

5

Глава пятая

***Методы повышения экономической
эффективности ПКС на основе
моделирования и оптимизации
внутрикорпоративных потоков***

Сложная и динамичная среда функционирования современных предприятий усложняет принятие управленческих решений. Наиболее важные и принципиальные решения принимаются на уровне главного руководства. Предприятие в этом случае рассматривается как комплексная система производства, сбыта и финансирования. Этот уровень управления известен как стратегический, и для него характерно совместное планирование материальных и финансовых ресурсов.

Важная особенность современных производственно-сбытовых систем в том, что товарный кредит, пронизывающий цепи производства, оптового и розничного товародвижения, — основа источников финансирования малых и средних предприятий.

Нестабильность рыночной среды, сезонные колебания спроса требуют соответствующего увеличения или уменьшения интенсивности производства и продаж. В таких случаях возникает проблема соответствия во времени между переменными потребностями в финансировании и фактическим финансированием. С одной стороны, оно автоматически изменяется в части товарного кредита, с другой стороны — является управляемым в части банковских ссуд.

Возникают проблемы и в связи с различной инерционностью движения во времени разнородных ресурсов предприятия. Так, в случае вынужденного падения продаж оплата поставок в кредит может некоторое время оставаться на прежнем, более высоком уровне, что создает дисбаланс притоков и оттоков денежных средств. В случае же роста выпуска и продаж продукции потребность в пополнении запасов опережает во времени этот рост в соответствии с длительностями производственных циклов.

Подобного рода временные несоответствия и дисбаланс снижают эффективность использования ресурсов и предприятия в целом, порождают риски неплатежей и поэтому требуют разработки соответствующих методов планирования.

Один из путей количественно обоснованного решения рассматриваемых проблем состоит в разработке и исследовании математических моделей систем внутрипроизводственных потоков предприятия.

Упомянутые выше проблемы изучаются в научном финансовом менеджменте, однако необходимые математические модели либо вообще не используются, либо носят локальный характер. Теории управления запасами и индустриальной динамики Дж. Форрестера присуще недостаточно адекватное представление финансовых ресурсов. Настоящая глава посвящена разработке методов повышения экономической эффективности деятельности предприятия на основе ресурсно-временной оптимизации внутрипроизводственных потоков с использованием комплексного моделирования системы ресурсов.

5.1. Методы оптимального планирования деятельности предприятий по критерию максимума рентабельности

Существуют характерные для современных предприятий условия деятельности, в которых возможно снижение экономической эффективности функционирования, затруднено принятие управленческих решений, возникают риски неплатежеспособности. Этими условиями являются рыночные колебания покупательского спроса, в частности, сезонные, и так называемое спонтанное или автоматическое финансирование [29] в форме товарного кредита. Применительно к таким условиям ниже исследуются причины снижения экономической эффективности и разрабатываются методы стратегического планирования и снижения рисков.

Как сезонность спроса, так и товарный кредит относятся к краткосрочным аспектам управления «короткими» деньгами. К стратегическому уровню эти вопросы здесь относятся по причине необходимости комплексного охвата производства, рынка и финансов, но не по признаку продолжительности горизонта планирования.

Задачи краткосрочного комплексного планирования предприятий, имеющие непосредственное отношение к рассматриваемым вопросам, называют также *бюджетным планированием* [24, 28, 29].

Некоторые проблемы принятия решений в краткосрочной перспективе, менее года, изучаются в финансовой науке [25, 29] в разделе об управлении оборотными средствами. Однако соответствующие методы анализа либо недостаточно разработаны в количественном отношении, либо основываются на локальных математических моделях.

Товарный кредит, рассматриваемый в настоящей главе в качестве источника финансирования, характерен как для производящих продукцию предприятий, так и для коммерческих; его повсеместная распространенность считается признаком развитого национального хозяйства. Товарный кредит пронизывает цепи товародвижения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции: с одной стороны, предприятие пользуется отсрочкой оплаты поставок; с другой стороны — предоставляет отсрочку оплаты своим покупателям. В результате снижается потребность предприятий в финансировании оборотных средств банковскими ссудами, а для большинства мелких и средних фирм финансирование товарным кредитом является единственно доступным.

Колебания покупательского спроса также распространены практически повсеместно. Предмет рассмотрения в этой главе — изменения спроса, периодичность которых сопоставима с годовым периодом планирования. Характерный случай — сезонный спрос. Некоторые отрасли (например, строительная) и секторы экономики находятся под непосредственным влиянием сезонного фактора; другие испытывают сезонные влияния по причине внутри- и межотраслевой взаимосвязанности по рынкам и ресурсам. Рассматриваемые ниже внутригодовые изменения спроса могут вызываться и другими обстоятельствами. Но в настоящей главе такие колебания называются сезонными независимо от их первопричин.

В рассмотренных условиях можно выявить две группы причин, снижающих эффективность функционирования предприятий, выпускающих продукцию, или коммерческих, и приводящих к возникновению рисков неплатежеспособности. Первая группа причин обусловлена несоответствием финансирования и потребности в нем. Вторая группа причин связана с возникновением переходных процессов в движении средств предприятий и временным дисбалансом ресурсов.

Исследование причин первой группы основывается на известной зависимости между интенсивностью производства и/или продаж и необходимой величиной запасов (рис. 5.1).

