостаточной для идентификации вероятностного закона распределения с точно определенными параметрами, но признается достаточной для того, чтобы с той или иной субъективной степенью достоверности обосновать закономерность наблюдений в некоторой форме, причем параметры этой закономерности будут заданы по специальным правилам, чтобы удовлетворить требуемой достоверности идентификации закономерности наблюдений.

Эксперт, анализируя выборку какого-то определенного параметра, может заметить, что в большинстве случаев значения данного параметра группируются внутри некоторого расчетного диапазона, ближе к наиболее ожидаемым, т.е. типовым значениям этого параметра. Это дает эксперту основания утверждать, что имеет место некоторый закон распределения, и эксперт может подыскивать этому закону нечетко-множественную форму.

Аналогичные рассуждения можно провести, если эксперт наблюдает один параметр инвестиционного проекта во времени. Ясно, что в этом случае статистическая однородность наблюдений отсутствует, поскольку со временем непрерывно меняется рыночное окружение фирмы, т.е. условия ее хозяйствования, производственные факторы и т.д. Тем не менее, эксперт, оценивая некоторое достаточно большое количество наблюдений, может сказать, что «вот это состояние показателя типично для фирмы, это – крайне редкое, а вот здесь я сомневаюсь в классификации». Таким образом, эксперт высказывается о законе распределения показателя таким образом, что классифицирует все

наблюдения нечетким, лингвистическим способом, и это является важной информацией для принятия решений. Формулируя, таким образом, закон распределения, эксперт по существу имел дело с квазистатистикой.

Понятие квазистатистики дает широкий простор для применения нечетких описаний при моделировании законов, которым подчиняется та или иная совокупность наблюдений. Строго говоря, постулируя некоторую квазистатистику, можно вполне научно обоснованно моделировать неоднородные и ограниченные по объему наблюдений процессы, протекающие на рынке и в экономике. Так можно учитывать неопределенность, сопровождающую процесс принятия финансовых решений. Процесс учета указанной неопределенности можно проводить на основе нечеткого анализа влияния рисков событий на бизнес.

В 1965 году Л.А.Заде (Lotfi A. Zadeh), профессор информатики Калифорнийского Университета в Беркли (Berkeley), ввел в науку понятие нечетких множеств (fuzzy set), давшее название одноименной теории [36, 37] Кратко изложим основные формальные понятия теории нечетких множеств, используемые в дальнейшем анализе влияния рисков. При изложении мы будем опираться на работы, как основателя теории нечетких множеств, так и работы А.О.Недосекина [39-41, 56-74] и С.Д.Штовба [75].

## 5.2. Нечеткие множества (основные определения)

*Носитель  $U$*  – это универсальное множество, к которому относятся все результаты наблюдений в рамках оцениваемой квазистатистики. Например, если мы наблюдаем цену пачки сигарет с фильтром на конкурентном рынке, то носитель – это отрезок вещественной оси, например,  $\{10, 100\}$ , где единицей измерения будет рубль.

*Нечеткое множество  $A \subseteq U$*  – это множество значений носителя, такое, что каждому значению носителя  $x \in U$  сопоставлена степень принадлежности  $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$  этого значения множеству  $A$ . Если анализировать множество «Доступные по цене сигареты для небогатых», то 50 руб. принад-

лежит этому нечеткому множеству только с некоторой долей условности  $\mu_A(x)$ , которую называют функцией принадлежности.

**Функция принадлежности  $\mu_A(x)$**  – это функция, областью определения которой является носитель  $U$ ,  $x \in U$ , а областью значений – единичный интервал  $[0,1]$ . Чем выше  $\mu_A(x)$ , тем выше оценивается степень принадлежности элемента носителя  $x$  нечеткому множеству  $A$ . Например, на рис. 5.1 представлена функция принадлежности нечеткого множества «Доступные по цене сигареты для небогатых», полученная на основании опроса ряда экспертов.

Видно, что цена от 10 до 20 руб. оценивается экспертами как бесспорно доступная, а от 80 руб. и выше – как бесспорно недоступная. В диапазоне от 20 до 80 эксперты проявляют неуверенность в своей классификации, и структура этой неуверенности как раз и передается графиком функции принадлежности.

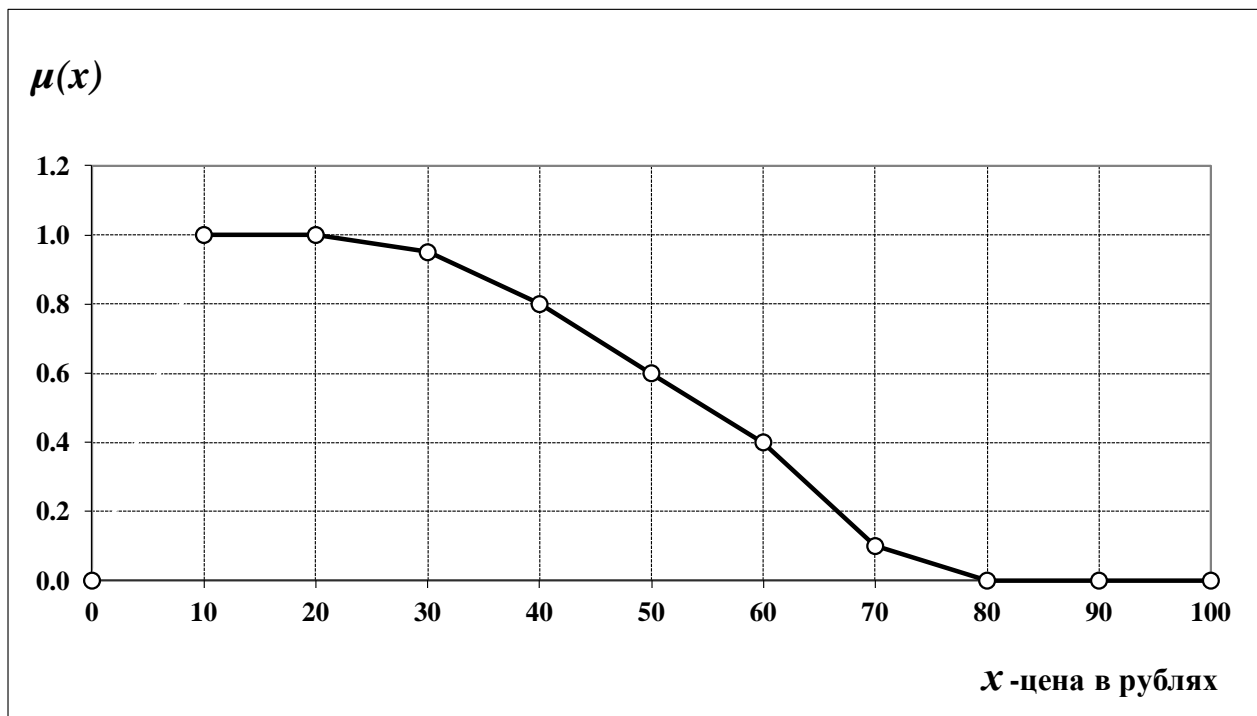


Рис.5.1. Функция принадлежности нечеткого множества «Доступные по цене сигареты для не богатых».

## Операции над нечеткими множествами

Для классических множеств определены следующие операции:

**пересечение множеств** – операция над множествами  $A$  и  $B$ , результатом которой является множество  $C = A \cap B$ , которое содержит только те элементы, которые принадлежат и множеству  $A$  и множеству  $B$ ;

**объединение множеств** – операция над множествами  $A$  и  $B$ , результатом которой является множество  $C = A \cup B$ , которое содержит те элементы, которые принадлежат множеству  $A$  или множеству  $B$  или обоим множествам;

**отрицание множеств** – операция над множеством  $A$ , результатом которой является множество  $C = \neg A$ , которое содержит все элементы, которые принадлежат универсальному множеству, но не принадлежат множеству  $A$ .

Л.Заде предложил набор аналогичных операций над нечеткими множествами через операции с функциями принадлежности этих множеств. Так, если множество  $A$  задано функцией  $\mu_A(x)$ , а множество  $B$  задано функцией  $\mu_B(x)$ , то результатом операций является множество  $C$  с функцией принадлежности  $\mu_C(x)$ , причем:

$$\text{пересечение} \text{ – если } C = A \cap B, \text{ то } \mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)); \quad (5.1)$$

$$\text{объединение} \text{ – если } C = A \cup B, \text{ то } \mu_C(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)); \quad (5.2)$$

$$\text{отрицание} \text{ – если } C = \neg A, \quad \text{то } \mu_C(x) = 1 - \mu_A(x). \quad (5.3)$$

Кроме того, определим:

**Отношение включения.** Будем говорить, что  $A$  содержится в  $B$ , т.е.  $A \subseteq B$ , если  $\forall x \in U, \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ . Иногда говорят, что  $B$  доминирует над  $A$ .

**Равенство.** Два нечетких множества равны тогда и только тогда, когда равны их функции принадлежности, т.е.  $A = B$ , если  $\forall x \in U \mu_A(x) = \mu_B(x)$ .

Ниже на рисунках представлена графическая интерпретация первых трех из указанных операций.

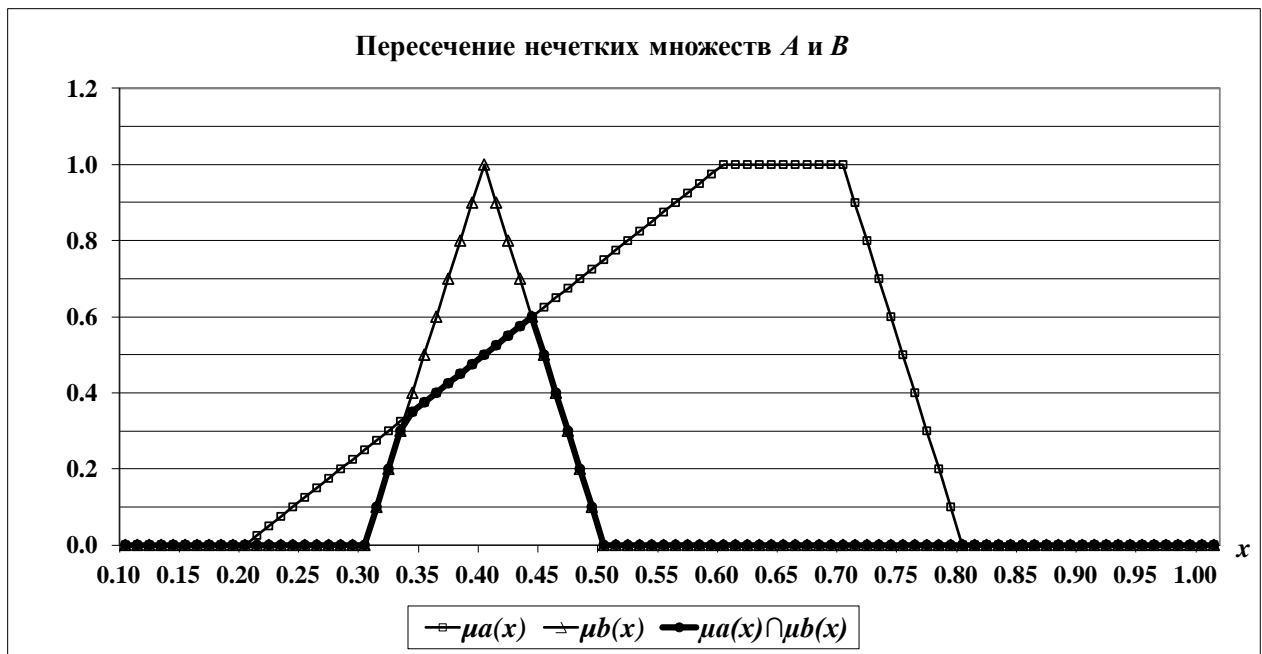


Рис.5.2. Функции принадлежности пересечения нечетких множеств.

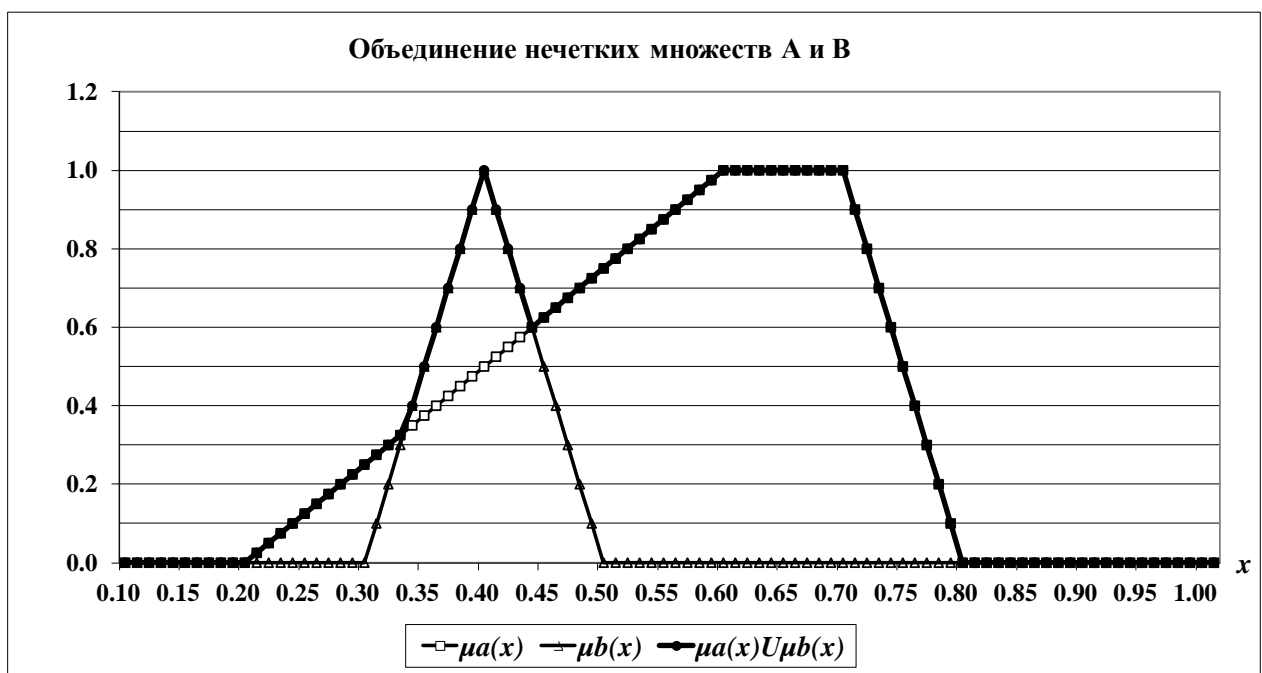


Рис.5.3. Функции принадлежности объединения нечетких множеств.



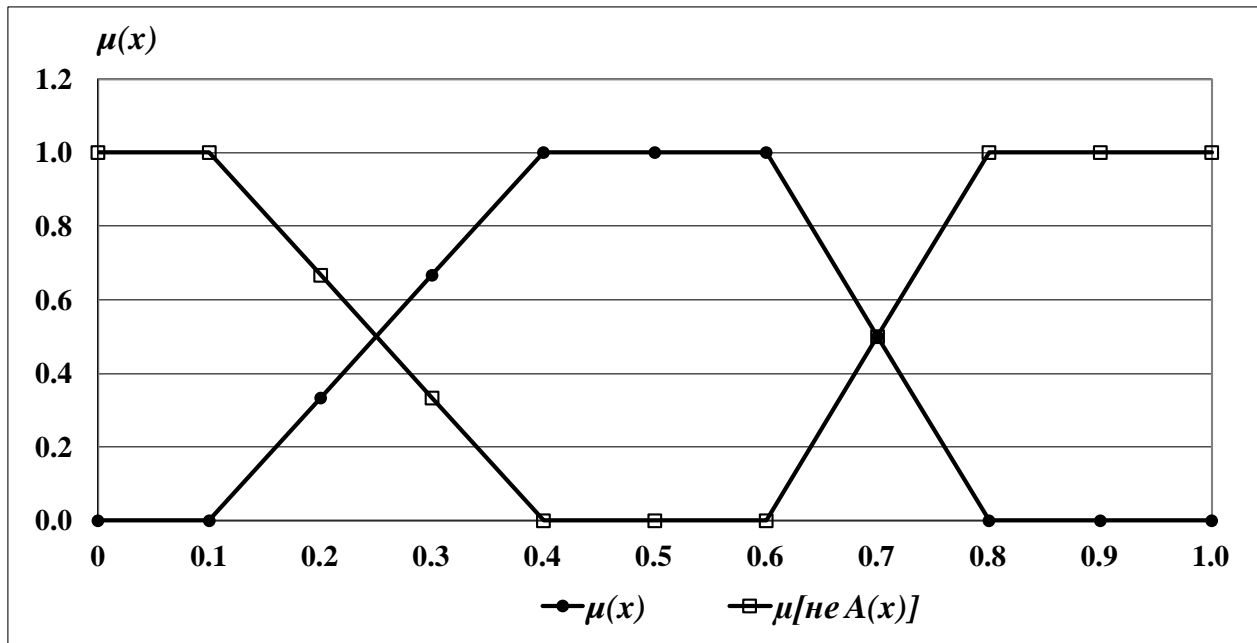


Рис.5.4. Функции принадлежности отрицания нечетких множеств.

### Лингвистическая переменная

Заде определяет лингвистическую переменную как:

$$\Omega = [\omega, T(\omega), U, G, M], \quad (5.4)$$

где  $\omega$  – название переменной,  $T$  – терм-множество значений, т.е. совокупность ее лингвистических значений,  $U$  – носитель,  $G$  – синтаксическое правило, порождающее термы множества  $T$ ,  $M$  – семантическое правило, которое каждому лингвистическому значению  $\omega$  ставит в соответствие его смысл  $M(\omega)$ , причем  $M(\omega)$  обозначает нечеткое подмножество носителя  $U$ .