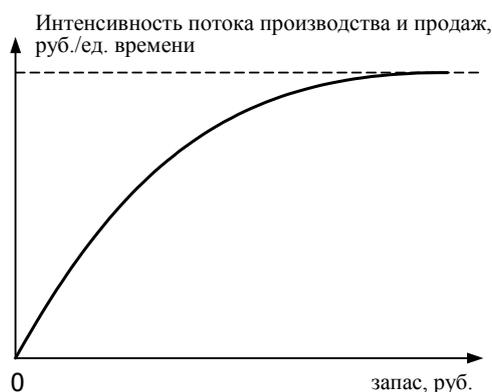


Рис. 5.1. Зависимость между интенсивностью потока производства и продаж и необходимой величиной запасов

Для случая мелкооптовых и оптовых коммерческих предприятий эта зависимость рассматривается и подробно обсуждается в [26]. Кривая аналогичного характера приводится в [3]. С ростом интенсивности потока увеличивается потребность в запасе. С другой стороны, больший запас позволяет получить большую интенсивность сбыта. Такая зависимость, хорошо известная из опыта практической коммерческой деятельности, не соответствует основным математическим моделям, изучаемым в теории управления запасами. Поэтому рассмотрим ее обоснование.

Так как изучаются многопредметные запасы и потоки, то у предприятия имеется много покупателей и поставщиков; величина запаса — сумма стоимостей запасов по всей номенклатуре, а интенсивность поставок и продаж — результат работы со многими поставщиками и покупателями. Для нормального функционирования предприятие должно поддерживать некоторый уровень запаса товаров, поскольку партия поставки, как правило, больше количества, приобретаемого одним покупателем. Снижение запаса товаров означает, что какая-то номенклатура исчезает из предложения, некоторые покупатели станут покупать меньше, чем при более полной номенклатуре, и увеличится доля покупателей, вообще отказавшихся сделать покупки из-за неполноты ассортимента. В пределе, когда запас стремится к нулю, т. е. «на полках пусто», продажи становятся невозможны. С ростом запаса интенсивность растет, что изображается линейным участком кривой на рис. 5.1. Дальнейший прирост запаса товаров приводит к сравнительно меньшим приростам достижимого сбыта, и таким образом проявляется эффект насыщения — следствие ограниченности торговых площадей, про-

пускной способности транспортной системы и торгового аппарата предприятия. Если еще больше увеличивать запас, интенсивность сбыта асимптотически стремится к максимальной пропускной способности предприятия при данных торговых площадях, торговом аппарате, средствах транспорта и других компонентах технологического процесса сбыта.

Для практической деятельности важно знать коэффициент пропорциональности между сбытом и необходимым запасом, т. е. наклон линейного участка графика. Значение этого показателя, как правило, известно из опыта деятельности предприятий со сходными условиями функционирования и уточняется применительно к конкретным случаям. Такой показатель выступает нормой оборачиваемости, определяющей минимальное количество дней работы, на которые нужно иметь запас.

Для дальнейшего исследования существенно, что в случае коммерческих предприятий зависимость существует между текущими значениями продаж и запаса, а не только среднегодовыми показателями: действительно, при данной величине запаса сегодняшний сбыт не может быть больше определяемого нормативом.

В случае производственных предприятий запасы включают, кроме запаса готовой продукции, запасы незавершенного производства и материалов. Если предприятие занято, кроме выпуска продукции, еще и ее сбытом, то запас готовой продукции выполняет те же функции, что и запас товаров в коммерческой деятельности. Поэтому зависимость (рис. 5.1) имеет место.

В отношении запаса незавершенного производства также можно ожидать роста с ростом интенсивности потока выпуска в силу постоянства длительностей производственных циклов. Зависимость, аналогичная рассмотренной, существует для запасов материалов и известна из методик нормирования оборотных средств предприятий, выпускающих продукцию. Эффект насыщения можно ожидать как следствие ограниченности производственной мощности при данных технологических процессах и оборудовании.

Таким образом, можно сказать, что зависимости между достижимыми интенсивностями потоков производства и продаж и необходимой величиной запасов, характер которых изображен на рис. 5.1, имеет место как для коммерческих, так и для выпускающих продукцию предприятий.

Поскольку потребность в запасах функционально зависит от интенсивности производства и продаж, можно утверждать, что существует некоторая функциональная зависимость и для потребности в финансировании запасов. Следовательно, учитывая сезонную переменность производства и продаж внутри годового периода, переменной будет и потребность в финансировании запасов. В то же время составляющие источников финансирования по-разному реагируют на колебания продаж: товарный кредит поставщиков спонтанно увеличивается с ростом масштаба (объема) деятельности предприятия, собственные средства обычно растут со временем вследствие присоединения нераспределенной прибыли, а банковские ссуды представляют собой управляемую часть.

В этих условиях трудно ожидать самопроизвольно возникающего соответствия между фактическим финансированием и потребностью в нем. Следовательно, необходимы анализ, планирование и выработка управляющих решений с целью достичь рациональной степени такого соответствия. Дефицит финансирования может привести к ситуации неплатежеспособности или к недоиспользованию производственно-сбытовых возможностей предприятия, а избыток финансирования снижает доходность из-за снижения интенсивности использования финансовых ресурсов.

Данная проблематика баланса потребности и фактического наличия финансовых ресурсов, рассматриваемая в краткосрочной перспективе, обсуждается в научном финансовом менеджменте, например, в [29], в главах, посвященных стратегиям финансирования. Однако выполняемый там анализ носит качественный характер, чего недостаточно для выработки управляющих решений.

Таким образом, первую группу причин потери экономической эффективности можно коротко охарактеризовать как несоответствие финансирования и потребности в нем, возникающее при колебаниях объемов (интенсивностей) производства и продаж с периодичностью, сопоставимой с годом.

Вторая группа причин снижения экономической эффективности возникает в переходных процессах движения средств предприятий при резких изменениях условий функционирования вследствие колебаний спроса.

Рассмотрим случай резкого уменьшения рыночного спроса, требующего уменьшения производства и приводящего к вынужденному падению продаж. В таком случае оплата поставок товаров или материалов в кредит некоторое время неизбежно остается на прежнем, более высоком уровне; этот отрезок времени равен периоду отсрочки оплат. В течение периода отсрочки приток денежных средств в результате снижения продаж уже уменьшился, а отток никак не может быть приведен в соответствие с новым, пониженным уровнем продаж. В результате возникающий дисбаланс притоков и оттоков денежных средств создает потенциальную опасность ситуации неплатежеспособности, т. е. порождает риск. Одним из возможных путей снижения этого риска может быть увеличение запаса денежных средств, компенсирующего дисбаланс, но в то же время снижающего экономичность предприятия из-за связывания финансовых ресурсов в бездоходном активе. Кроме того, при уменьшении продаж может возникнуть временный избыток запасов сверх необходимого для нового пониженного уровня сбыта и, как следствие, недостаток других ресурсов, поскольку финансирование всегда ограничено.

Случай резкого увеличения рыночного спроса требует анализа для производящих продукцию предприятий, синхронизирующих выпуск с колебаниями рынка. Рост потребности в пополнении запасов материалов и незавершенного производства опережает во времени рост выпуска в соответствии с длительностями производственных циклов. Если период отсрочки оплаты поставок меньше длительности производственного цикла, потребность финансирования роста может опережать увеличение сбыта. Как и в предыдущем случае, это означает дисбаланс притоков и оттоков денежных средств и возникновение риска неплатежеспособности с вытекающими отсюда последствиями потери экономичности предприятия.

Все проанализированные выше ситуации, отнесенные ко второй группе причин снижения экономической эффективности предприятий, можно считать следствием различной «инерционности» движения разнородных ресурсов, проявляющейся при резких изменениях производства и сбыта в условиях рыночных колебаний спроса. Под инерционностью понимается запаздывание процессов изменения величин средств, источников и потоков средств по отношению к первопричине, вызывающей эти изменения.

Разработка простейшей модели движения оборотных средств предприятия. Для формирования эффективных методов планирования предприятий необходим количественный анализ причин и ситуаций снижения экономической эффективности, выявленных

выше. Такие методы и необходимый анализ основываются на разработке математических и численных количественных моделей систем внутрипроизводственных потоков. Представление о составе и структуре таких систем потоков, рассматриваемых с уровнем детализации, необходимым для задач стратегического (бюджетного) планирования, дает рис 5.2. Как видно, система потоков имеет много составляющих элементов и достаточно сложную структуру. Поэтому затруднен ее непосредственный анализ. В то же время все рассмотренные в предыдущем разделе ситуации возникновения дисбалансов и рисков относятся к движению оборотных средств. Поэтому целесообразно поэтапное исследование, включающее разработку и изучение достаточно простых моделей движения оборотных средств с последующим усложнением.

В настоящем разделе формируется простейшая модель движения оборотных средств предприятий, ориентированная на анализ некоторых выявленных ситуаций снижения эффективности функционирования и выработку методов планирования в этих условиях.

Модель разрабатывается на основе представления о гипотетическом предприятии, в функционировании которого отсутствуют второстепенные детали, не относящиеся непосредственно к изучаемым ситуациям. Применительно к гипотетическому предприятию выполняется постановка и исследование задачи планирования.

Предприятие осуществляет коммерческую деятельность в рыночной среде, реализуя товары своим покупателям и пополняя запас товаров поставками. Поставки оплачиваются с отсрочкой на некоторый период времени, т. е. на условиях товарного кредита. В результате образуется кредиторская задолженность поставщикам. В противоположность этому продажи и их оплата синхронны, товарный кредит покупателям не предоставляется, что соответствует случаю предприятий розничной и, отчасти, мелкооптовой торговли. Интенсивность потока продаж не более того, что обеспечивается наличным запасом (см. рис. 5.1), и не может превышать величины, определяемой текущим рыночным спросом. Структура внутрипроизводственных потоков (рис. 5.3) включает потоки продаж, поставок и их оплаты.

Эти потоки образуют замкнутый цикл движения оборотных средств по цепи запаса товаров, денежных средств и кредиторской задолженности поставщикам. С целью исключения деталей, несущественных на первоначальных этапах исследования, предприятие рассматривается в условиях, когда вся получаемая прибыль изымается, например, в виде дивидендов (см. рис. 5.3, слева), т. е. прибыли как бы не существует.

В противном случае изучаемые процессы, происходящие в цикле движения оборотных средств, пришлось бы анализировать совместно с процессом роста предприятия в результате присоединения нераспределенной прибыли к собственным средствам. Следовательно, величина собственных средств предприятия неизменна. В развитии исследования предположение о полном изъятии прибыли снимается. Так как вся прибыль изымается, приток денежных средств в результате продаж равен продажам в себестоимости.

Предприятие имеет собственные средства, вместе с кредиторской задолженностью финансирующие активы. Основные средства, их приобретение и амортизация исключены из рассмотрения, так, чтобы выделить движение оборотных средств, по возможности, в «чистом виде». Можно считать, что основные средства достаточно малы, чтобы пренебречь их существованием (точнее, пренебречь амортизационными отчислениями по сравнению с оборотными средствами).