Вернемся к примеру нечеткого множества, функция принадлежности которого показана на рис.5.1. Зададим лингвистическую переменную  $\Omega =$  «Доступные по цене сигареты для небогатых». Определим синтаксическое правило  $G$  как определение «доступные», налагаемое на переменную  $\Omega$ . Тогда можно определить полное терм-множество значений  $T = \{ T_1 = \text{Доступные сигареты для небогатых}, T_2 = \text{Недоступные сигареты для небогатых} \}$ .

Носителем  $U$  выступает отрезок  $[20, 80]$ , измеряемый в рублях. И на этом носителе определены две функции принадлежности: для значения  $T_1$  :  $\mu_{T_1}(x)$ , (она изображена на рис. 5.1) и для значения  $T_2$  :  $\mu_{T_2}(x) = 1 - \mu_{T_1}(x)$ , при-

чем первая из них отвечает нечеткому подмножеству  $M_1$ , а вторая –  $M_2$ . Таким образом, конструктивное описание лингвистической переменной завершено.

Субъективные экспертные оценки влияния тех или иных рисков событий на результаты инвестиционного проекта лингвистические переменные позволяют корректно формализовать, т.е. перевести с естественного языка экспертов на математический язык, после чего указанные переменные могут быть использованы в количественных методах анализа рисков. На прилагаемом CD представлена модель нечеткого классификатора, позволяющая решить обратную задачу: преобразование числового значения оценки некоторого риск фактора в его лингвистическую оценку.

### 5.3. Нечеткие числа и операции над ними

*Нечеткое число* – это нечеткое подмножество универсального множества действительных чисел, имеющее *нормальную* и *выпуклую* функцию принадлежности, то есть такую, что

- а) существует такое значение носителя, в котором функция принадлежности равна единице (условие нормальности),
- б) при отступлении от своего максимума влево или вправо функция принадлежности убывает (условие выпуклости).

Рассмотрим два типа нечетких чисел: трапециевидные и треугольные.

#### *Трапециевидные нечеткие числа*

Исследуем некоторую квазистатистику и зададим лингвистическую переменную  $\Omega = \langle \text{Значение параметра } X \rangle$ , где  $X$  – множество значений носителя квазистатистики. Выделим два терм-множества значений:  $T_1 = \langle x \text{ лежит в диапазоне примерно от } a \text{ до } b \rangle$  с нечетким подмножеством  $M_1$  и безымянное значение  $T_2$  с нечетким подмножеством  $M_2$ , причем выполняется  $M_2 = -M_1$ . Тогда функция принадлежности  $\mu_{T_1}(x)$  имеет трапециевидный вид, как показано на рис.5.5.

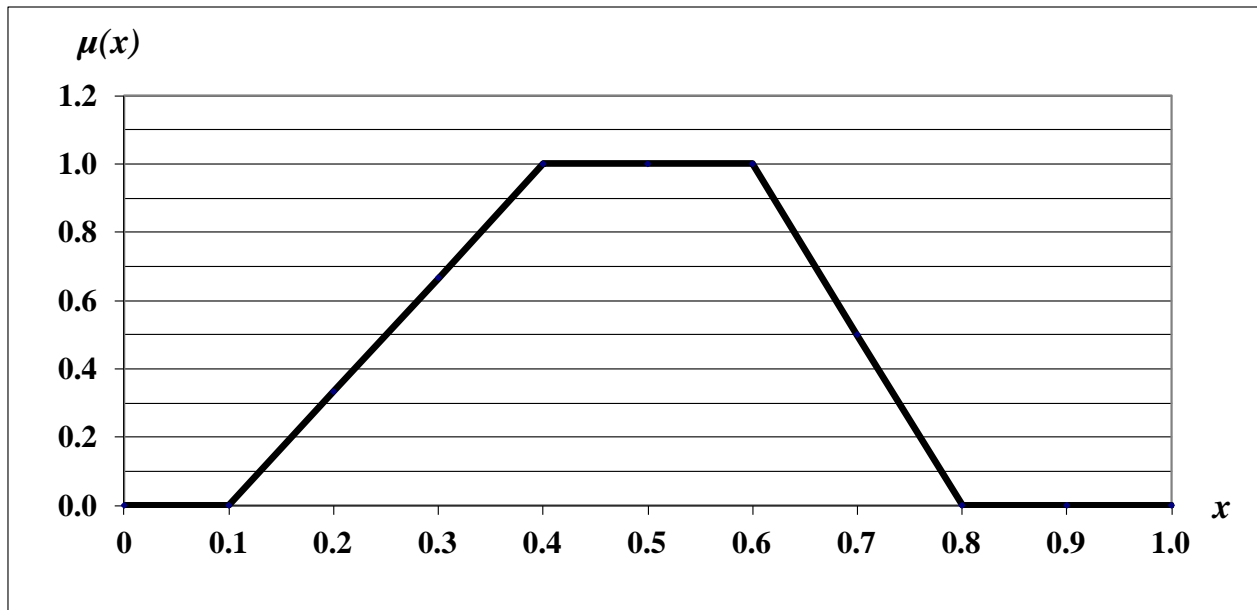


Рис.5.5. Функция принадлежности трапециевидного числа.

Поскольку границы интервала заданы нечетко, то можно ввести их через абсциссы вершин трапеции следующим образом:

$$a = (a_1 + a_2) / 2 = (0.1 + 0.4) / 2 = 0.25$$

и

$$b = (b_1 + b_2) / 2 = (0.6 + 0.8) / 2 = 0.7,$$

при этом расстояние между координатами вершин  $a_1$  и  $a_2$ , или  $b_1$ , и  $b_2$ , соответственно, обуславливается тем, какой смысл мы вкладываем в понятие «*примерно*»: чем больше разброс квазистатистики, тем боковые ребра трапеции являются более пологими. В предельном случае понятие «*примерно*» может выродиться в понятие «*где угодно*».

Если мы оцениваем параметр качественно, например, при высказывании «Это значение параметра является *средним*», необходимо ввести уточняющее высказывание типа «*Среднее* значение – это *примерно* от  $a$  до  $b$ », которое есть предмет экспертной оценки (нечеткой классификации), и тогда можно использовать для моделирования нечетких классификаций трапецие-

видные числа. На самом деле, это самый естественный способ неуверенной классификации.

### *Треугольные нечеткие числа*

Теперь для той же лингвистической переменной зададим термножество  $T_1 = \{x \text{ приблизительно равно } a\}$ . Ясно, что  $a \pm \delta \approx a$ , причем по мере убывания  $\delta$  до нуля степень уверенности в оценке растет до единицы. Это, с точки зрения функции принадлежности, придает последней треугольный вид (рис.5.6), причем степень приближения характеризуется экспертом.

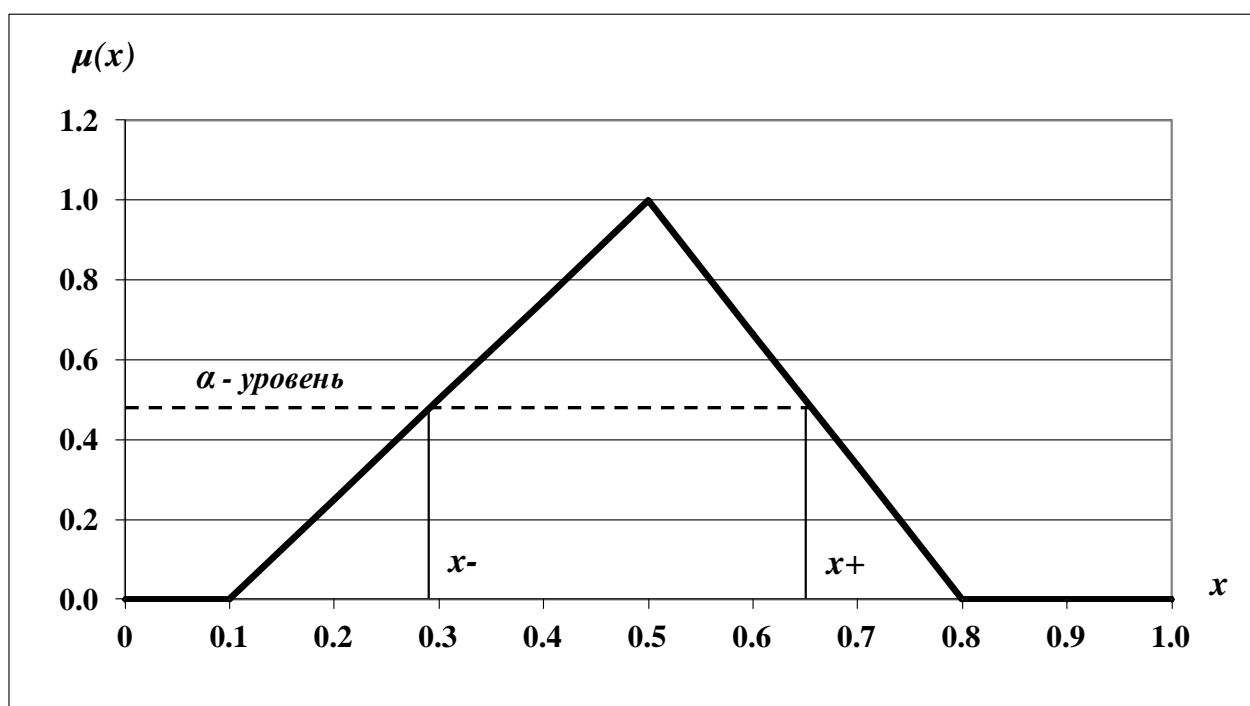


Рис.5.6. Функция принадлежности треугольного нечеткого числа.

Треугольные числа – это самый распространенный на практике тип нечетких чисел, причем чаще всего они используются в качестве прогнозных значений какого-либо параметра. Например, если  $x$  – это объем продаж измеряемый в тысячах единиц какого-либо товара, а  $x = 0,5$  это среднее прогнозное значение, то в данном случае имеем оценку максимально возможных отклонений нечеткого параметра  $x$ :

$$x = 0,5^{+0,3}_{-0,4}$$

### **Операции над нечеткими числами**

Одним из разделов теории нечетких множеств являются мягкие вычисления (нечеткая арифметика) - набор операций над нечеткими числами. Эти операции вводятся через операции над функциями принадлежности, на основе так называемого сегментного принципа.

Определим *уровень принадлежности*  $\alpha$  как ординату функции принадлежности нечеткого числа. Тогда пересечение функции принадлежности с нечетким числом дает пару значений, которые принято называть *границами интервала достоверности* ( $x^-$  и  $x^+$  на рис.5.6).

Зададимся фиксированным уровнем принадлежности  $\alpha$  и определим соответствующие ему интервалы достоверности по двум нечетким числам  $A$  и  $B$ :  $[a_1, a_2]$  и  $[b_1, b_2]$ , соответственно. Тогда основные операции с нечеткими числами сводятся к операциям с их интервалами достоверности. Эти операции с интервалами, в свою очередь, выражаются через операции с действительными числами - границами этих интервалов:

операция «сложения»:

$$[a_1, a_2] (+) [b_1, b_2] = [a_1 + b_1, a_2 + b_2], \quad (5.5)$$

операция «вычитания»:

$$[a_1, a_2] (-) [b_1, b_2] = [a_1 - b_2, a_2 - b_1], \quad (5.6)$$

операция «умножения»:

$$[a_1, a_2] (\times) [b_1, b_2] = [a_1 \times b_1, a_2 \times b_2], \quad (5.7)$$

операция «деления»:

$$[a_1, a_2] (/) [b_1, b_2] = [a_1 / b_2, a_2 / b_1], \quad (5.8)$$

операция «возведения в степень»:

$$[a_1, a_2] (^) i = [a_1^i, a_2^i]. \quad (5.9)$$

Из приведенных операций с трапециевидными числами можно сделать ряд важных утверждений (без доказательства):

- действительное число есть частный случай треугольного нечеткого числа;
- сумма треугольных чисел есть треугольное число;
- треугольное (трапециевидное) число, умноженное на действительное число, есть треугольное (трапециевидное) число;
- сумма трапециевидных чисел есть трапециевидное число;
- сумма треугольного и трапециевидного чисел есть трапециевидное число.

Анализируя свойства нелинейных операций с нечеткими числами (например, деления), исследователи приходят к выводу, что форма функций принадлежности результирующих нечетких чисел часто близка к треугольной. Это позволяет аппроксимировать результат, приводя его к треугольному виду. Тогда *операции с треугольными числами сводятся к операциям с абсциссами вершин их функций принадлежности*. То есть, если мы вводим описание треугольного числа набором абсцисс вершин  $(a, b, c)$ , то можно записать:

$$(a_1, b_1, c_1) + (a_2, b_2, c_2) \equiv (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2). \quad (5.10)$$

Это – самое распространенное правило мягких вычислений [75].

#### 5.4. Нечеткие функции

*Поле нечетких чисел* – это несчетное множество нечетких чисел.

*Нечеткая функция* – это взаимно однозначное соответствие двух полей нечетких чисел. Для наших приложений областью определения нечеткой функции является ось действительных чисел, то есть вырожденный случай поля нечетких чисел, когда их треугольные функции принадлежности вырождаются в точку с координатами  $(a, 1)$ .

Нечеткую функцию уместно назвать по типу тех чисел, которые характеризуют область ее значений. Если поле значений – это поле треугольных чисел, то и саму функцию будем называть *треугольной*. Например, прогноз продаж компании (нарастающим итогом) задан тремя функциями вещественной переменной:  $f_1(t)$  – оптимистичный прогноз,  $f_2(t)$  – пессимистичный прогноз,  $f_3(t)$  – среднеожидаемые значения продаж, где  $t$  – время прогноза. Тогда лингвистическая переменная «Прогноз продаж в момент  $t$  есть треугольное число  $(f_1(t), f_2(t), f_3(t))$ », а все прогнозное поле есть треугольная нечеткая функция (рис.5.7), имеющая вид криволинейной полосы.

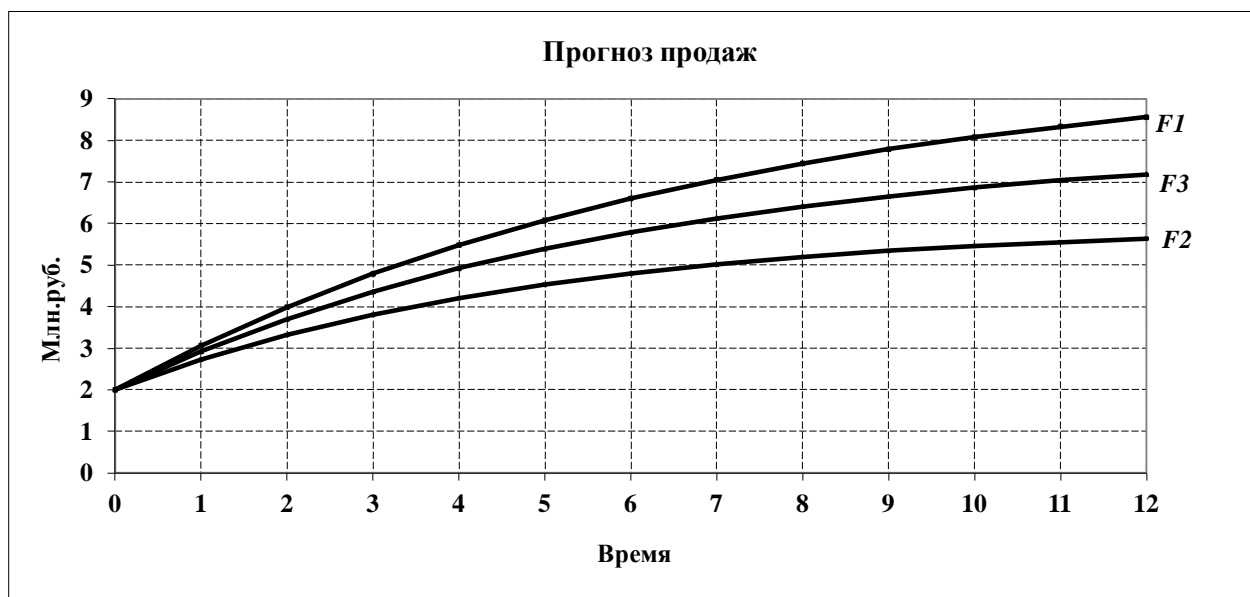


Рис.5.7. Три сценария нечеткого прогноза продаж.

Рассмотрим без доказательства ряд операций над треугольными нечеткими функциями:

- **сложение:** сумма (разность) треугольных функций есть треугольная функция;
- **умножение на число** переводит треугольную функцию в треугольную функцию;
- **дифференцирование (интегрирование)** треугольной нечеткой функции проводится по правилам вещественного дифференцирования (интегрирования):

$$\frac{d}{dt}(f_1(t), f_2(t), f_3(t)) = \left( \frac{d}{dt}f_1(t), \frac{d}{dt}f_2(t), \frac{d}{dt}f_3(t) \right), \quad (5.11)$$

$$\int (f_1(t), f_2(t), f_3(t)) dt = \left( \int f_1(t) dt, \int f_2(t) dt, \int f_3(t) dt \right) \quad (5.12)$$

Функция, зависящая от нечеткого параметра, является нечеткой. Для вычисления значений функции, зависящей от нечетких переменных можно использовать  $\alpha$ -уровневый принцип обобщения.