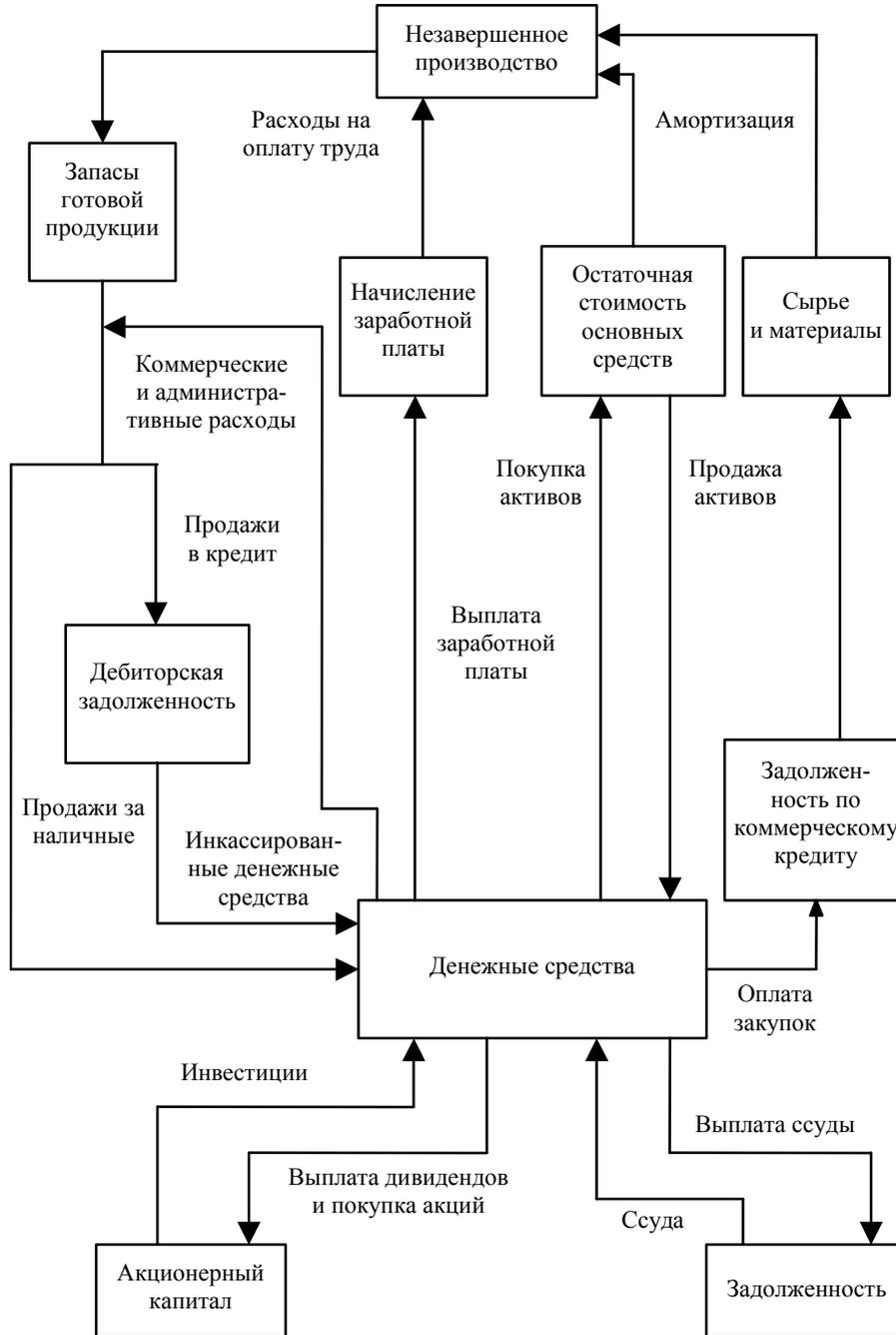


Рис. 5.2. Структура внутрипроизводственных потоков предприятия

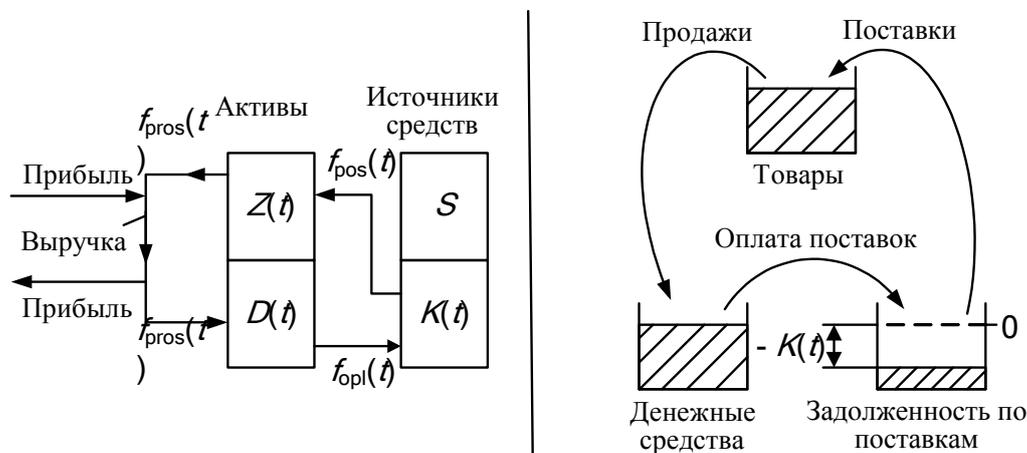


Рис. 5.3. Коммерческое предприятие с простейшим циклом движения оборотных средств:

$Z(t)$ — запас товаров, руб.; $D(t)$ — денежные средства, руб.; $K(t)$ — кредиторская задолженность по поставкам, руб.; S — собственные средства, руб.; $f_{pros}(t)$ — продажи в себестоимости, руб./ед. времени; $f_{pos}(t)$ — поставки товаров, руб./ед. времени; $f_{opl}(t)$ — оплата поставок, руб./ед. времени

Предприятие изучается в условиях значительной товарной номенклатуры, что особенно характерно для розничной торговли. Считается, что товарная номенклатура достаточно однородная с точки зрения объемов продаж и поставок, т. е. нет разновидностей товаров, существенно выделяющихся в этом отношении. Поэтому интенсивности потоков, величины средств и их источников количественно характеризуются суммарно по номенклатуре.

Деятельность предприятия изображается с помощью переменных величин, рассматриваемых как функции времени.

Средства предприятия, активы: $Z(t)$ — запас товаров, руб.; $D(t)$ — денежные средства, руб.

Источники средств: $K(t)$ — кредиторская задолженность предприятия поставщикам; $S = \text{const}$ — собственные средства, руб., постоянная величина.

Потоки средств характеризуются их интенсивностями, которые измеряются в стоимостях, перемещающихся в потоках в единицу времени: $f_{pros}(t)$ — продажи, в себестоимости товаров, руб./ед. времени; $f_{pos}(t)$ — поставки товаров, руб./ед. времени; $f_{opl}(t)$ — оплата поставок, руб./ед. времени.