### ***$\alpha$ -уровневый принцип обобщения***

Если  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  - функция от  $n$  независимых переменных и аргументы  $x_i$  заданы нечеткими числами:

$$\tilde{x}_i = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (x_{i,\alpha}^-, x_{i,\alpha}^+), i = \overline{1, n}, \text{ где } x_{i,\alpha}^\pm \text{ - верхняя и нижняя абсцисса}$$

$\alpha$ -уровня, как показано на рис. 5.6, то значением функции  $\tilde{Y} = f(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n)$  называется нечеткое число:

$$\tilde{Y} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (Y_\alpha^-, Y_\alpha^+), \text{ где нижняя граница } \alpha\text{-уровня:}$$

$$Y_\alpha^- = \inf_{x_{i,\alpha} \in [x_{i,\alpha}^-, x_{i,\alpha}^+], i = \overline{1, n}} \{ f(x_{1,\alpha}, x_{2,\alpha}, \dots, x_{n,\alpha}) \} \text{ и верхняя граница}$$

$\alpha$ -уровня:

$$Y_\alpha^+ = \sup_{x_{i,\alpha} \in [x_{i,\alpha}^-, x_{i,\alpha}^+], i = \overline{1, n}} \{ f(x_{1,\alpha}, x_{2,\alpha}, \dots, x_{n,\alpha}) \}.$$

Применение  $\alpha$ -уровневого принципа обобщения сводится к решению для каждого  $\alpha$ -уровня следующей задачи оптимизации:



*найти минимальное и максимальное значения функции  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  при условии, что аргументы могут принимать значения из соответствующих  $\alpha$ -уровневых множеств.*

Количество  $\alpha$ -уровней выбирается с таким расчетом, чтобы обеспечить необходимую точность вычислений.

После небольшого экскурса в теорию нечетких множеств можно вернуться к проблеме оценки одновременного влияния совокупности рисков на инвестиционный проект.

## 6. Нечеткая оценка влияния совокупности рисков

### 6.1. Модель нечеткого относительного отклонения целевой функции

Ранее мы получили следующую линейную модель (3.2) для полного относительного отклонения целевой функции:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \sum_i S_{x_i}^Y \frac{\Delta x_i}{x_i} \dots \forall i: \overline{1, m} \quad (6.1)$$

при воздействии  $m$  рисков. Если относительные отклонения риск-параметров  $x$ , входящие в эту формулу, являются нечеткими числами треугольного типа, то и относительное отклонение целевой функции  $Y$  будет нечетким числом треугольного типа для любого момента времени в силу линейности модели. Вершины треугольников всех указанных нечетких чисел будут находиться в начале координат, т.е. при  $x = 0$ . В этом случае для нахождения наибольшего нечеткого относительного отклонения целевой функции  $Y$  с помощью  $\alpha$ -уровневого принципа обобщения достаточно рассмотреть лишь один уровень при  $\alpha = 0$ . Это будет соответствовать наибольшей ширине интервала неопределенности целевой функции.

Для каждого нечеткого относительного отклонения риск-параметра  $x$  с помощью экспертных оценок определим границы интервалов неопределенности (см. матрицу рисков, полученную ранее):

$$\frac{\Delta x_i}{x_i} \in [a_i^-, a_i^+], \forall i \quad (6.2)$$

Относительное отклонение любого риск-параметра можно с учетом (6.2) можно представить соответствующим нечетким числом треугольного вида, как показано ниже на рис.6.1.

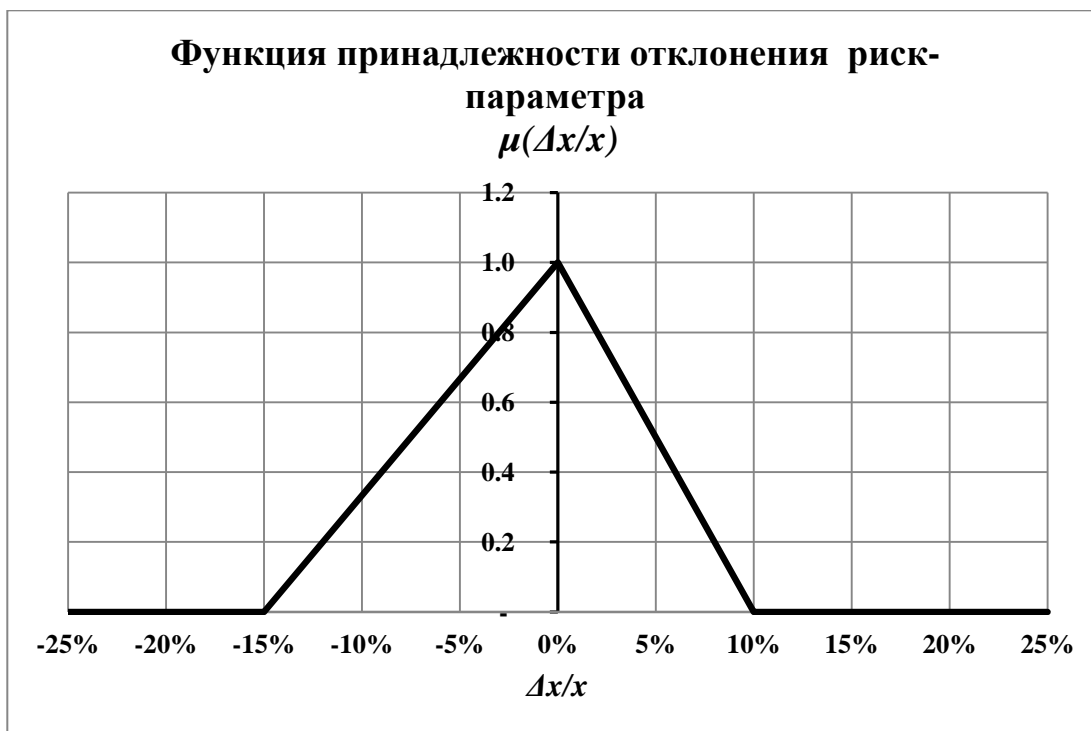


Рис.6.1. Пример нечеткого риск-параметра треугольного вида.

Тогда, нечеткое относительное отклонение целевой функции при воздействии совокупности рисков будет:

$$\frac{\Delta Y}{Y} \in [b^-, b^+], \forall i \quad , \quad (6.3)$$

где нижняя и верхняя границы:

$$b^- = \sum_i \min(S_{x_i}^Y a_i^-, S_{x_i}^Y a_i^+) \quad (6.4)$$

и

$$b^+ = \sum_i \max(S_{x_i}^Y a_i^-, S_{x_i}^Y a_i^+) \quad (6.5)$$

Согласно свойствам нечетких функций (см. раздел 5) нечеткое относительное отклонение целевой функции при воздействии любого нечеткого риск-параметра, либо совокупности параметров, будет также иметь треугольный вид, пример которого показан на рис.6.2.



Рис.6.2. Пример нечеткой целевой функции треугольного вида.

Данный метод расчетов гарантирует, что при любых вариациях риск-параметров, заданных в пределах (6.2), отклонение целевой функции не выйдет за пределы интервала неопределенности (6.4 и 6.5). Если рассчитывать границы отклонений целевой функции  $Y$  треугольного вида при  $\alpha \neq 0$ , то границы интервалов неопределенности риск-параметра в (6.2) необходимо выбрать как:

$$a_{i,\alpha}^{\pm} = a_i^{\pm} (1 - \alpha). \quad (6.6)$$

## 6.2. Пример нечеткого анализа влияния совокупности рисков

Для инвестиционного проекта, модель которого была рассмотрена ранее, был проведен анализ влияния совокупности рисков. В качестве примера для двух значений  $\alpha$ -уровней были выбраны границы интервалов неопределенности ( $x^-$ ,  $x^+$ ) относительных отклонений риск-параметров, показанные в таблице ниже.

Таблица 6.1. Интервалы неопределенности для риск-параметров.

Риск-параметр	Обозначение	$\alpha = 0$		$\alpha = 0,5$	
		$x-$	$x+$	$x-$	$x+$
Натуральные объемы продаж	$Q1 - Q5$	-10%	+5%	-5%	+2,5%
Условно-переменные и условно-постоянные затраты (по всем статьям)	$VC, TC$	-2%	+5%	-1%	+2,5%
Инвестиционные затраты (по всем статьям)	$In$	-2%	+5%	-1%	+2,5%

При  $\alpha = 0$  имеем максимальную ширину интервала неопределенности, а при  $\alpha = 1$  ширина указанного интервала равна нулю, т.е. наиболее возможное событие (функция принадлежности равна единице). Поскольку это два крайних состояния, вероятности которых нам неизвестны, то в соответствии с принципом Байеса мы должны считать их вероятности одинаковыми, т.е. равными 0,5. Вот почему для наших расчетов мы выбираем  $\alpha = 0,5$ .

В качестве целевых функций были выбраны:

- накопленное сальдо денежных потоков ( $ASCF$ ),
- накопленный чистый денежный поток ( $ANCF$ ).

Далее в пределах всего горизонта планирования с помощью (6.1 – 6.6), используя ранее найденные глобальные функции чувствительности, были определены границы доверительных интервалов указанных целевых функций. Результаты расчетов при  $\alpha = 0,5$  показаны на рисунках ниже. Как видно из приведенных на рис.6.3 кривых, наиболее «опасным» является 4-й период жизни инвестиционного проекта с точки зрения управления его расчетным счетом. Кроме того, в зоне наибольшего риска границы отклонений накопленного сальдо денежных потоков  $ASCF$  меньше чем те же границы накопленного чистого денежного потока  $ANCF$  (см. рис.6.4).

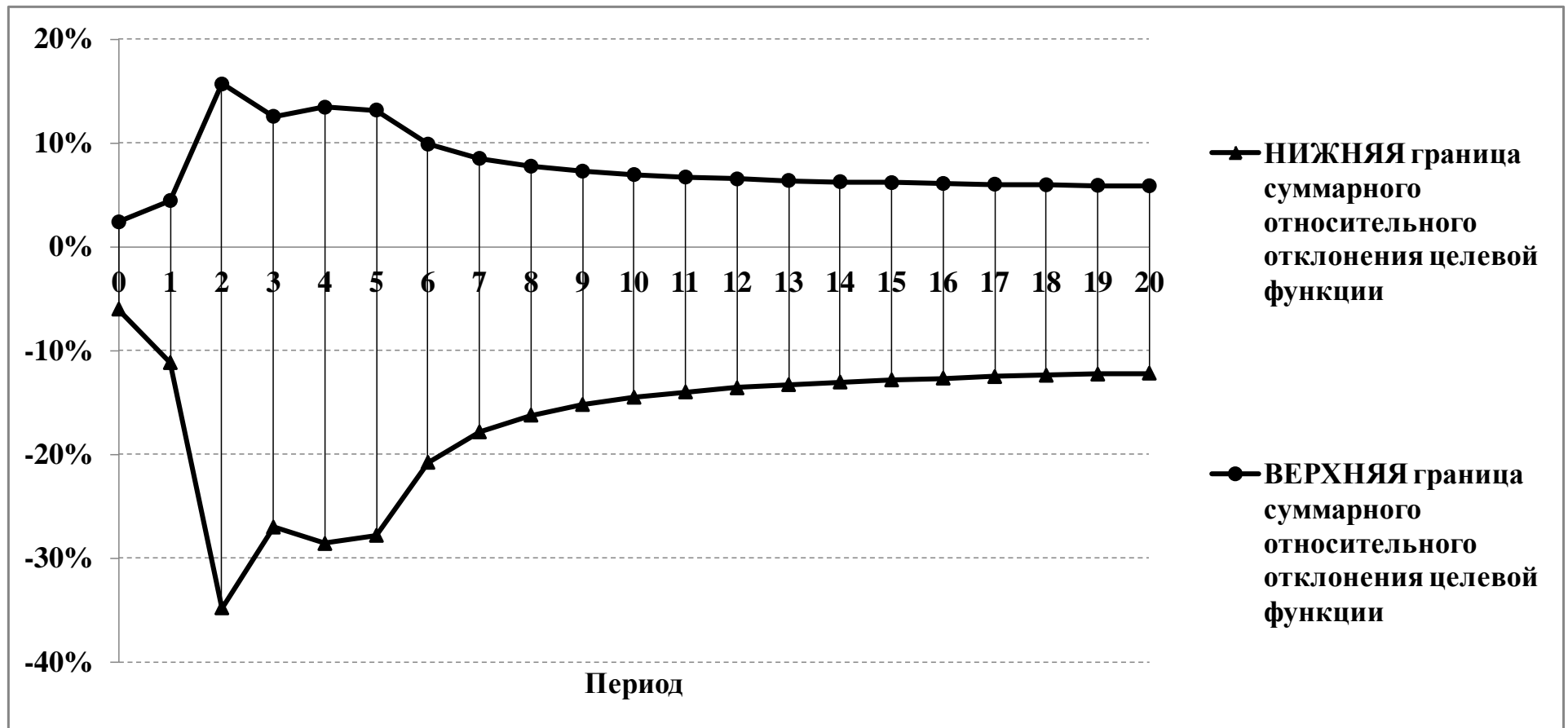


Рис.6.3. Верхняя и нижняя границы суммарных относительных отклонений накопленного сальдо денежных потоков (*ASCF*) для  $\alpha = 0,5$ .

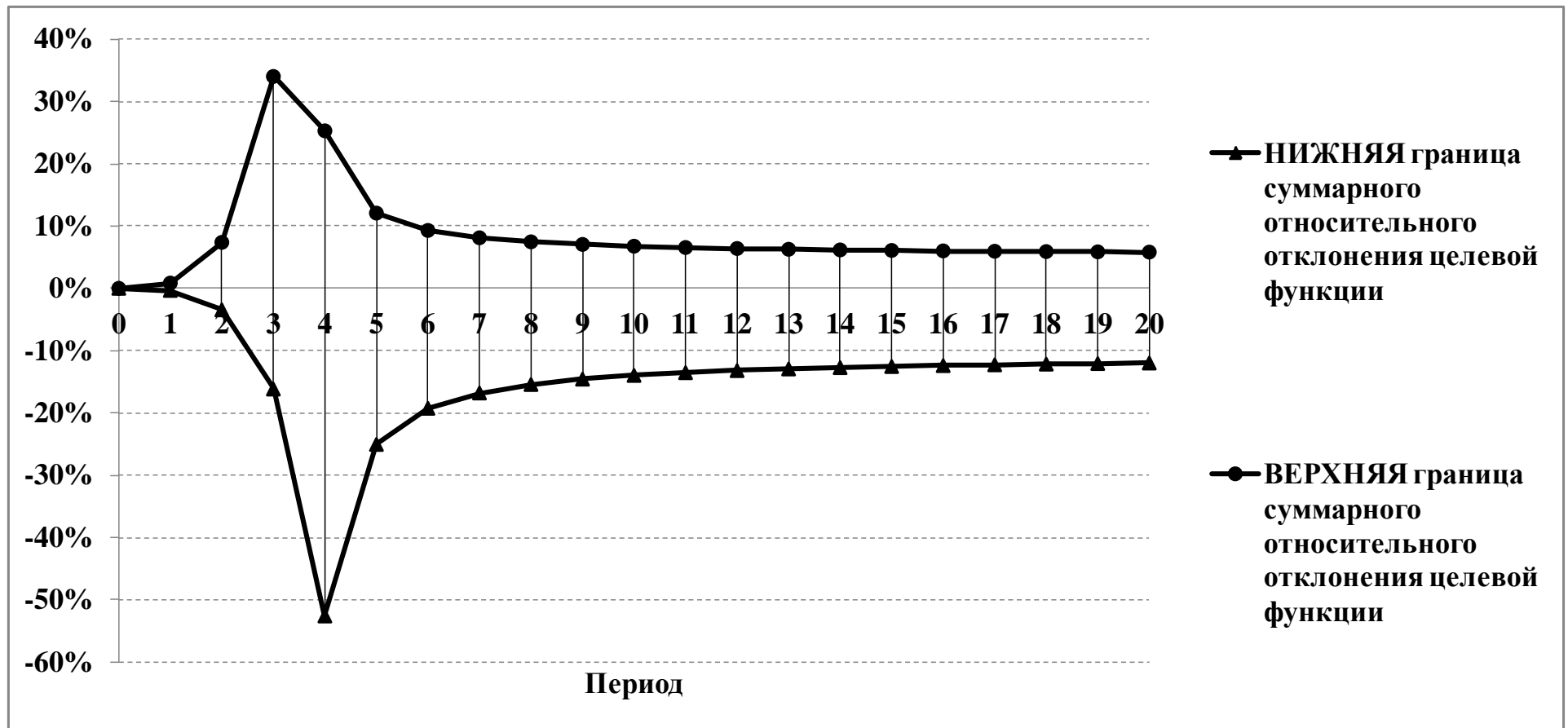


Рис.6.4. Верхняя и нижняя границы относительных отклонений накопленного чистого денежного потока (*ANCF*) для  $\alpha = 0,5$ .

Это объясняется тем, что накопленный чистый денежный поток становится положительным лишь между третьим и четвертым периодами, в то время как накопленное сальдо финансовых потоков (состояние расчетного счета проекта) все это время остается положительным и поэтому менее чувствительно к воздействию рисков. К концу горизонта планирования относительные отклонения обеих целевых функций приближаются друг к другу.

Полученные границы максимально возможных отклонений целевых функций при воздействии совокупности рисков являются по сути своей оценками на наихудший (отрицательные значения на графике) и наилучший случай (положительные значения на графике). Мы, таким образом, получили две крайние оценки: случай позитивного варианта сценария и случай негативного варианта сценария. Эти оценки справедливы, если предположить, что все неприятности (или все позитивные шансы) произойдут непременно.

Практически такая ситуация маловероятна и чем больше рисков событий мы будем включать в рассмотрение, тем менее вероятно, что они все непременно произойдут в одно и то же время. Далее мы попытаемся найти более реалистичные оценки указанных границ с учетом вероятностей появления различных совокупностей событий из  $N$  возможных событий.

### **6.3. Оценка вероятности одновременного воздействия случайной комбинации рисков событий из заданной совокупности рисков**

Как известно [8], число комбинаций из  $N$  событий по  $k$  будет:

$$C_N^k = \frac{N!}{k!(N-k)!} \quad (6.7)$$

Если случайная  $k$ -совокупность выбрана из  $N$  независимых случайных событий, то вероятность ее появления будет:



$$p_k = \frac{C_N^k}{\sum_{i=0}^N C_N^i} \quad (6.8)$$

$$\text{при этом } \sum_{k=0}^N p_k = 1$$

Здесь  $k = 0$  соответствует ситуации, когда не произошло ни одно событие из  $N$  событий, причем вероятность такого исхода, как следует из (6.8), будет:

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^N C_N^i} \quad (6.9)$$

Ниже в таблице 6.2 приведены значения вероятностей, рассчитанных по формуле (6.8).

Следует заметить, что мы не определяем вероятность значения отдельно взятого рисковогó события. Если возможные значения образуют континуум, то вероятность каждого из них стремится к нулю. Мы можем априори рассчитать лишь вероятности одновременного появления некоторой случайной совокупности рисковогó событий из конечного числа таких совокупностей.

Таблица 6.2. Вероятности случайного выбора  $k$ -совокупности из  $N$  событий.

**Число комбинаций**

$k$	$N$	$1$	$2$	$3$	$4$	$5$	$6$	$7$	$8$	$9$	$10$	
$0$		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
$1$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$2$			1	3	6	10	15	21	28	36	45	
$3$				1	4	10	20	35	56	84	120	
$4$					1	5	15	35	70	126	210	
$5$						1	6	21	56	126	252	
$6$							1	7	28	84	210	
$7$								1	8	36	120	
$8$									1	9	45	
$9$										1	10	
$10$											1	
<b>Вероятности</b>	$k$	$N$	$1$	$2$	$3$	$4$	$5$	$6$	$7$	$8$	$9$	$10$
	$0$		50.0%	25.0%	12.5%	6.3%	3.1%	1.6%	0.8%	0.4%	0.2%	0.1%
	$1$		50.0%	50.0%	37.5%	25.0%	15.6%	9.4%	5.5%	3.1%	1.8%	1.0%
	$2$			25.0%	37.5%	37.5%	31.3%	23.4%	16.4%	10.9%	7.0%	4.4%
	$3$				12.5%	25.0%	31.3%	31.3%	27.3%	21.9%	16.4%	11.7%
	$4$					6.3%	15.6%	23.4%	27.3%	27.3%	24.6%	20.5%
	$5$						3.1%	9.4%	16.4%	21.9%	24.6%	24.6%
	$6$							1.6%	5.5%	10.9%	16.4%	20.5%
	$7$								0.8%	3.1%	7.0%	11.7%
	$8$									0.4%	1.8%	4.4%
	$9$										0.2%	1.0%
	$10$											0.1%
	<b>Сумма вероятностей:</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

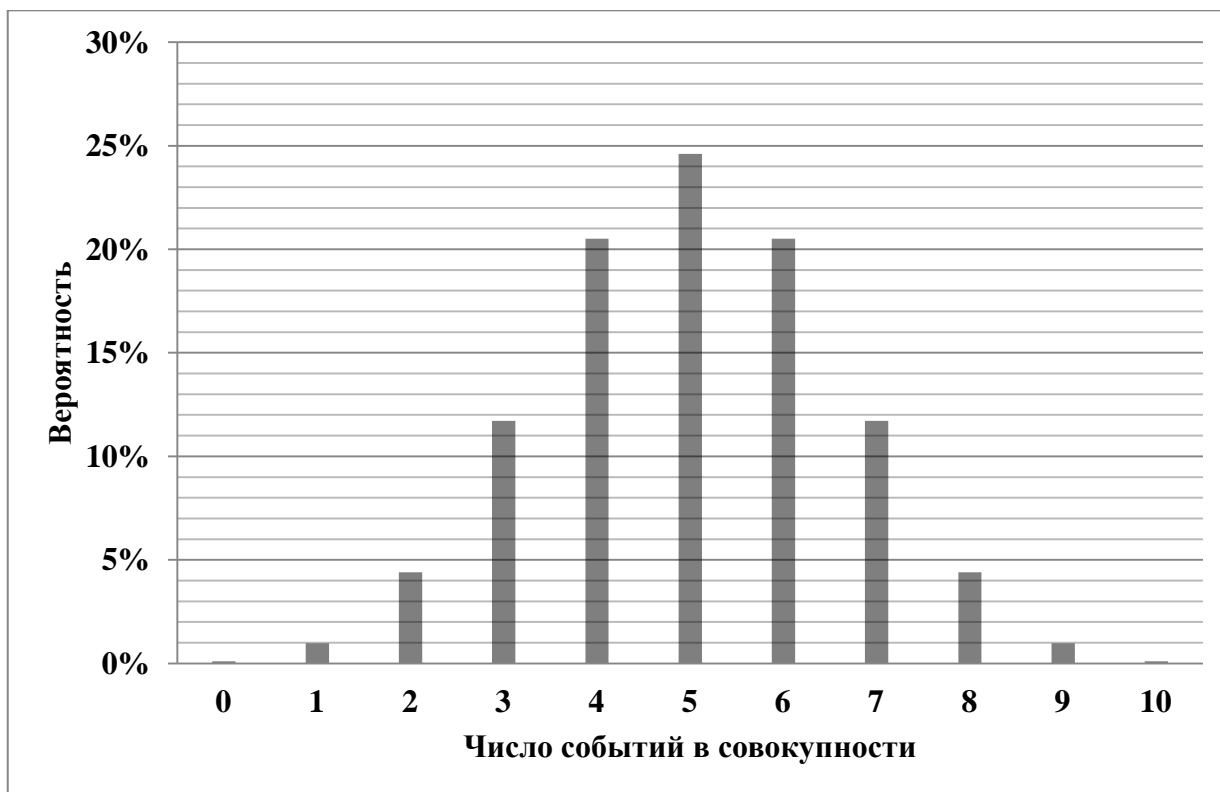


Рис.6.5. Вероятности одновременного действия различных совокупностей рисков событий.

#### 6.4. Нечеткая оценка математического ожидания границ отклонения целевой функции при одновременном воздействии совокупности рисков

В Приложении 3 приведено доказательство сформулированной нами теоремы, из которой следует, что при воздействии на экономическую систему (фирма, инвестиционный проект и др.) одновременно любой случайной  $k$ -совокупности из множества независимых  $N$  рисков событий, математическое ожидание относительного отклонения целевой функции системы (с учетом ее чувствительности к этим рискам) будет вдвое меньше, чем в предположении, что все  $N$  рисков будут действовать одновременно (наихудший случай).

$$MO\left\{\sum_{i=1}^{N_k} \frac{\Delta Y_{ik}}{Y} \mid \forall k\right\} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \frac{\Delta Y_i}{Y} \quad (6.10)$$

Здесь  $\Delta Y_i$  – абсолютное отклонение целевой функции при воздействии  $i$ -го риска с интенсивностью  $\Delta x_i$ , а в фигурных скобках в (6.10) указаны суммы относительных отклонений для всех  $k$ -совокупностей рисков. Таким образом, с помощью (6.10) может быть получена более реалистичная оценка влияния совокупности рисков, чем оценка в наихудшем варианте.

С учетом вышеизложенного рассчитаем новые более реалистичные границы относительных отклонений целевых функций при одновременном воздействии совокупности рисков на инвестиционный проект. Ниже на рисунках приведены соответствующие кривые для указанных границ.

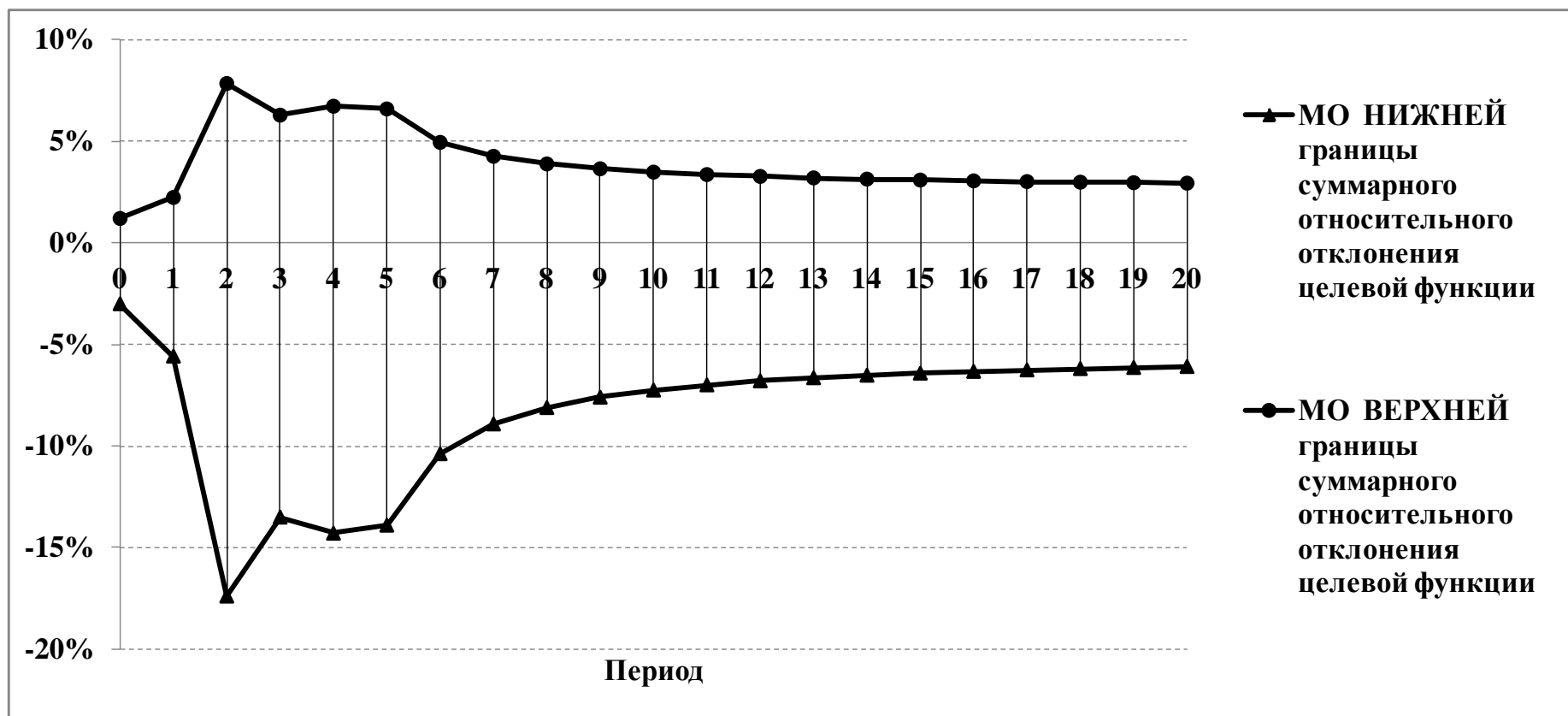


Рис. 6.6. Математическое ожидание границ относительного отклонения целевой функции  $ASCF(T)$ .

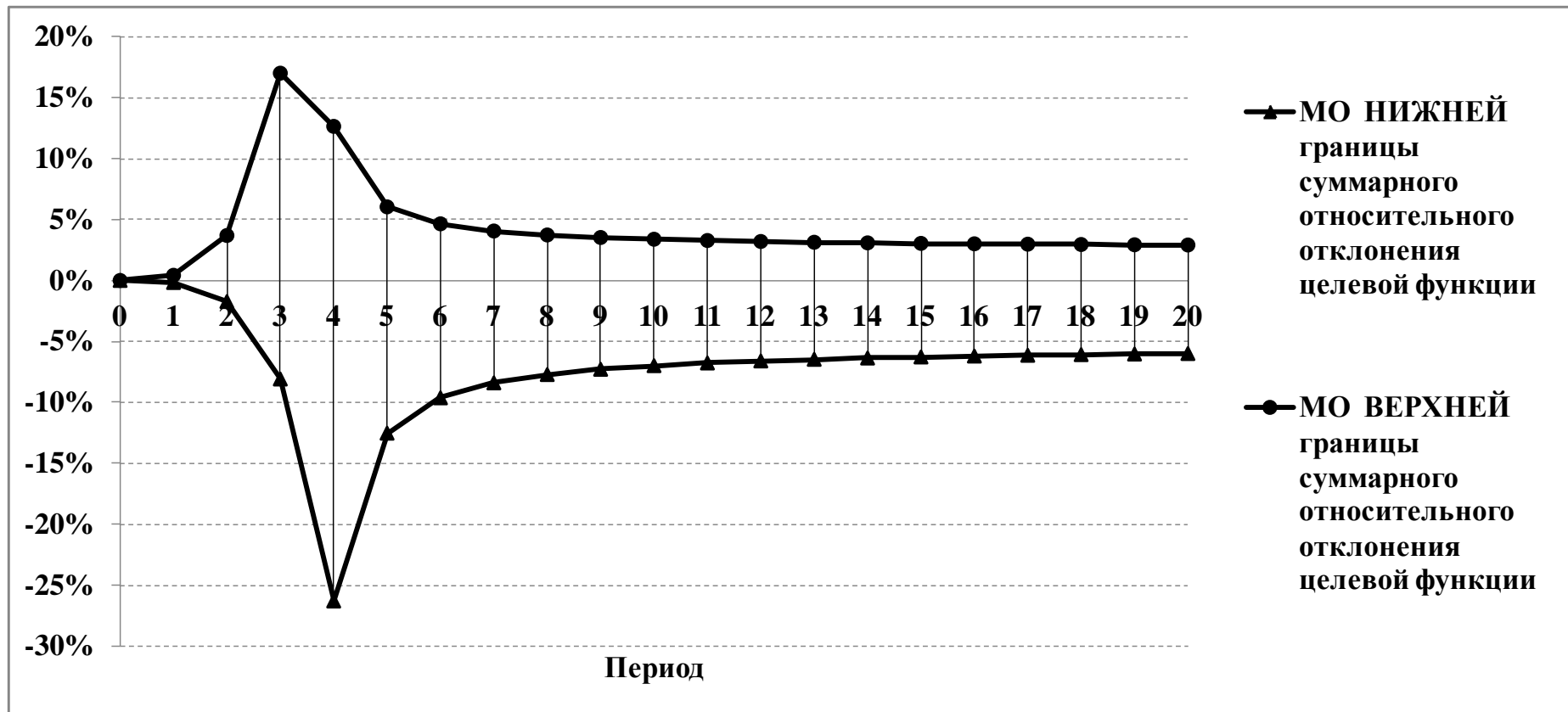


Рис. 6.7. Математическое ожидание границ относительного отклонения целевой функции  $ANCF(T)$ .

## 6.5. Чувствительность и сценарный подход к риск-анализу

В ряде работ по анализу рисков [1, 20, 26] метод сценариев рассматривается как альтернатива анализу чувствительности. При этом авторы, приписывая «однофакторность» методу чувствительностей, делают вывод о том, что последний непригоден для анализа влияния совокупности рисков и предлагают сценарный подход. На наш взгляд такой вывод неправомерен. Развиваемый нами метод чувствительностей позволяет с иных позиций смотреть на суть сценарного подхода. С помощью рассмотренных выше функций чувствительности и соответствующих моделей можно количественно оценить влияние совокупности рисков для любого сценария развития бизнеса. Можно, наконец, сравнивать степени рискованности этих сценариев между собой.

Для любого инвестиционного проекта или бизнеса в целом, можно представить множество сценариев их реализации. Далее для каждого сценария можно выделить три варианта его реализации:

- оптимистический,
- средний (наиболее возможный),
- пессимистический.

Эти варианты различаются предельными оценками значений риск-параметров, которые могут принимать благоприятные или неблагоприятные для бизнеса величины. Если выбранная целевая функция (например, *NPV*) явно зависит от указанных параметров, то можно без расчета чувствительностей оценить значение этой функции в наилучшем (шанс) и в наихудшем (риск) случае. Заметим, что такой анализ является весьма грубым и не вполне реалистичным. Он не позволяет судить о динамике влияния рисков, не дает возможности выявить наиболее рискованные периоды «жизни» бизнеса, не позволяет оперативно сравнивать влияние различных факторов риска между собой.

Сценарии развития бизнеса могут различаться по выбранным стратегиям. Например, одну и ту же бизнес идею можно реализовать:

- приобретая производственные площади в собственность фирмы, либо арендуя последние;
- выбирая различные виды технологий или оборудования;
- решая логистические задачи с помощью организации собственного транспортного подразделения, либо арендуя транспортные средства;
- выбирая различные альтернативные каналы сбыта;
- и др.

Как было сказано, для каждого из указанных сценариев возможны три варианта его реализации: оптимистический, средний и пессимистический. Корректную количественную оценку рискованности каждого сценария и его вариантов можно сделать с помощью предложенного нами метода функций чувствительности в сочетании с теорией нечетких множеств. Если имеются подходящие модели Cash-Flow для выбранных сценариев, то риск-анализ может быть проведен весьма оперативно и в полном объеме.