Считается, что продажи, поставки и их оплата осуществляются непрерывно, т. е. в любой момент времени интенсивности соответствующих потоков имеют некоторые значения. Такие условия типичны для мелкооптовой и розничной торговли. Это означает, что фактором партионности можно пренебречь. Это в свою очередь позволяет считать интенсивности потоков непрерывными или кусочно-непрерывными функциями и изображать графики их изменений во времени. (Для изображения партионного движения в большой степени пригодны математические модели потоков дискретных событий.)

Подобного рода представление внутрипроизводственных потоков с помощью непрерывных переменных величин суммарно по номенклатуре предметов характерно для задач

стратегического и бюджетного планирования и широко применяется, например, в известных программных средствах фирм «Альт» и «Про-Инвест-Консалтинг».

В формируемую простейшую модель движения оборотных средств не включаются банковские ссуды; можно считать, что рассматриваемое предприятие — малое или среднее, для которого банковские ссуды недоступны.

Математическая модель движения оборотных средств включает зависимости между текущими значениями интенсивностей потоков и величинами активов — запаса товаров и денежных средств. Текущая величина актива образуется как результат притока входящих потоков и оттока исходящих. Для запаса товаров:

$$Z(t) = Z(0) + \int_0^t [f_{pos}(t) - f_{pros}(t)] dt, \quad (5.1)$$

где $t = 0$ — начальный момент существования предприятия, $Z(0)$ — запас товаров в начальный момент.

Аналогично для денежных средств:

$$D(t) = D(0) + \int_0^t [f_{pros}(t) - f_{opl}(t)] dt. \quad (5.2)$$

Соотношения (5.1) и (5.2) удобнее записывать после дифференцирования по времени:

$$\frac{dZ(t)}{dt} = f_{pos}(t) - f_{pros}(t), \quad (5.3)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = f_{pros}(t) - f_{opl}(t) \quad (5.4)$$

т. е. скорость изменения актива равна интенсивности входящего потока минус интенсивность исходящего.

Так как оплата поставок осуществляется с отсрочкой, то функция интенсивности потока оплаты поставок в точности представляет собой функцию интенсивности поставок, сдвинутую вправо по оси времени на период отсрочки оплаты:

$$f_{opl}(t) = f_{pos}(t - T_k), \quad (5.5)$$

где T_k — период отсрочки оплаты поставок.

Величину кредиторской задолженности следует рассчитывать аналогично тому, как это сделано для активов, т. е. как результат притоков и оттоков. Следствием записи интегральных соотношений, аналогичных (5.1) и (5.2), будет необходимость описывать кредиторскую задолженность неположительными числами.

$$K(t) = K(0) + \int_0^t f_{opl}(t) dt - \int_0^t f_{pos}(t) dt. \quad (5.6)$$

Определенные интегралы — это суммарные притоки и оттоки по входящему и исходящему потоку соответственно, за период от момента времени $t = 0$ до t . Приток-оплата отстает во времени от оттока-поставок. Поэтому остаток — кредиторская задолженность — будет отрицательным, учитывая, что в начальный момент существования предприятия кредиторская задолженность $K(0)$ была нулевая.

Данное обстоятельство можно пояснить, изображая график оплаты, сдвинутый вправо по отношению к графику поставок (рис. 5.4). Третье, отрицательное слагаемое в выражении (5.6), отток, численно равно площади под кривой поставок; второе, положительное слагаемое в (5.6), приток, изображается площадью под кривой оплаты. Кривая оплаты получена в результате сдвига вправо на период T_K . Поэтому площадь под ней всегда меньше. Следовательно, отрицательное слагаемое в (5.6) по абсолютной величине всегда больше положительного, что означает, учитывая $K(0) = 0$, отрицательность кредиторской задолженности.

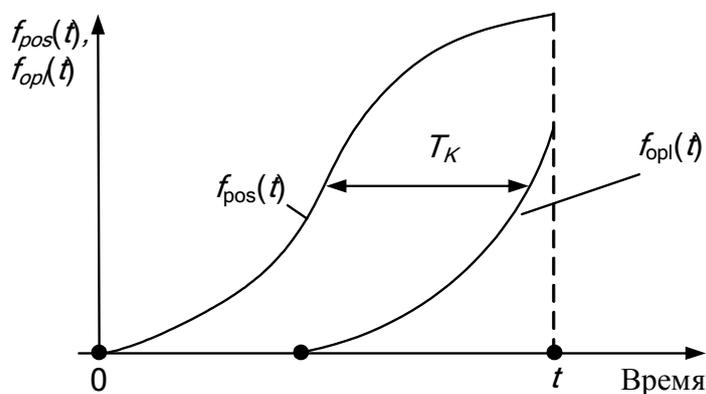


Рис. 5.4. Отрицательность величин, изображающих кредиторскую задолженность

Более удобная форма записи (5.6) получается после дифференцирования по времени:

$$\frac{dK(t)}{dt} = f_{opl}(t) - f_{pos}(t). \quad (5.7)$$

Рассмотренные зависимости между интенсивностями потоков, активами и источниками средств, существо которых состоит в балансе притоков и оттоков по отношению к некоторым накопителям, наглядно иллюстрируются в правой части рис. 5.3. Величины активов представлены в виде накопителей — «емкостей» с содержимым, изображаемым положительными значениями переменных величин. Величина кредиторской задолженности показана как изъятие из накопителя, отрицательное по отношению к нулевому уровню.

В начальный момент существования любого предприятия средства вносятся в уставный фонд, как правило, в денежной форме. Таким образом, сумма уставного фонда рассматриваемого простейшего предприятия равна сумме денежных средств $D(0)$ в момент $t = 0$. Так как нет нераспределенной прибыли, присоединяемой к собственным средствам, то сумма последних всегда равна уставному фонду, следовательно, денежным средствам

$D(0)$ в момент $t = 0$. Аналогично случаю кредиторской задолженности, в математической модели собственные средства изображаются накопителем с отрицательным содержанием:

$$S = -D(0). \quad (5.8)$$

Это позволяет записать уравнение баланса активов и источников средств. Уравнение получается путем почленного сложения выражений (5.1), (5.2) и (5.6):

$$Z(t) + D(t) + K(t) = Z(0) + D(0) + K(0). \quad (5.9)$$

Учитывая, что $Z(0) = 0$ и $K(0) = 0$, т. е. в момент начала существования предприятия запаса товаров и задолженности нет; учитывая (5.8), получается уравнение баланса:

$$Z(t) + D(t) + K(t) = -S$$

$$Z(t) + D(t) + K(t) + S = 0. \quad (5.10)$$

Выше обоснована взаимозависимость текущей интенсивности потока продаж и текущего запаса (см. рис. 5.1). Применительно к простейшему предприятию можно сказать, что продажи не могут быть больше того, что позволяет наличный запас товаров. С другой стороны, при данной интенсивности потока продаж запас товаров не может быть ниже некоторого уровня.

Простейшее предприятие здесь рассматривается в условиях, когда фактор ограниченности пропускной способности не проявляется, т. е. пропускная способность имеется «с запасом» и интенсивность продаж находится в пределах линейного участка графика (рис. 5.1). Тогда взаимозависимость можно представить в виде неравенства

$$f_{pros}(t) \leq \frac{Z(t)}{T_z}, \quad (5.11)$$

где T_z — норма оборачиваемости запаса товаров в ед. времени, показатель оборачиваемости.

Это неравенство означает, что на рис. 5.1 точка, изображающая текущее состояние предприятия, не может находиться выше линии графика. Точка находится ниже линии графика, если при данном запасе продажи меньше того, что позволяет запас, т. е. предприятие искусственно уменьшает продажи по сравнению с рыночными, товар «придерживается». Можно также сказать, что изображающая точка находится правее линии графика, если при данных продажах имеется запас товаров, избыточный по отношению к необходимому для текущих рыночных продаж. Если же деятельность предприятия осуществляется без искусственного «придерживания» товара и без избыточного запаса, то изображающая точка находится на линии графика, а выражение (5.11) следует рассматривать только в виде строгого равенства.

Простейшее предприятие функционирует в изменяющейся рыночной среде, что представляется с помощью переменной величины $r(t)$, зависящей от времени и обозначающей максимальное значение интенсивности потока продаж, достижимое предприятием исходя из текущего рыночного спроса:

$$f_{pros}(t) \leq r(t). \quad (5.12)$$

Математическая модель дополняется формальными ограничениями на неотрицательность переменных величин:

$$D(t) \geq 0 \quad (5.13)$$

$$f_{pros}(t) \geq 0 \quad (5.14)$$

$$f_{pos}(t) \geq 0. \quad (5.15)$$

Выражение (5.13) означает, что отток денежных средств не должен приводить к их дефициту, выражения (5.14) и (5.15) фиксируют однонаправленность соответствующих потоков, что можно понимать как запрет возврата товаров покупателями и поставщикам.

Для удобства дальнейшего анализа выявленные количественные соотношения желательно расположить компактно в одном месте текста. Итак, рассматриваемая математическая модель функционирования предприятия записывается в виде следующей системы уравнений и неравенств:

$$f_{pros}(t) \leq \frac{Z(t)}{T_z}, \quad (5.16)$$

$$f_{pros}(t) \leq r(t), \quad (5.17)$$

$$f_{opl}(t) = f_{pos}(t - T_k), \quad (5.18)$$

$$\frac{dZ(t)}{dt} = f_{pos}(t) - f_{pros}(t), \quad (5.19)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = f_{pros}(t) - f_{opl}(t), \quad (5.20)$$

$$\frac{dK(t)}{dt} = f_{opl}(t) - f_{pos}(t), \quad (5.21)$$

$$D(t) \geq 0, \quad (5.22)$$

$$f_{pros}(t) \geq 0, \quad (5.23)$$

$$f_{pos}(t) \geq 0, \quad (5.24)$$

$$Z(t) + D(t) + K(t) + S = 0, \quad (5.25)$$

в которой параметрами являются T_z , T_k и S .

Математическая модель однозначно определяет протекающие процессы при отсутствии «придерживания» товаров и избыточного запаса, т. е. когда соотношение (5.16) рассматривается только в случае равенства: имеется шесть переменных величин (три интенсивности потоков и три переменных содержимого накопителей) и шесть равенств (5.16,

5.18, 5.19, 5.20, 5.21 и 5.25). Неравенства (5.17, 5.22, 5.23 и 5.24) выступают в качестве ограничений, накладываемых на протекающие процессы.

Известно (см., например, [7]), что период оборачиваемости запаса товаров, как правило, больше периода отсрочки оплаты поставок. Поэтому задача планирования рассматривается в условиях $T_z > T_k$.

Задача планирования и исследование функционирования простейшей модели предприятия в условиях известных ограничений рыночных продаж. В самом общем виде задача планирования состоит в формировании плана функционирования при условии, что известны начальное состояние предприятия и максимальные интенсивности потока продаж в каждый момент периода планирования, обусловленные спросом, — прогноз спроса. Таким образом, изменение рыночной среды считается известным, поскольку изменения связываются с предсказуемым фактором сезонности. Так как деятельность простейшего предприятия рассматривается в краткосрочной перспективе, период планирования меньше или равен году, а наиболее общим критерием оптимальности планов следует считать рентабельность собственных средств. Такой критерий, как известно, — отношение годовой прибыли к величине собственных средств.

В простейшем предприятии из-за полного изъятия прибыли собственные средства постоянны, и поэтому, а также по причине принимаемого предположения о неизменности цен, рентабельность прямо пропорциональна годовому объему продаж, который и рассматривается здесь в качестве критерия оптимальности.