### **6.6. Нечеткая оценка рисковой составляющей в ставке дисконта**

Рассмотрим еще один пример использования описанной методики анализа влияния совокупности рисков. Для расчета  $NPV(T)$  значение ставки дисконтирования очень часто выбирают равной средневзвешенной банковской ставке по коммерческим инвестиционным кредитам в регионе, где предполагается реализация инвестиционного проекта. Таким образом, выбранная ставка будет характеризовать цену заемного капитала. Банковская ставка учитывает темп инфляции, банковские риски и необходимую для банка маржу. За неимением лучшего приходится для разрабатываемого инвестиционного проекта выбирать таким способом ставку дисконтирования.

Однако для конкретного инвестиционного проекта весьма желательно помимо инфляции и ставки альтернативных безрисковых вложений, учесть



специфические риски данного проекта. Это можно сделать, если воспользоваться классическим определением ставки дисконтирования через три ее составляющие [15]:

$$1 + d = (1 + a)(1 + i)(1 + r), \quad (6.11)$$

где:

$d$  – годовая ставка дисконта,

$a$  – безрисковая коммерческая ставка дисконта,

$i$  – годовой темп инфляции,

$r$  – рисковая поправка.

Безрисковая коммерческая ставка дисконта  $a$  может устанавливаться в соответствии с требованиями к минимально допустимой будущей доходности сделанных инвестиций, определяемой в зависимости от депозитных ставок банков первой категории надежности (после исключения инфляции). При оценке безрисковой ставки дисконта можно ориентироваться на скорректированную, на годовой темп инфляции рыночную ставку доходности по долгосрочным (не менее 2-х лет) государственным облигациям.

Иногда ориентируются на ставку LIBOR<sup>1</sup> по годовым еврокредитам, освобожденной от инфляционной составляющей, т.е. около 4 – 6 % годовых.

В [15] можно найти описание различных видов риска, которые следует учесть в определении величины рискованной поправки  $r$ , однако методика количественной оценки этих рисков отсутствует. Разработчику проекта приходится опираться на свои субъективные представления о степени его рискованности и на мнения экспертов. Все это вносит значительную долю субъективизма в расчет такого важного показателя эффективности как  $NPV(T)$ .

---

<sup>1</sup> LIBOR – London Interbank Offered Rate – годовая процентная ставка, принятая на Лондонском рынке банками первой категории для оплаты их взаимных кредитов в различной валюте и на различные сроки. Обычно она служит основой для определения ставок, применяемых к займам в валюте на Лондонском рынке и основных европейских биржах при операциях с евровалютами. Ставка LIBOR включает инфляцию, поэтому при расчете ставки дисконта следует из среднегодовой величины этой ставки вычесть годовой темп инфляции в соответствующей стране еврозоны.

Рассмотрим методику, которая позволит в значительной степени снизить упомянутый выше субъективизм при количественной оценке рисков составляющей ставки дисконта [9, 11].

1. Вначале выполняем расчет  $NPV_{\text{оп}}(T=20)$  при безрисковой ставке дисконта. В рассмотренном примере в качестве такой ставки была взята величина  $d_0 = 10\% + 4\% = 14\%$ , в которой годовой темп инфляции составлял 10%. При этом в конце горизонта планирования  $NPV_{\text{оп}}(T=20) = 33\,184$  тыс. руб.

2. Затем для выбранных возможных отклонений риск-параметров (таблица 6.1) с помощью нечеткой модели находим относительное отклонение целевой функции  $NPV_{\text{оп}}(T=20)$  в сторону ее уменьшения при воздействии совокупности рисков. В нашем примере это отклонение в конце горизонта планирования составило  $-8,43\%$  (см. рис.6.6 или таблицу в файле *Sensitiv\_2014\_new*, лист *MultyRisk*, математическое ожидание нижней границы относительного отклонения целевой функции  $NPV(T=20)$ ).

3. Вычисляем в конце горизонта планирования предельное значение  $NPV(T=20) = 33\,184 * (1 - 8,43\% / 100\%) = 30\,387$  тыс. руб., которое меньше исходного  $NPV_{\text{оп}}(T=20)$  за счет действия совокупности рисков.

4. Возвращаемся к исходной модели и с помощью опции «Подбор параметра» в *EXCEL* находим то значение ставки дисконта  $d$ , при которой  $NPV(T=20) = 30\,387$  тыс. руб. В нашем случае эта ставка  $d = 16,67\%$  будет искомой ставкой дисконта с учетом всех заложенных рисков.

5. Теперь рисковая составляющая  $r$  ставки дисконта может быть легко найдена из выражения (6.11), а именно:

$$1 + r = (1 + d) / (1 + d_0) = (1 - 16,67\% / 100) / (1 - 14\% / 100\%) = 1,0234 ,$$

откуда  $r = 2,34\%$ .

Это реалистичная оценка рисков поправки, т.к. при ее расчете мы использовали математическое ожидание нижней границы относительного отклонения  $NPV$  при воздействии совокупности рисков. Если рассмотреть ситуацию в наихудшем сценарии, то в этом случае получим максимально возможную рисковую поправку равную  $4,7\%$ .

Данная методика позволяет избежать чрезмерного субъективизма, который присутствует при интегральной экспертной оценке величины рисков. Точность предлагаемой методики напрямую зависит от точности прогнозов предельных отклонений риск-параметров. Указанные прогнозы приходится делать всегда на качественном этапе риск-анализа, независимо от выбранного количественного метода оценки влияния рисков. Эти прогнозы будут тем точнее, чем выше качество маркетинговых исследований спроса на товары, реализуемые с помощью данного инвестиционного проекта, чем больше опыт и знания менеджеров проекта об изменчивости и влиянии окружающей бизнес среды.

Далее покажем, как работает метод чувствительностей при анализе рисков кредиторов, если в инвестиционном проекте используются заемные средства.

## 7. Анализ риска кредиторов

### 7.1. Показатели риска кредиторов

Если при реализации проекта используются заемные средства в форме кредитов, то для кредиторов важны гарантии возврата выданных заемных средств, в соответствии с рассчитанной кредитной линией, на основе которой составляется кредитное соглашение (договор). Воспользуемся показателями, которые наиболее часто используются в практике кредитования инвестиционных проектов для оценки финансовой устойчивости (платежеспособности) компании. Все эти показатели являются динамическими, т.е. функциями времени или номера периода планирования и генерируются финансовой моделью в процессе разработки финансового прогноза.

При оценке финансовой устойчивости (платежеспособности) обязательными для расчета являются следующие показатели [5]:

- коэффициент покрытия погашения ссуды и процентов,
- коэффициент покрытия погашения процентов,
- коэффициент текущей задолженности.

По этим показателям кредитор может судить о риске невыполнения кредитного соглашения (первый и второй показатели) и риске не возврата долга при банкротстве компании (третий показатель). Рассмотрим эти показатели подробнее.

#### ***Коэффициент покрытия погашения ссуды и процентов (коэффициент покрытия долгосрочных обязательств)***

Этот коэффициент показывает, насколько предприятие способно осуществлять в текущем периоде запланированные платежи по кредитам (погашение ссуды и уплата процентов) в соответствии с кредитным договором.

Данный показатель рассчитывается по формуле:

$$KППСуП_t = \frac{НС_t + ЧП_t + П_t + A_t + ПЗС_t + ВУК_t - И_t}{П_t + ПД_t}, \quad (7.1)$$

где:

$KППСуП_t$  – коэффициент покрытия погашения ссуды и процентов в периоде  $t$ ;

$НС_t$  – накопленное сальдо денежных потоков на начало периода  $t$ ;

$ЧП_t$  – чистая прибыль в периоде  $t$  после уплаты процентов;

$П_t$  – процентные платежи в периоде  $t$ ;

$A_t$  – амортизационные отчисления в -м периоде  $t$ ;

$ПЗС_t$  – полученные заемные средства в периоде  $t$ ;

$ВУК_t$  – вложения в уставный капитал в периоде  $t$ ;

$И_t$  – инвестиции в основные средства, осуществленные в периоде  $t$ ;

$ПД_t$  –погашаемая часть долга в периоде  $t$ .

Если значение этого показателя меньше либо равно 1, то средств для полного обслуживания задолженности не хватает. При значениях от 1 до 1,5 можно говорить о существовании зоны риска по выполнению кредитного соглашения. Если данный коэффициент больше 1,5, можно говорить о практическом отсутствии риска по исполнению кредитного договора.

В случае если по результатам расчетов в отдельные периоды наблюдается невыполнение указанных выше условий, то для повышения  $KППСуП_t$  следует либо акционерам вложить недостающие средства, либо «растянуть» график погашения долга, т.е. в проблемных периодах снизить величину возвращаемых заемных средств  $ПД_t$ . Снижая, таким образом, риск по исполнению кредитного договора, мы увеличиваем срок кредитования, что ведет к росту процентных выплат банку. Это неизбежная плата за снижение данного вида риска.

### **Коэффициент покрытия погашения процентов**

Этот показатель отличается от предыдущего только знаменателем, в котором указаны лишь проценты по кредиту.

Данный показатель рассчитывается по формуле:

$$KППП_t = \frac{НС_t + ЧП_t + П_t + A_t + ПЗС_t + ВУК_t - I_t}{П_t} \quad (7.2)$$

Этот коэффициент показывает, насколько фирма способна погасить проценты в соответствии с кредитным соглашением. В случае если  $KППП_t < 1$ , собственных средств для уплаты процентов не хватает и погашение взятых обязательств возможно лишь за счет привлечения в данном периоде новых кредитов или дополнительных вложений акционеров. При значениях  $1 < KППП_t < 1.5$  можно говорить о существовании зоны риска по выполнению кредитного соглашения. В случае если значение данного показателя больше 1,5, можно говорить о практическом отсутствии риска неуплаты процентов.

Заметим, что  $KППП_t \geq KППСуП_t \quad \forall t$ , т.к. числители у обоих коэффициентов одинаковы, а знаменатель  $KППСуП_t$  больше, чем знаменатель у  $KППП_t$ . Если анализ  $KППСуП_t$  говорит об отсутствии риска, то необходимость анализировать  $KППП_t$  отпадает. При наличии зоны риска по суммарным обязательствам, полезно знать, существует ли риск неуплаты процентов, для чего и вычисляют  $KППП_t$  по (7.2).

### **Коэффициент текущей задолженности**

Для каждого периода планирования  $КТЗ_t$  есть отношение остатка непогашенных ссуд (кредитов)  $ОНС_t$  к стоимости собственных основных фондов  $СОФ_t$  с учетом их ликвидности, плюс  $ЧП_t$  – чистая прибыль в периоде  $t$  после уплаты процентов, плюс  $П_t$  – проценты по кредитам, уплачиваемые в текущем периоде, плюс накопленное сальдо финансовых потоков  $НС_t$  проекта к началу данного периода  $t$ . Таким образом:

$$КТЗ_t = \frac{ОНС_t}{СОФ_t + ЧП_t + А_t + НС_t} \quad (7.3)$$

Если данный коэффициент меньше единицы в пределах всего горизонта планирования, то это означает, что для кредитора отсутствует риск понести убытки от фирмы, реализующей инвестиционный проект, т.к. даже в случае банкротства, кредитор вернет вложенные средства после продажи имущества фирмы. По международным нормам этот показатель не должен превышать 0,75, т.к. в случае банкротства и распродажи активов предприятия вначале погашаются долги перед государством.

В случае невыполнения данного условия следует изменить структуру финансовых источников в соответствующем периоде за счет увеличения собственных вложений в уставный капитал и соответствующего снижения размеров заемных средств. Таким образом, происходит перераспределение рисков между заемщиком и кредитором.

## 7.2. Пример оценки риска кредиторов

Ниже в таблице 7.1 представлена динамика показателей риска кредиторов для инвестиционного проекта, пример которого был рассмотрен в разделе 5. Срок кредитования составлял пять периодов планирования и заканчивался к началу второго квартала 2015 года.

Таблица 7.1. Показатели кредитования и риска кредиторов.

Наименование	Период	0	1	2	3	4	5	6
	Кварт. Год	0.2014	1.2014	2.2014	3.2014	4.2014	1.2015	2.2015
Коэффициент текущей задолженности	б/р	-	0.70	0.74	0.56	0.15	-	-
Коэффициент покрытия ссуды и процентов	б/р	-	7.20	4.05	3.17	1.82	3.46	-
Коэффициент покрытия процентов	б/р	-	7.20	4.05	11.48	27.41	77.56	-

Как видно из этой таблицы, во втором периоде коэффициент текущей задолженности превышает 0,75, следовательно, существует некоторый риск невозврата ссуды в случае банкротства компании, реализующей данный инвестиционный проект, до начала третьего периода. Показатели *КППСуП* и *КППИ* во всех периодах больше 1,5, что свидетельствует об отсутствии риска нарушения графика погашения ссуды и уплаты процентов, предусмотренных кредитным договором.

Расчет функций чувствительности может представлять определенный интерес и для кредитора. Если в качестве целевой функции выбрать коэффициент покрытия ссуды и процентов, то можно рассчитать функции чувствительности последнего к выбранным риск-параметрам (см. рис. 7.1). На этом рисунке приведен пример для одного из сценариев рассмотренного нами проекта. Таким образом, можно оценить степень рискованности показателей риска кредиторов. Как видно из приведенных кривых срок кредитования заканчивается в 9-м периоде. Наибольшее влияние на коэффициент покрытия погашения ссуды и процентов оказывает объем продаж услуг частным высокодоходным пользователям.





Рис. 7.1. Кривые чувствительности  $KПКСuП(T)$  к натуральным объемам продаж.

## **8. Риск-анализ в задачах управления проектами**

### **8.1. Общая методология риск-анализа**

В управлении любым инвестиционным проектом можно выделить два этапа. Первый, этап – это проектирование, на котором разрабатывается бизнес-план будущего проекта, прогнозируются его результаты. Вторым этапом – это реализация проекта от момента старта до выбранного горизонта планирования. На каждом из этих этапов имеются свои источники рисков. Предположим, что для некоторого проекта выбран сценарий, разработана модель, рассчитаны финансовые показатели и показатели эффективности. Общий алгоритм управления рисками можно представить в следующем виде.

#### **1. Проектирование.**

- 1.1. Качественный анализ** источников риска актуальных для данного проекта с целью определить возможные рисковые события в сферах: технологии, производственном процессе, в коммерческой деятельности (закупки, продажи), в инвестиционном процессе и финансовой деятельности.
- 1.2. Качественный анализ** с целью оценки предельных границ отклонений риск-параметров от расчетных (прогнозных) значений по всему горизонту планирования.
- 1.3.** Установление связей между рисковыми событиями и риск-параметрами модели проекта. Выбор подходящих целевых функций.
- 1.4. Количественный анализ** влияния рисков на основе расчета функций чувствительности в пределах выбранного горизонта планирования по всем риск-параметрам.
- 1.5.** Оптимизация модели с целью снижения влияния рисков.
- 1.6. Количественный анализ** одновременного влияния совокупности рисков. Прогноз возможных убытков при неблагоприятном развитии событий.
- 1.7.** Оценка интегральных показателей степени рискованности проекта.

1.8. Разработка модели финансового мониторинга результатов проекта и мониторинга рискованных показателей.

## 2. Алгоритм риск-анализа в процессе реализации проекта

2.1. Мониторинг результатов деятельности и рискованных событий.

2.2.  $T := 0$ .  $T := T + 1$ .

2.3. В конце очередного периода проводится подведение итогов реализации проекта и анализ расхождений целевых функций плана и факта.

2.4. Анализ причин отклонений риск-параметров в сравнении с прогнозируемыми значениями.

2.5. Принятие решений о корректировке плановых значений и внесение соответствующих изменений параметров в модель.

2.6. Новый прогноз результатов и оценка влияния рисков (см. п.1.4, 1.5, 1.6) в следующем периоде.

2.7. Скорректированная модель становится новым SQ. Создается очередная копия модели для мониторинга следующего периода.

2.8. Если  $T < T_{горизонт}$ , переходим к п. 2.2, в противном случае:

2.9. Конец управления проектом.

## 8.2. Ранжирование риск-параметров проекта

В третьем разделе при анализе влияния совокупности рисков мы использовали линейную модель (3.2), из которой следует, что функции чувствительности играют роль весовых коэффициентов, определяющих степень значимости того или иного риск-параметра. Каждому риск-параметру для выбранной целевой функции соответствует своя функция чувствительности. Вклад каждого риск-параметра в результирующее относительное отклонение целевой функции будет различным и определяется произведением функции чувствительности на относительное отклонение риск-параметра.

Можно ранжировать риск-параметры по степени их влияния для того, чтобы из всей совокупности этих параметров выбрать наиболее значимые для последующего мониторинга. При этом необходимо задать приемлемую сте-

пень погрешности и на ее основе отбросить все несущественные риск-параметры. Это позволит значительно сократить объем работ по мониторингу риск-параметров проекта.

В листе Risks файла Sensitiv\_2014.xls представлены максимальные значения вкладов риск-параметров в результирующее относительное отклонение нижней границы целевой функции в пределах горизонта планирования, а в листе Rang показано соответствующее ранжирование этих вкладов. Если ограничиться накопленной суммой вкладов в размере 95% от максимального значения, то из таблицы 8.1 видно, что для заданной точности анализа вполне достаточно ограничиться 16-ю риск-параметрами из 26-ти. Таким образом, десять риск-параметров (расположенные ниже жирной черты в таблице 8.1) можно отбросить как не существенные. В таблице приняты следующие обозначения:

$\Delta Y(i)/Y$  – вклад  $i$ -го риск-параметра в нижнюю границу относительно-го отклонения целевой функции.