С целью уточнения постановки задачи выполняется исследование функционирования простейшего предприятия в условиях различных, но известных рыночных ограничений продаж (рис. 5.5), что позволяет выяснить некоторые вопросы получения оптимальных решений.

Деятельность предприятия рассматривается с момента его образования $t = 0$, последовательно на отрезках времени (участках) 1, 2, 3 и 4, обозначенных в верхней части рис. 5.5. Для лучшего уяснения особенностей управления потоками при использовании товарного кредита предприятие рассматривается сначала в случае, когда поставщик не предоставляет отсрочку оплаты.

Рыночные ограничения максимальной интенсивности потока продаж $r(t)$, изображенные в верхней части рисунка, изменяются, принимая значения двух уровней: повышенного, когда максимально допускаемые рынком продажи достаточно велики и заведомо превышают возможности предприятия (участки 1, 3 и 4), и пониженного (участок 2 и период времени после окончания участка 4). При повышенном рынке ограничения как бы не существуют, тогда как при пониженном рынке они существенны для деятельности предприятия.

При повышенном рынке можно не учитывать ограничение, записанное в математической модели в виде неравенства (5.17) и отражающее ограниченность продаж спросом. Поэтому на участке повышенного спроса 1 продажи в текущий момент ограничиваются величиной запаса товаров в соответствии с неравенством (5.16). Желая получить максимум продаж, необходимо иметь возможно больший запас товаров. Поэтому все средства предприятия необходимо держать в виде товаров. Именно такой режим функционирования показан на графиках рис. 5.5 для участка 1.

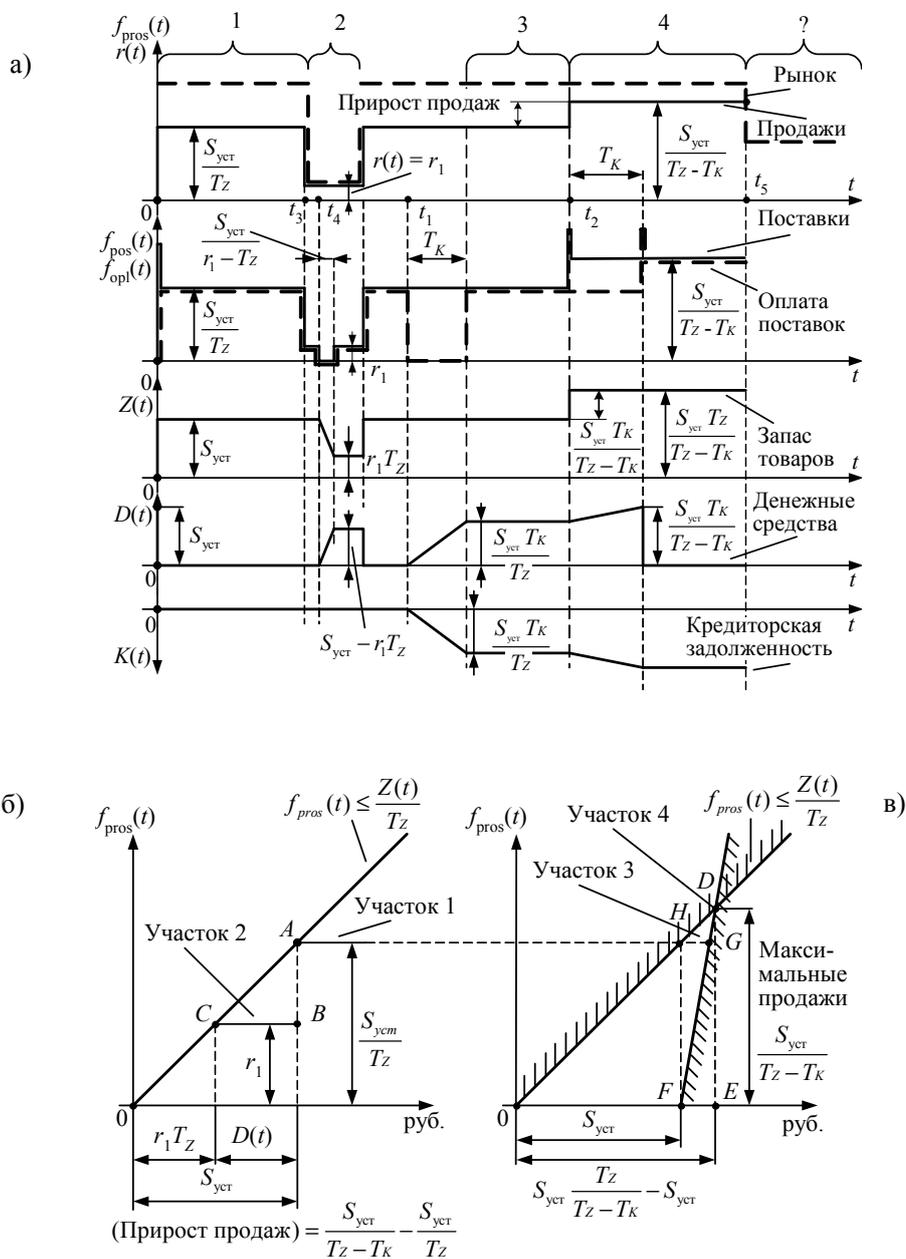


Рис. 5.5. Исследование функционирования простейшего предприятия:
 а) — процессы изменения переменных величин,
 б) — анализ функционирования до получения товарного кредита,
 в) — анализ функционирования в условиях товарного кредита поставщиков

В начале участка показан процесс перехода предприятия в этот режим. В момент $t = 0$, когда образовывалось предприятие, в уставный фонд внесена некоторая сумма средств $S_{уст} > 0$ в денежной форме, сформировавшая уставный фонд. На графике денежных средств это состояние средств показано точкой $D(0)$. В соответствии с обоснованным выше способом математического моделирования источников средств с помощью неположительных чисел, в начальный момент деятельности $t = 0$ собственные средства $S < 0$, их абсолютная величина равна сумме внесенных денежных средств:

$$\begin{aligned} S &= -S_{уст} \\ D(0) &= S_{уст}. \end{aligned} \quad (5.26)$$

(Можно считать, что денежные средства вносились в уставный фонд по самостоятельному потоку, входящему в блок $D(t)$, см. рис. 5.3, и исходящему из блока S , в результате чего в последнем зафиксировано изъятие средств, представляемое отрицательным числом. С целью упростить рисунок на нем такой поток формирования уставного фонда не показан.)