$S1, S2, \dots, S26$  – чувствительности по риск-параметрам.

**Min НГ** – наибольшее (без учета знака) значение нижней границы относительного отклонения целевой функции для каждого риск-параметра.

**Накопленная сумма** – накопленная сумма нижних границ, начиная с наибольшего по абсолютному значению.

**Накопленная доля** – это процент от значения 38,3% принятого за 100%.

Таблица 8.1. Ранжирование вкладов в нижнюю границу (НГ) относительного отклонения целевой функции *ASCF*.

№ р-п	Риск-параметр	$-\Delta Y(i)/Y$	Min НГ	Накопленная сумма	Накопленная доля
2	Голосовой трафик частных высокодоходных пользователей	$S2*\Delta X2/X2$	-11.9%	-11.9%	31.2%
20	Сетевое оборудование 1	$S20*\Delta X20/X20$	-5.3%	-17.2%	45.0%
1	Голосовой трафик корпоративных пользователей	$S1*\Delta X1/X1$	-4.1%	-21.3%	55.8%
6	Аренда помещений	$S6*\Delta X6/X6$	-3.3%	-24.7%	64.4%
4	Передача данных (абоненты)	$S4*\Delta X4/X4$	-2.9%	-27.6%	72.1%
3	Трафик массовых интернет-абонентов	$S3*\Delta X3/X3$	-1.3%	-28.9%	75.5%
16	Плата за трафик для частных высокодоходных пользователей	$S16*\Delta X16/X16$	-1.3%	-30.2%	79.0%
26	Транспорт	$S26*\Delta X26/X26$	-1.1%	-31.3%	81.8%
21	Сетевое оборудование 2	$S21*\Delta X21/X21$	-1.1%	-32.3%	84.5%
22	Сетевое оборудование 3	$S22*\Delta X22/X22$	-1.0%	-33.4%	87.2%
9	Материалы	$S9*\Delta X9/X9$	-1.0%	-34.4%	89.8%
23	СМР 1	$S23*\Delta X23/X23$	-0.8%	-35.2%	92.0%
14	Ставка банковского процента в год	$S14*\Delta X14/X14$	-0.8%	-36.0%	94.1%
15	Плата за трафик для корпоративных пользователей	$S15*\Delta X15/X15$	-0.8%	-36.8%	96.2%
7	Электричество	$S7*\Delta X7/X7$	-0.3%	-37.1%	97.1%
5	Продажа оборудования (комплекты)	$S5*\Delta X5/X5$	-0.3%	-37.4%	97.9%
17	Плата за трафик для массовых интернет-абонентов	$S17*\Delta X17/X17$	-0.3%	-37.7%	98.6%
24	СМР2	$S24*\Delta X24/X24$	-0.2%	-37.9%	99.0%
11	Прочие расходы	$S11*\Delta X11/X11$	-0.2%	-38.0%	99.4%
25	СМР3	$S25*\Delta X25/X25$	-0.1%	-38.1%	99.6%
8	Транспортные расходы	$S8*\Delta X8/X8$	-0.1%	-38.2%	99.8%
18	Закупка оборудования	$S18*\Delta X18/X18$	-0.1%	-38.2%	99.9%
10	Командировочные расходы	$S10*\Delta X10/X10$	0.0%	-38.3%	100.0%
19	Эмиссия пластиковых карт	$S19*\Delta X19/X19$	<b>0.0%</b>	<b>-38.3%</b>	100.0%

### 8.3. Модель управления проектом

Как следует из алгоритма, приведенного в разделе 8.1, построенная ранее модель может служить не только для прогнозирования денежных потоков, показателей эффективности и оценки степени рискованности, но и для реального мониторинга этих показателей после запуска инвестиционного проекта. Для этого необходимо регулярно создавать специальные копии прогнозных моделей и, в конце каждого периода вводить достигнутые показатели по продажам (маркетинговый вход, рис. 8.1), затратам и обслуживанию кредитов (финансовый вход), капитальным расходам (инвестиционный вход).

#### *Исходная модель с прогнозом начиная с периода $T$*



#### *Копия исходной модели с прогнозом начиная с периода $T+1$*

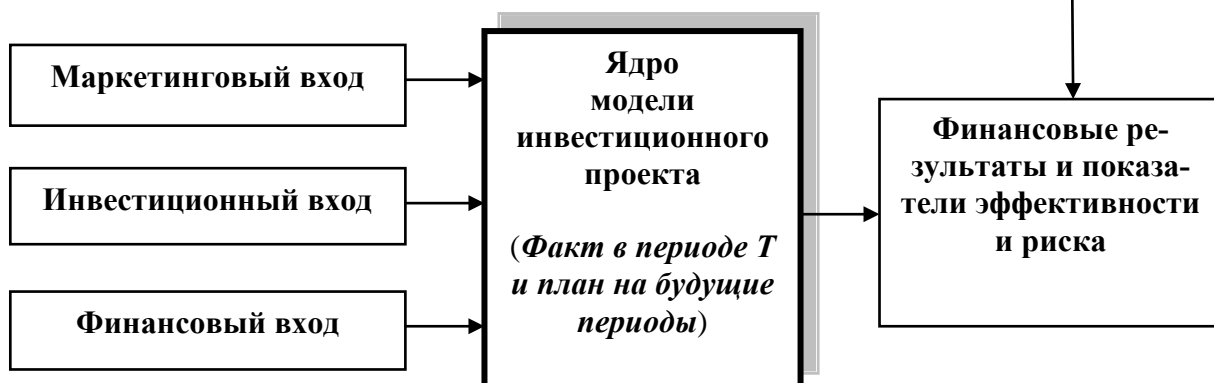


Рис.8.1. Исходная модель и модель финансового мониторинга инвестиционного проекта.

На выходе модели будем иметь фактические финансовые результаты, показатели эффективности, функции и индексы чувствительности, а также возможные отклонения целевых функций от их плановых значений.

«Маркетинговый вход» предназначен для введения планируемых или фактически достигнутых цен, натуральных объемов продаж к концу некоторого периода. При необходимости здесь же вводятся изменения в ассортименте продаваемых товаров.

«Инвестиционный вход» предназначен для введения планируемых или фактически достигнутых инвестиционных параметров к концу некоторого периода: объемов инвестиционных затрат, сроков ввода в эксплуатацию основных фондов, объемов строительно-монтажных работ и пр.

«Финансовый вход» предназначен для введения планируемых или фактически достигнутых к концу некоторого периода показателей: текущие затраты, погашение кредитов, получение кредитных траншей, уплата налогов, непредвиденных расходов и пр.

В результате в конце каждого периода будем иметь две модели: исходную модель с прогнозом на текущий и последующие периоды планирования, и очередную ее копию. В эту копию должны быть введены реально достигнутые результаты в данном периоде планирования, после чего автоматически будем получать новый прогноз с учетом уже достигнутых результатов. Такой подход к мониторингу позволит руководству компании регулярно отслеживать различие между плановыми и фактическими показателями, анализировать причины расхождений, а также наглядно видеть скорректированный прогноз на следующий период. Иными словами, модель позволяет непрерывно в режиме on-line прогнозировать дальнейший ход финансовых событий в зависимости от принимаемых решений вплоть до горизонта планирования. При этом одновременно с новыми значениями целевых функций каждый раз должны корректироваться функции чувствительности, тогда менеджеры будут иметь полную картину не только последствий тех или иных управленческих решений, но и оценку их рискованности при реализации инвестиционного проекта.

Мы представили методiku управления проектом на самом верхнем уровне управления компанией, когда ее руководство получает интегрированные финансовые результаты деятельности. Далее целесообразно провести своеобразную декомпозицию риск-анализа на все звенья организационной структуры компании и на все потенциально рискованные бизнес-процессы. В конечном счете, в каждом подразделении или бизнес-процессе будут свои источники риска и свой набор возможных рисковых событий. В результате такой декомпозиции можно построить дерево рисковых событий, которое позволит вначале на качественном уровне получить более обоснованные оценки разброса риск-параметров, а затем использовать их при количественном риск-анализе на основе предложенной методологии.

Процесс декомпозиции рисков может привести к созданию системы управления рисками в масштабе всей компании. Основными задачами такой системы будут:

- Мониторинг источников риска и рисковых событий как вне, так и внутри компании, во всех ее подразделениях.
- Оценка возможных негативных финансовых последствий в результате действия рисковых событий.
- Разработка и внедрение мероприятий по снижению влияния рисков на результаты деятельности.
- Совершенствование используемых моделей риск-анализа.

Можно выделить три уровня риск-анализа в системе управления рисками в компании, как показано на рисунке ниже.





Рис.8.1. Уровни управления рисками в компании.

На *верхнем (финансовом) уровне* проводится моделирование влияния рисков на целевые показатели компании, как на стадии планирования, так и в ходе ее функционирования при анализе промежуточных результатов. Это уровень итогового количественного риск-анализа и принятия соответствующих решений. На этот уровень поступает информация о возможных границах волатильности риск-параметров модели. Здесь принимаются основные решения, связанные с разработкой плана мероприятий по снижению влияния рисков на бизнес.

На *уровне структурных подразделений* в процессе мониторинга собираются данные о возможных рискованных событиях, происходящих на уровне бизнес-процессов, а также данные о рисках порождаемых системой управления того или иного подразделения. Кроме указанных внутренних источников на этом уровне необходим мониторинг внешних источников риска. Здесь также разрабатываются свои планы мероприятий по снижению влияния рисков. Эти планы согласуются с планами верхнего уровня.

На *уровне бизнес-процессов* аккумулируются данные мониторинга рискованных событий, источниками которых в основном могут быть технологические процессы, процессы материально-технического снабжения и сбыта готовой продукции. На этом уровне основное внимание должно быть уделено мониторингу внутренних источников риска и реализации мероприятий, по снижению их влияния на своем уровне.

Построенная таким образом система управления рисками в компании позволит:

- систематизировать всю информацию об источниках риска,
- определять спектр возможных рисков событий на всех уровнях и оценивать границы соответствующих риск-параметров, входящих в дерево рисков,
- оценивать предельные значения риск-параметров модели риск-анализа на финансовом уровне, т.е. на корневом уровне дерева рисков,
- проводить регулярный (в динамике) количественный анализ влияния рисков на бизнес и принимать соответствующие решения,
- обучать руководителей всех уровней управлению рисками.

## Заключение

Представленная методология учета влияния рисков на инвестиционный проект, основанная на расчете функций чувствительности и теории нечетких множеств позволяет в пределах всего горизонта планирования:

- ранжировать риски на основе количественных критериев, выделяя среди них наиболее существенные,
- выявлять будущие наиболее «опасные» периоды «жизни» проекта и оценивать предельно-допустимые значения риск-параметров для указанных периодов, которые необходимы в качестве индикаторов для эффективного управления ходом реализации проекта,
- количественно оценивать влияние совокупности рисков на проект,
- оптимизировать финансовый прогноз в пространстве возможных сценариев и имеющихся степеней свободы с целью минимизации влияния рисков,
- сравнивать различные сценарии одного и того же проекта или различные проекты между собой по степени их рискованности,
- создавать систему управления рисками в компании, опираясь не только на качественные, но и на количественные оценки рискованности бизнеса.

Глобальные и локальные функции чувствительности расширяют наше представление о степени рискованности того или иного проекта или бизнеса в целом. Предложенные индексы максимальной и полной чувствительности являются интегральными оценками степени рискованности инвестиционного проекта в случаях, когда необходимо учитывать большое число риск-параметров. Оперативный расчет указанных рисковых характеристик проекта может стать удобным инструментом для оценки степени рискованности принимаемых решений, как на стадии проектирования, так и по ходу управления проектом.

Проведенные нами расчеты на множестве инвестиционных проектов подтвердили гипотезу о применимости линейной модели чувствительности в широком диапазоне наиболее вероятных отклонений риск-параметров, что свидетельствует о корректности данной методики. Для весьма редких на практике случаев предложена нелинейная модель расчета функций чувствительности второго порядка.

Количественный анализ одновременного влияния совокупности рисков на инвестиционный проект, представленный в разделе 6, был основан на применении функций чувствительности в сочетании с теорией нечетких множеств. Такой симбиоз двух подходов позволяет проводить риск-анализ в условиях, когда классическая теория вероятности и статистика не работают. Следует отметить, что чем больше учитывается риск-параметров, тем шире интервал возможных отклонений для выбранной целевой функции, т.к. каждый риск-параметр вносит свой вклад в ширину указанного интервала с учетом «веса» данного риска. Весовыми коэффициентами здесь выступают значения соответствующих функций чувствительности. Для снижения влияния рисков проводятся различные мероприятия (страхование, долгосрочные контракты, товарно-материальные запасы и пр.), эффективность которых можно количественно оценивать по степени снижения соответствующих интегральных показателей риска.

Если независимые риски и имеют случайную природу, то вероятность их одновременного негативного воздействия на инвестиционный проект невелика, и она будет тем меньше, чем больше рисков мы пытаемся учесть. Сформулированная и доказанная теорема о математическом ожидании разброса границ относительных отклонений целевых функций под воздействием совокупности рисков, позволила вдвое сузить оценку указанного разброса, сделав ее более реалистичной.

Развиваемая нами методология риск-анализа наглядно демонстрирует несостоятельность всех претензий высказанных ранее различными авторами к методу анализа на основе чувствительностей.

На прилагаемом CD представлены демонстрационные модели в виде двух связанных EXCEL файлов (линейная модель) и трех связанных EXCEL файлов (нелинейная модель второго порядка), с помощью которых можно делать финансовые прогнозы результатов инвестиционного проекта, рассчитывать функции чувствительности для восьми возможных вариантов целевой функции и множества риск-параметров, а также анализировать влияние совокупности рисков на проект.

Использование предложенной нами методологии не ограничивается задачами оценки влияния рисков на инвестиционные проекты. Этот подход можно применить к любой экономической системе описываемой подходящей моделью денежных потоков, которая генерирует необходимые целевые функции. К таким системам можно отнести:

- фирму, корпорацию, холдинг и т.д.,
- свободную экономическую зону,
- муниципальный, региональный или федеральный проект,
- отрасль экономики,
- бюджет региона или страны в целом.

При разработке стратегических планов развития указанных экономических систем всегда возникает задача оценки различных сценариев не только по степени их эффективности, но и по степени их рискованности. Если создаваемые модели развития указанных систем дополнить описанным выше инструментарием, то можно объективно оценивать риски принимаемых тактических и стратегических решений.

Возвращаясь к цитируемой во введении мысли Фрэнка Найта об ограниченности нашего интеллекта, о необходимости оценивать слишком большое количество самых разнообразных объектов (читай: источников риска), действующих в любой конкретной бизнес ситуации целенаправленного поведения людей, можно утверждать, что сегодня в век прогресса компьютерных техно-

логий нам не нужен «бесконечный разум» для анализа влияния множества комбинаций рискованных событий на экономическую систему. Для прогнозирования последствий порождаемых неопределенностью сегодня вполне достаточно иметь подходящую теорию, на основе которой могут быть построены необходимые компьютерные модели, что в двадцатые годы прошлого столетия, когда работал Фрэнк Найт, было невозможно.

Что касается утверждения И.Канта о принципиальной непознаваемости существующей объективной реальности, то, по нашему мнению, оно не исключает возможности для науки постоянно шаг за шагом двигаться в направлении познания этой реальности, даже если это движение будет бесконечным, и мы до конца не сможем ее познать.

## Литература

### *Математика, риск-анализ и теория чувствительности*

1. Асаул В.В. и др. Минимизация рисков формирования эффективных интеграционных образований в инвестиционно-строительной сфере. – СПб, Изд-во АНО «ИПЭВ», 2011, – 364 с.
2. Бизнес-анализ с помощью Microsoft Excel. Издание 2005 года. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 464 с.
3. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: Полный курс: в 2-х томах. Пер. с англ. Под ред. В.В.Ковалева. – СПб, Экономическая школа, 1998. Т.1 – 497 с., т.2 – 669 с.
4. Быховский М.Л. Чувствительность и динамическая точность систем управления. / Техническая кибернетика, 1964, № 6
5. Востоков Е.В., Ловцюс В.В. Финансы. Часть 2. Финансовый менеджмент на предприятии. Учебное пособие. – СПб, Изд-во «Линк», 2008 – 246 с.
6. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: «Издательство Машиностроение – 1», 2004 – 400 с.
7. Заде Л., Дезоер Ч. Теория линейных систем. (Метод пространства состояний). Пер. с англ. под ред. Г.С.Поспелова. – М.: Наука, 1970. – 704 с.
8. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников. Пер. с англ. под ред. И.Г.Абрамовича. – М.: Наука, 1968. – 720 с.
9. Котов В.И. Анализ рисков инвестиционных проектов на основе функций чувствительности и теории нечетких множеств. – СПб, «Судостроение», 2007. – 128 с.
10. Котов В.И. Особенности анализа чувствительности инвестиционного проекта к рискам // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». 2010. № 3. – 0,5 п.л.

11. Котов В.И. Оценка рисков составляющей ставки дисконта при оценке эффективности инвестиционных проектов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». 2010. № 3. – 0,6 п.л.
12. Котов В.И. Свойства функций чувствительности инвестиционного проекта к рискам // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». 2010. № 2. – 0,6 п.л.
13. Котов В.И. Сравнительная оценка степени риска инвестиционных проектов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». 2010. № 2. – 0,6 п.л.
14. Ларсон Э.У. Грей К.Ф. Управление проектами. Учебник. Пер. с англ. – М.: Изд-во «Дело и Сервис», 2013 – 784 с.
15. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву и архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Косов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. – М.: ОАО «НПО» Изд-во «Экономика», 2000. – 421 с.
16. Методы теории чувствительности в автоматическом управлении. Под ред. Е.Н.Розенвассера и Р.М.Юсупова. Ленинградское отделение изд-ва «Энергия». 1971. – 344 с.
17. Мур Дж. и др. Экономическое моделирование в Microsoft Excel, 6-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1024 с.
18. Попов В.М., Ляпунов С.И., Касаткин А.Л. Бизнес-планирование: анализ ошибок, рисков, конфликтов. «КноРус», М. 2003
19. Пупенцова С.В. Модели и инструменты в экономической оценке инвестиций. – СПб.: Изд-во МКС, 2007 – 184 с.
20. Риск-анализ инвестиционного проекта: Учебник для вузов / под ред. М.В.Грачевой. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 351 с.
21. Томович Р., Вукобратович М. Общая теория чувствительности. - М., Сов. радио, 1972.
22. Тэпман Л.Н. Риски в экономике. Учебник под ред. Швандара В.А., «ЮНИТИ», М., 2002



23. Управление проектами. Учебное пособие для студентов обучающихся по специальности «Менеджмент организации»/ И.И.Мазур и др. под общ. ред. И.И.Мазур и В.Д.Шапира. 10-е изд. стер. – М.: Изд-во «Омега-Л», 2014 – 960 с.
24. Хромов Ю.А. Анализ влияния рисков на инвестиционный проект./ Современные аспекты экономики, – СПб, 2002. – № 13(26)
25. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К. Анализ инвестиций и бизнес-план. Методы и инструментальные средства. – М.: Издательство «Ось-89», 2002. – 288 с.
26. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Теория риска и моделирование рисковых ситуаций. Учебник – 5-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012 – 880 с.
27. Юджин Ф Бригхем. Энциклопедия финансового менеджмента. РАГС – «Экономика», М., 1998
28. MacCrimmon K.R., Wehrung D.A. The Management of Uncertainty. Taking Risks. The free press. A Division of Macmillan, New York. Inc. Collier Macmillan Publishers. London. 1988. – 380 p.
29. Kuruc A. Financial Geometry. A geometric approach to hedging and risk management. Pearson Education Limited, 2003. – 381 p.
30. System sensitivity and adaptivity. Preprints Second IFAC Symposium, Dubrovnik, Yugoslavia, 1968
31. Tomavic R. Sensitivity analysis of dynamic systems. Belgrade, 1963

### ***Нечеткие множества***

32. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
33. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях.- В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений.- М.: Мир, 1976. – С. 172-215.

34. Берштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечеткие модели принятия решений: дедукция, индукция, аналогия. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. – 110 с.
35. Гунин Г. А. Нечёткая логика как альтернативный подход к формированию инвестиционного портфеля. Экономическая кибернетика: системный анализ в экономике и управлении: сборник научных трудов, изд-во СПбУЭФ, вып.4, 2002
36. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. – В кн.: Математика сегодня. – М.: Знание, 1974, с. 5-49.
37. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
38. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
39. Недосекин А.О. Монотонные фондовые портфели и их оптимизация // Аудит и финансовый анализ, №2, 2002.
40. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций. СПб: Изд-во Сезам, 2002. – 181 с.
41. Недосекин А.О. Система оптимизации фондового портфеля от Siemens Business Services Russia // «Банковские технологии» № 5, 2003.
42. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта/под ред. Д.А.Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
43. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения/Под ред. Р.Р. Ягера.-М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
44. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления.- М.: Энергоиздат, 1981. — 232 с.
45. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
46. Прикладные нечеткие системы. М.: Мир, 1993. 368 с.

47. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. — Винница: УНИВЕРСУМ—Винница, 1999. — 320 с.
48. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. - М.: Наука, 1981.
49. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. Смоленск: Смоленская городская типография, 2003. — 177 с.
50. Buckley, J. The Fuzzy Mathematics of Finance // Fuzzy Sets & Systems, 1987, N 21.
51. Dubois D., Prade H. Fuzzy Sets and Systems. — N.Y., Academic Press, 1980.
52. Hichens, R.E., Robinson, S.J.Q, and Wade, D.P. The directional policy matrix: tool for strategic planning // Long Range Planning, Vol. 11 (June 1978), pp. 8-15.
53. Kaufmann A., Gupta M. Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications. — Van Nostrand Reinhold, 1991. ASIN: 0442008996.
54. Zimmerman H.-J. Fuzzy Sets Theory – and Its Applications. – Kluwer Academic Publishers, 2001.

### ***Интернет-ресурсы***

55. Жирабок А.Н. Нечеткие множества и их использование для принятия решений. – На сайте: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1178.html>
56. Недосекин А.О. Бизнес-планирование в расплывчатых условиях. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .
57. Недосекин А.О. Фондовый менеджмент в расплывчатых условиях. – На сайте: <http://sedok.narod.ru/>
58. Недосекин А.О. Вероятностные распределения с нечеткими параметрами. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .
59. Недосекин А.О. Комплексная оценка риска банкротства корпорации на основе нечетких описаний. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .

60. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний. Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. СПб, СПбГУЭФ, 2004. – Также на сайте: [http://www.mirkin.ru/\\_docs/doctor005.pdf](http://www.mirkin.ru/_docs/doctor005.pdf) .
61. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ рисков фондовых инвестиций. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html).
62. Недосекин А.О. Оптимизация бизнес-портфеля корпорации. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .
63. Недосекин А.О. От вычислений со словами – к вычислениям с образцами. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .
64. Недосекин А.О. Оценка риска бизнеса на основе нечетких данных. – На сайте: <http://sedok.narod.ru/>
65. Недосекин А.О. Оценка риска инвестиций по *NPV* произвольно-нечеткой формы. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .
66. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ, № 2, 2000.- Также на сайте [www.cfin.ru](http://www.cfin.ru) .
67. Недосекин А.О. Простейшая оценка риска инвестиционного проекта // Современные аспекты экономики, №11, 2002. – Также на сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html).
68. Недосекин А.О. Риск-функция инвестиционного проекта. - На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .
69. Недосекин А.О. Стратегическое планирование с использованием нечетко-множественных описаний. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html).
70. Недосекин А.О., Воронов К.И. Новый показатель оценки риска инвестиций //1999. – На сайтах: <http://www.vmgroupp.sp.ru/> , [cfin.ru/analysis](http://www.cfin.ru/analysis), <http://www.delovoy.newmail.ru/analitic/3.htm> .

71. Недосекин А.О., Кокош А.М. Оценка риска инвестиций для произвольно-размытых факторов инвестиционного проекта. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .
72. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Применение теории нечетких множеств к финансовому анализу предприятий// 1999. – На сайтах: <http://www.vmgroupp.sp.ru/> , [www.cfin.ru/analysis](http://www.cfin.ru/analysis), <http://www.delovoy.newmail.ru/analitic/3.htm>.
73. Недосекин А.О., Овсянко А.В. Нечетко-множественный подход в маркетинговых исследованиях // 2000. – На сайте: <http://www.vmgroupp.sp.ru/>.
74. Недосекин А.О., Фролов С.Н. Лингвистический анализ гистограмм экономических факторов. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html) .
75. Штовба С.Д. «Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику». – На сайте: <http://www.matlab.ru/fuzzylogic/book1/index.asp>
76. Berkeley Initiative in Soft Computing (BISC) – сайт мягких вычислений Калифорнийского Университета в Беркли, созданный под руководством основателя теории нечетких множеств профессора Лотфи Заде. Сайт содержит материалы BISC-семинаров, проводимых в Беркли, информацию о наиболее важных событиях в области нечеткой логики. – On site: <http://www-bisc.cs.berkeley.edu/>
77. IRC – Investment Risk Calculator – калькулятор для оценки риска прямых инвестиций. – On site: [http://sedok.narod.ru/inv\\_risk\\_calc.html](http://sedok.narod.ru/inv_risk_calc.html)

## Приложение 1. Коэффициенты дисконтирования и распределения

Как было указано в разделе 2, если произведение  $d * \Delta > 0,1$ , где  $d$  – годовая ставка дисконта, выраженная в долях единицы, а  $\Delta$  – продолжительность периода (шага) планирования в годах, следует учитывать распределение денежных потоков внутри этого периода. Для этих целей дисконтирование осуществляется путем умножения каждого элемента денежного потока не только на коэффициент дисконтирования, но и на коэффициент распределения. Введем следующие обозначения:

$$\alpha_m = \frac{1}{(1+d)^{t_m}} \text{ – коэффициент дисконтирования для } m\text{-го периода, (П1.1)}$$

$t_m$  – момент начала или конца  $m$ -го периода,

$\Delta_m$  – продолжительность  $m$ -го периода,

$q_i$  –  $i$ -я доля финансового потока внутри  $m$ -го периода, причем

$$\sum_{i=1}^N q_i = 1. \quad (\text{П1.2})$$

1). В случае, если  $t_m$  – это момент *начала*  $m$ -го периода, а  $s_i$  – момент появления  $i$ -й доли финансового потока отсчитываемый от *конца*  $m$ -го периода (рис.П1.1), коэффициент распределения будет:

$$\gamma_m = \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{(1+d)^{\Delta_m - s_i}}. \quad (\text{П1.3})$$

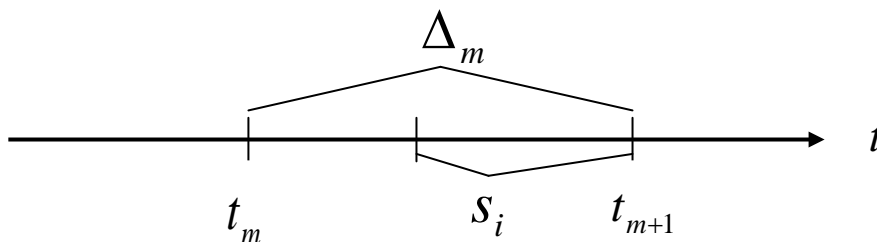


Рис.П1.1. Пояснение к формуле (П1.3).

Из соотношения (П1.1) можно получить ряд следствий:

1. Если денежный поток внутри  $m$ -го периода сосредоточен в его конце, т.е.  $s_i = 0$ ,  $N=1$  и  $q_i = 1$ , тогда коэффициент распределения будет:

$$\gamma_m = \frac{1}{(1+d)^{\Delta_m}} \quad . \quad (\text{П1.4})$$

2. Если финансовый поток внутри  $m$ -го периода сосредоточен в его начале, т.е.  $s_i = \Delta_m$ ,  $N=1$  и  $q_i = 1$ , тогда коэффициент распределения будет  $\gamma_m=1$ .

3. Если распределение финансового потока внутри  $m$ -го периода равномерное, т.е.,  $N \rightarrow \infty$  и  $q_i \rightarrow 0$ , тогда коэффициент распределения (П1.3) будет в пределе стремиться к величине:

$$\gamma_m = \frac{1 - (1+d)^{-\Delta_m}}{\Delta_m \ln(1+d)} \quad . \quad (\text{П1.5})$$

II). Теперь рассмотрим случай, когда  $t_m$  – момент **конца**  $m$ -го периода, а  $s_i$  – момент появления  $i$ -й доли финансового потока от **начала**  $m$ -го периода (рис.П1.2), тогда коэффициент распределения будет:

$$\gamma_m = \sum_{i=1}^N q_i (1+d)^{\Delta_m - s_i} \quad (\text{П1.6})$$

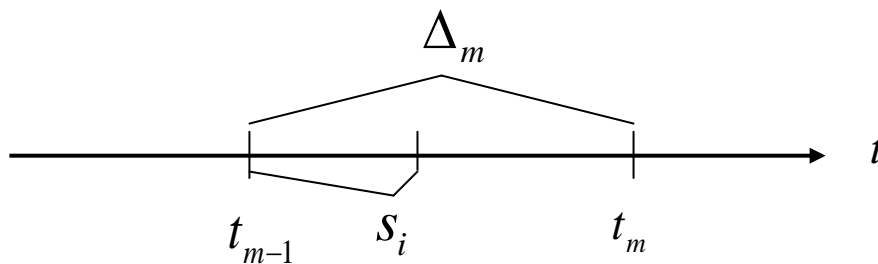


Рис.П1.2. Пояснение к формуле (П1.6).

Аналогично из (П1.5) можно получить ряд следствий:

1. Если финансовый поток внутри  $m$ -го периода сосредоточен в его начале, т.е.  $s_i = 0$ ,  $N=1$  и  $q_i = 1$ , тогда коэффициент распределения будет:

$$\gamma_m = (1 + d)^{\Delta_m} . \quad (\text{П1.7})$$

2. Если финансовый поток внутри  $m$ -го периода сосредоточен в его конце, т.е.  $s_i = \Delta_m, N=1$  и  $q_i = 1$ , тогда коэффициент распределения будет

$$\gamma_m = 1$$

3. Если распределение финансового потока внутри  $m$ -го периода равномерное, т.е.,  $N \rightarrow \infty$  и  $q_i \rightarrow 0$ , тогда коэффициент распределения (П1.6) будет в пределе стремиться к величине:

$$\gamma_m = \frac{(1 + d)^{\Delta_m} - 1}{\Delta_m \ln(1 + d)} \quad (\text{П1.8})$$



## Приложение 2. Учет изменения ставки дисконтирования во времени

С учетом сегодняшних российских экономических реалий можно прогнозировать дальнейшее снижение темпов инфляции и снижения ставки рефинансирования Центрального Банка России. Совершенствование финансового рынка страны ведет к более эффективному его управлению со стороны государства. Кроме того, совершенствование законодательства снижает политические риски долгосрочного инвестирования. Все это, в конце концов, приведет к сокращению сферы получения чрезмерно высоких доходов на вложенный капитал. По указанным причинам при расчете  $NPV(T)$  возможно придется постепенно снижать ставку дисконтирования.

При переменной ставке дисконта коэффициент дисконтирования для  $m$ -го периода будет вычисляться по формуле:

$$\alpha_m = \prod_{j=1}^m \frac{1}{(1 + d_j)^{\Delta_j}}, \quad (\text{П2.1})$$

где  $d_j$  и  $\Delta_j$  – ставка дисконта и продолжительность  $j$ -го периода планирования в годах.

Наша модель позволяет при разработке стратегических бизнес-планов при необходимости корректировать ставку дисконтирования (см. файл CF\_Model\_2014.xls , лист MainModel , строка 3).

### Приложение 3. Математическое ожидание относительного отклонения целевой функции при воздействии случайной совокупности рискованных событий

Можно сформулировать следующую теорему.

*Пусть имеется  $N$  независимых случайных событий, каждое из которых характеризуется случайной величиной  $X_i$ . Рассмотрим любую случайную совокупность  $\{X\}_k$  из  $k = 0, 1, 2, \dots, N$  событий, которые могут произойти одновременно ( $k = 0$  означает, что не произошло ни одно событие). Тогда математическое ожидание суммы величин  $X_i$  всех событий, будет всегда определяться как:*

$$MO\left(\sum_{i=1}^N X_i\right) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N X_i \quad (\text{П3.1})$$

Доказательство.

Рассмотрим множество  $N$  случайных событий:  $SE = \{x_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , где  $x_i$  – величина, характеризующая случайное событие. Полагаем, что все рассматриваемые события независимы. Множество значений рискованных событий входящих в совокупность из  $k$  событий ( $k$ -совокупность) действующих одновременно будет:  $SE_k = \{x_{ij}\}$ , где

$i = 1, 2, \dots, N$ , – номер события,

$j = 0, 1, 2, \dots, k \leq N$ , – число событий в совокупности,

если  $k = 0$  значит, не произошло ни одно событие.

Множество всех  $k$ -совокупностей из  $N$  событий обозначим через

$$SSE_k = \{SE_{km}\},$$

где

$m = 1, 2, \dots, M_k$ , – номер  $k$ -совокупности,

$$M_k = C_N^k \quad (\text{П3.2})$$

есть полное число  $k$ -совокупностей во множестве  $SSE_k$ .

Множество всевозможных  $k$ -совокупностей  $\forall k \leq N$ , которые можно получить из  $N$  случайных событий обозначим через  $SSSE = \{SSE_{kl}\}$ , где

$$l = 1, 2, \dots, L = \sum_{k=0}^N C_N^k \quad (\text{П3.3})$$

порядковый номер множества всех  $k$ -совокупностей, являющегося элементом множества  $SSSE$ . Здесь  $L$  – число элементов (мощность) этого множества.

Далее пусть  $W = \sum_{i=1}^N x_i$  есть сумма всех величин элементов множества  $SE$ , состоящего из  $N$  событий. Сумму величин элементов  $m$ -ой  $k$ -совокупности, входящее во множество  $SSE_k$ , обозначим через  $w_{km}$ . Далее, просуммировав по всем  $m$ , получим для каждой  $k$ -совокупности событий величину:

$$W_k = \sum_{m=1}^{M_k} w_{km} \quad (\text{П3.4})$$

Эта сумма связана с суммой всех величин элементов из  $SE$ , т.е. с  $W$ , следующим образом. Количество элементов из  $N$ , которое содержится во множестве всех  $k$ -совокупностей равно:

$$r_N^k = kC_N^k \quad (\text{П3.5})$$

Среди них любой элемент из  $SE$  повторяется одинаковое число раз, т.к. в  $SSSE$  имеется полный набор всех комбинаций событий, и все элементы равнозначны, т.е. нет приоритетных элементов. Следовательно, число полных комплектов величин  $x_i$  из  $N$  событий (т.е. количество множеств  $SE$ ) среди

$r_N^k$  элементов будет:

$$z_N^k = \frac{r_N^k}{N} = \frac{k}{N} C_N^k \quad (\text{П3.6})$$

Тогда, сумма величин элементов, входящих во все  $k$ -совокупности будет равна:

$$W_k = \frac{k}{N} C_N^k W \quad k \leq N \quad (\text{П3.7})$$

Так как число  $k$ -совокупностей элементов из  $N$  событий равно числу комбинаций, т.е.  $C_N^k$ , то среднее значение суммы величин элементов в любой  $k$ -совокупности будет равно:

$$\bar{w}_k = \frac{W_k}{C_N^k} = \frac{k}{N} W \quad (\text{П3.8})$$

Тогда математическое ожидание суммы  $W_{0-N}$  значений случайных событий, одновременно действующих из  $N$  событий, будет иметь следующий вид:

$$MO(W_{0-N}) = \sum_{k=1}^N p_k \bar{w}_k = \sum_{k=1}^N \frac{C_N^k}{\sum_{i=0}^N C_N^i} \frac{k}{N} W = \frac{W}{N \sum_{i=0}^N C_N^i} \sum_{k=1}^N k C_N^k \quad (\text{П3.9})$$

Здесь  $p_k$  – вероятность одновременного появления  $k$  событий, как было показано в (6.8).

Далее можно показать, что для любого  $N$  имеет место тождество:

$$MO(W_{0-N}) = \frac{1}{2} W \quad \forall N \quad (\text{П3.10})$$

Величина  $W_{0-N}$  лежит в пределах от нуля (не произошло ни одно событие) до  $W$  (все  $N$  событий произошли одновременно). Докажем справедливость тождества (П3.10).

Из (П3.9) и (П3.10) после некоторых очевидных преобразований получаем.

$$2 \sum_{k=1}^N k C_N^k = N \sum_{i=0}^N C_N^i \quad (\text{П3.11})$$

Если в первой сумме (П3.11) начать суммирование с  $k = 0$ , то легко видеть, что равенство не будет нарушено. Это позволит нам объединить указанные суммы. После несложных преобразований получаем условие:

$$\sum_{k=0}^N \frac{N-2k}{k!(N-k)!} = 0 \quad \forall N \quad \text{при } k \leq N \quad (\text{П3.12})$$

Теперь разобьем эту сумму на две составляющие:

$$\begin{aligned} & \sum_{k=0}^N \frac{N-2k}{k!(N-k)!} = \\ &= \sum_{k=0}^N \frac{N-k}{k!(N-k)!} - \sum_{k=0}^N \frac{k}{k!(N-k)!} = \\ &= \sum_{k=0}^N \frac{1}{k!(N-1-k)!} - \sum_{k=0}^N \frac{1}{(k-1)!(N-k)!} = \sum_{k=0}^N A_k - \sum_{k=0}^N B_k \end{aligned} \quad (\text{П3.13})$$

Последнее выражение можно переписать в виде:

$$\sum_{k=0}^N A_k - \sum_{k=0}^N B_k = \sum_{k=0}^{N-1} A_k + A_N - \sum_{k=1}^N B_k - B_0 \quad (\text{П3.14})$$

Заметим, что  $A_N = B_0 = 1/ [(-1)!N!]$  и  $A_k = B_{k+1}$ , как следует из (П3.13), тогда из (П3.14) получим:

$$\sum_{k=0}^{N-1} A_k - \sum_{k=1}^N B_k = 0 \quad (\text{П3.15})$$

Это равенство справедливо, т.к. каждому слагаемому в первой сумме (ПЗ.15) соответствует точно такое же слагаемое во второй, а число слагаемых в обеих суммах одинаково. В дополнение к сказанному приведем расчеты  $A_k$  и  $B_k$  для различных  $k$  и сведем их в таблицу, показанную ниже.

Таблица ПЗ.1. Соотношения для  $A_k$  и  $B_k$

$k$	$A_k$	$B_k$
0	$1/(N-1)!$	$1/((-1)!N!)$
1	$1/(N-2)!$	$1/(N-1)!$
2	$1/(2(N-3)!)$	$1/(N-2)!$
3	$1/(6(N-4)!)$	$1/(2(N-3)!)$
4	$1/(24(N-5)!)$	$1/(6(N-4)!)$
...	...	...
$N-4$	$1/(6(N-4)!)$	$1/(24(N-5)!)$
$N-3$	$1/(2(N-3)!)$	$1/(6(N-4)!)$
$N-2$	$1/(N-2)!$	$1/(2(N-3)!)$
$N-1$	$1/(N-1)!$	$1/(N-2)!$
$N$	$1/((-1)!N!)$	$1/(N-1)!$

Как видно из этой таблицы в обеих колонках расположены одни и те же слагаемые, следовательно, соотношение (ПЗ.15) справедливо для любых  $N$ . Из этого следует справедливость (ПЗ.1), что и требовалось доказать.

## Приложение 4. Комментарий к компьютерной модели на CD

### Структура компьютерной модели

Модель состоит из двух связанных между собой EXCEL файлов:

1. CF\_Model\_2014.xls – основная модель Cash-Flow инвестиционного проекта
2. Sensitiv\_2014.xls – копия основной модели с блоком расчета функций чувствительности

В основной модели для выбранного сценария инвестиционного проекта рассчитываются все необходимые показатели и значения выбранных целевых функций в ситуации *SQ*. Копия модели служит для расчета:

- измененного значения целевых функций под действием какого-либо риск-параметра,
- функций чувствительности по каждому риску в отдельности,
- полного относительного отклонения целевой функции при воздействии совокупности рисков,
- индексов максимальной чувствительности проекта,
- индексов полной чувствительности проекта.

Основная модель состоит из следующих листов:

- MainModel – исходные данные для моделирования, прогноз продаж в натуральном и денежном выражении, оборотные средства, кредитование, налогообложение, входные и выходные финансовые потоки, прибыль, показатели эффективности и риска кредиторов.
- Graph – графики:  $NPV(T)$ , общий долг на конец периода, чистая прибыль,  $IRR(T)$ , рентабельность инвестиций и продаж, коэффициент внутренней экономической эффективности (*Profitability Index*)  $PI(T)$ .
- Matrix-VC – матрица удельных затрат и прогноз удельных затрат на единицу выпускаемого товара.

- Fix-costs – прогноз условно-постоянных затрат, включая заработную плату
- Invest – план капитальных вложений и расчет амортизационных отчислений
- Str-costs – структура затрат, себестоимость выпускаемых товаров и рентабельность их продаж.
- Str-income – структура выручки по всему ассортименту реализуемых товаров.
- Lizing – расчет лизинговых платежей.
- Old-Loans – Лист для расчета кредитов, взятых еще до старта нового проекта.

Копия модели Sensitiv\_2014.xls имеет следующие листы:

- MainModel – это копия листа MainModel из основной модели, здесь риск-параметры выделены голубым цветом и управляются из листов: Sensitiv-P, Sensitiv-V, Sensitiv-VC, Sensitiv-FC, Sensitiv-VCi. В листах-копиях Matrix-VC, Fix-costs и Invest риск-параметры также выделены голубым цветом и управляются из листов: Sensitiv-VC, Sensitiv-FC, Sensitiv-I, соответственно. В столбцах X,Y,Z листа MainModel имеется блок проверки соответствия основной модели и ее копии. Если в клетке Z38 «сумма различий = 0», то модель и копия соответствуют друг другу, в противном случае легко можно найти в каком из листов модели имеются несовпадающие строки и устранить несоответствие.
- Var – здесь представлена матрица рисков.
- MultyRisk – в этом листе определяется динамика математического ожидания границ относительных отклонений целевых функций при воздействии совокупности рисков.
- Risks – в этом листе представлены вклады всех риск-параметров в относительное отклонение целевых функций проекта.



- Rang – этот лист предназначен для ранжирования вкладов представленных в листе Risks.
- Sensitiv-P – здесь делается выбор одной из восьми целевых функций, выбирается нужный риск-параметр (цены на реализуемые товары) и продолжительность его воздействия, рассчитываются функции чувствительности, строятся соответствующие графики, вычисляются индексы полной и максимальной чувствительности проекта, определяется суммарное относительное отклонение целевой функции на основе нечеткой модели.
- Sensitiv-V – здесь выбирается нужный риск-параметр среди натуральных объемов продаж и продолжительность его воздействия, рассчитываются функции чувствительности, строятся соответствующие графики, вычисляются индексы полной и максимальной чувствительности проекта, определяется суммарное относительное отклонение целевой функции на основе нечеткой модели.
- Sensitiv-VC – здесь в качестве риск-параметров выбираются компоненты условно-переменных затрат, продолжительность их воздействия, рассчитываются функции чувствительности, строятся соответствующие графики, вычисляются индексы полной и максимальной чувствительности проекта, определяется суммарное относительное отклонение целевой функции на основе нечеткой модели.
- Sensitiv-FC – здесь в качестве риск-параметров выбираются компоненты условно-постоянных затрат, продолжительность их воздействия, рассчитываются функции чувствительности, строятся соответствующие графики, вычисляются индексы полной и максимальной чувствительности проекта, определяется суммарное относительное отклонение целевой функции на основе нечеткой модели.
- Sensitiv-I – здесь в качестве риск-параметров выбираются стоимости капитальных вложений (инвестиций в основные средства), продол-

жительность их воздействия, рассчитываются функции чувствительности, строятся соответствующие графики, вычисляются индексы полной и максимальной чувствительности проекта, определяется суммарное относительное отклонение целевой функции на основе нечеткой модели.

- Index – здесь представлены индексы максимальной и полной чувствительности инвестиционного проекта для всех восьми вариантов целевых функций.
- Predel – здесь для выбранных риск-параметров, оказывающих наибольшее влияние, определяются предельно-допустимые значения с точки зрения финансовой реализуемости инвестиционного проекта. В этом же листе имеется блок для проверки линейности модели для любой целевой функции по любому риск-параметру.
- Theory – в этом листе дан свод всех формул, используемых в модели с необходимыми пояснениями.

Во всех листах модели в клетках белого цвета формулы защищены без пароля. Клетки, отмеченные желтым цветом, предназначены для ввода числовых значений параметров инвестиционного проекта. В отдельных клетках содержатся необходимые комментарии.

Следует иметь в виду, что любые изменения в основной модели (добавление или удаление строк и столбцов, замена формул и др.) должны сопровождаться соответствующими изменениями в копии. Соответствие основной модели и ее копии можно контролировать по наличию нулевого значения в клетке Z38 копии листа MainModel. Если указанное значение ненулевое, то можно определить (см. таблицу П4.1) в каком листе модели имеется расхождение (несинхронность).

Таблица П4.1. Фрагмент листа MainModel для контроля синхронности моделей.

<b>Контроль синхронности моделей</b>	
<b>Листы:</b>	<b>Отклонение:</b>
<b>Lizing</b>	<b>0.000</b>
<b>Old-Loans</b>	<b>0.000</b>
<b>Matrix-VC</b>	<b>0.000</b>
<b>Fix-costs</b>	<b>0.000</b>
<b>Invest</b>	<b>0.000</b>

Если во всех указанных в таблице П4.1 листах отклонений нет (нулевые значения), а в клетке Z38 копии листа MainModel имеется ненулевое значение, то это означает, что остались включенными один или несколько рисков. Обнаружить включенные риски можно с помощью блока Y29-Z36, показанного в таблице П4.2.

Таблица П4.2. Фрагмент листа MainModel для контроля включенных рисков.

<b>Одновременно включены риски</b>	
<b>в листах:</b>	<b>кол-во рисков:</b>
<b>Sensitiv-P</b>	<b>0</b>
<b>Sensitiv-V</b>	<b>0</b>
<b>Sensitiv-VC</b>	<b>0</b>
<b>Sensitiv-FC</b>	<b>0</b>
<b>Sensitiv-I</b>	<b>0</b>
<b>Всего:</b>	<b>0</b>

#### **П4.2. Порядок расчета функции чувствительности**

1. Параметры основной модели и ее копии соответствуют исходному состоянию выбранного сценария (*SQ*).
2. Выбираем целевую функцию (например, *YI* = Накопленное сальдо финансовых потоков (*ASCF*)) для чего в файле Sensitiv\_2014.xls, в листе Sensitiv-P клетке B10 устанавливаем значение «1»
3. В качестве риск-параметра выбираем натуральный объем продаж первой услуги «Голосовой трафик корпоративных пользователей» для чего, в том же файле в листе Sensitiv-V в клетке B17 ставим «1».

4. Выбираем продолжительность действия рискового события (например, со 2-го периода и до конца горизонта планирования, т.е. глобальное воздействие) для чего в клетках с C17 и D17 устанавливаем значения «0», а в остальных клетках этой строки вплоть до конца горизонта планирования устанавливаем значение «1».
5. В 18-ой строке получаем значения функции глобальной чувствительности к выбранному риску для всех периодов.
6. Копируем с помощью специальной вставки числовые значения полученной функции чувствительности в 19-ю строку для сохранения найденных значений и представления результатов расчета в виде графика, который находится в этом же листе ниже.
7. Отключаем выбранный риск-параметр, устанавливая значение «0» в клетке B17 и модель переходит в исходное состояние. Далее можно переходить к следующему риск-параметру.

### ***Порядок анализа одновременного влияния совокупности рисков***

Для этого необходимо сначала рассчитать функции чувствительности для всех интересующих нас рисков, как было указано выше (см. ПЗ.2). Далее необходимо в листе Var файла Sensitiv\_2014.xls задать:

- верхние границы « $dx/x +$ » для всех риск-параметров,
- нижние границы « $dx/x -$ » для всех риск-параметров,
- можно задать темп роста от периода к периоду обеих границ относительных отклонений риск-параметров (см. примечание в клетке FG8),
- выбрать  $\alpha$ -уровень для всех риск-параметров, равный «0,5» (если выбрать  $\alpha$ -уровень равным «0», то в этом случае отклонения будут максимальными (пессимистическая оценка)),

После ввода указанных параметров в строках, в листе MultyRisk необходимо пронумеровать все риск-параметры в желтых полях колонки В, затем поочередно выбирая одну из восьми целевых функций можно увидеть таблицы значений полного относительного отклонения целевой функции и матема-

тического ожидания оценки этих границ. Ниже в этом же листе представлены графики соответствующих относительных отклонений в пределах всего горизонта планирования.

### ***Работа с нелинейной моделью***

Если нелинейностью выбранной целевой функции по какому-либо риск-параметру пренебречь нельзя, то можно воспользоваться нелинейной моделью, которая состоит из трех связанных между собой файлов, находящихся в папке CF\_Model\_2013 NLin:

- файл CF\_Model\_2013.xls – это основная модель денежных потоков и показателей проекта,
- файл Sensitiv\_2013\_1.xls – это модель для расчета функций чувствительности первого порядка в случае нелинейной целевой функции, здесь в листе MainModel в клетках B38 и C38 необходимо задать два различных значения относительных отклонений риск-параметров (например, первое = -1% и второе = -10%),
- файл Sensitiv\_2013\_2.xls – это модель для расчета функций чувствительности второго порядка в случае нелинейной целевой функции.

### ***Расчет собственных чувствительностей второго порядка***

Для выбранной целевой функции поочередно включая риск-параметры в модели чувствительности первого порядка (аналогично расчету в линейной модели), определяем собственные чувствительности первого (см. файл Sensitiv\_2013\_1.xls) и второго порядка (см. файл Sensitiv\_2013\_2.xls). Копируем найденные значения в желтые поля соответствующей целевой функции (в приведенном примере это функция *ASCF*). Ниже в этих же листах показаны соответствующие кривые.

### ***Расчет взаимных чувствительностей второго порядка***

Для расчета взаимной чувствительности заданной целевой функции по двум выбранным риск-параметрам (в нашем примере это натуральные объемы продаж и суммарные условно-переменные затраты) необходимо:

- определить собственные функции чувствительности первого и второго порядка по выбранным рискам, как было показано выше;
- задать одинаковые значения относительных отклонений этих параметров для этого в листе MainModel файла Sensitiv\_2013\_1.xls нужно сохранить выбранное ранее значение для первого относительно отклонения риск-параметров;
- включить оба риска в листе Sensitiv-V и Sensitiv-VC файла Sensitiv\_2013\_1.xls);
- В листе  $S_{ij}$  V-VC получаем взаимную функцию чувствительности, которая рассчитывается с помощью соотношению (3.24).

Перебирая все натуральные объемы продаж, последовательно получаем взаимные функции чувствительности для указанных объемов и суммарных условно-переменных затрат. Если нас интересует взаимная чувствительность каждого объема продаж и соответствующих этим объемам условно-переменных затрат, то можно воспользоваться листом  $S_{ij}$  V-VC<sub>i</sub>. Ход расчетов будет аналогичен предыдущему.

Заметим, что падению объемов продаж (отрицательное отклонение риск-параметра) соответствует снижение выбранной целевой функции (положительная чувствительность первого порядка) и снижение условно-переменных затрат, что ведет к росту целевой функции (отрицательная чувствительность первого порядка). В нашем примере чувствительность второго порядка имеет ненулевое отрицательное значение только в четвертом периоде и только для объемов продаж услуг для частных высокодоходных пользователей.

В листах Index нелинейной модели представлены индексы максимальных и полных чувствительностей первого и второго порядков.

При использовании линейной и нелинейной модели для того чтобы не потерять связи между файлами, их всегда следует держать в одной папке и не отрывать друг от друга при всевозможных перемещениях или переименованиях файлов. Если возникает необходимость переименовать файлы модели, то это можно сделать с помощью опции «Сохранить как...», предварительно открыв все файлы модели. Папку с файлами можно переименовывать при закрытых файлах.