В начальный момент $t = 0$ уравнение баланса (5.25) записывается в виде:

$$D(0) + S = 0, \quad (5.27)$$

поскольку в этот момент запасы и кредиторская задолженность нулевые, и что соответствует выражению (5.26).

Очевидно, максимум продаж требует быстрой конвертации всех имеющихся денежных средств $D(0)$ в запас товаров, что можно сделать, приобретая партию товаров на имеющуюся сумму. На графике денежных средств такое приобретение показано их скачкообразным уменьшением до нулевого уровня, на графике интенсивности потока продаж приобретение партии условно изображено в виде импульса, площадь которого подразумевается равной $D(0) = S_{уст} > 0$. Отметим, что приобретение партии считается мгновенным. Поэтому высота импульса на графике и соответствующая интенсивности потока бесконечно велики. Однако его площадь, соответствующую определенным интегралам в (5.1) и (5.2), следует считать равной величине партии.

После поставки партии запас товаров становится равным $S_{уст}$, продажи максимальны и равны максимально допустимым при данной величине запаса, их интенсивность находится по выражению (5.16), где положено $Z(t) = S_{уст}$ и взят случай равенства. Таким образом, на участке 1:

$$f_{pros}(t) = \frac{S_{уст}}{T_z}. \quad (5.28)$$

Тот факт, что выражение (5.16), представляющее собой неравенство, использовано для расчета интенсивности сбыта в случае строгого равенства, означает, что возможности продаж используются «по максимуму», без какого-либо искусственного их ограничения и намеренного «придерживания» товара. На графике слева внизу рис. 5.5 точка A соответствует выражению (5.28).

Продажи приводят к расходу товаров. Поэтому их запас пополняется потоком поставок такой же интенсивности, что означает немедленное расходование денежных средств

по получении выручки на оплату поставок и нулевой запас денежных средств. Поставки и их оплата синхронны, средства движутся через блок дебиторской задолженности «транзитом», и этот блок как бы не существует. Данный режим функционирования, поддерживаемый на участке 1, показан на рисунке, и очевидно, что он обеспечивает максимум продаж. В структурной схеме потоков для функционирования на участке 1 (рис. 5.6) три потока — продаж, поставок и их оплаты — представляют собой один поток.

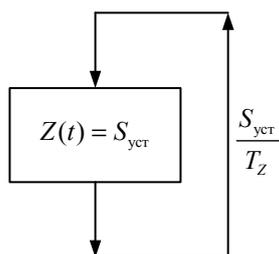


Рис. 5.6. Структура потоков предприятия для участка 1

На участке 2 в момент t_3 рынок уменьшился до величины r_1 , меньшей, чем продажи на участке 1:

$$r_1 < \frac{S_{уст}}{T_Z}. \quad (5.29)$$

Из двух неравенств математической модели (5.16) и (5.17), ограничивающих продажи, актуальным становится (5.17), и максимальная интенсивность, достижимая на участке 2 из условия рыночного спроса, равна r_1 (см. рис. 5.5, б, линия CB). Для этой интенсивности продаж запас $S_{уст}$, сохранявшийся на предыдущем участке 1, становится избыточным, неравенство (5.16) выполняется «с запасом». В этих условиях существует две возможности:

- всю выручку немедленно направлять на пополнение запаса, как это было на участке 1;
- учитывая избыточность запаса, временно прекратить поставки, уменьшив таким образом запас.

При реализации первой возможности запас остается на прежнем уровне $S_{уст}$, так как имеется равенство притока и оттока. При этом интенсивность потока продаж и, следовательно, оплаты поставок следует поддерживать максимально возможной и равной r_1 . Такое функционирование предприятия показано на начальном отрезке $[t_3, t_4]$ участка 2 и изображается точкой В на диаграмме слева внизу.

Вторая возможность реализуется после момента t_4 , когда поставки и синхронная с ними оплата были временно прекращены, в то время как продажи сохранялись максимально возможными и равными r_1 . В результате запас товаров уменьшался со скоростью продаж r_1 , а денежные средства наращивались от нулевой величины с этой же скоростью. Уменьшение запаса может продолжаться лишь до величины, соответствующей точке С (рис. 5.5, внизу), и равной, исходя из (5.16) $r_1 T_Z$, так как в противном случае станет сказываться ограниченность продаж спросом и продажи нельзя будет поддерживать на максимальном

уровне r_1 . Поэтому время, в течение которого поставки были прекращены (см. рис. 5.5), рассчитывается как

$$(S_{\text{уст}} - r_1 T_Z) / r_1 = S_{\text{уст}} / r_1 - T_Z, \quad (5.30)$$

где в числителе левой части записана величина избыточного запаса. За это время денежные средства возросли до уровня

$$r_1 (S_{\text{уст}} / r_1 - T_Z) = S_{\text{уст}} - T_Z r_1, \quad (5.31)$$

который находится как произведение скорости на время роста. Как видно, денежные средства возрастают на такую же сумму, что и уменьшение запаса, что можно показать также с помощью уравнения баланса (5.25), согласно которому, учитывая нулевую кредиторскую задолженность и постоянство собственных средств

$$Z(t) + D(t) = \text{const}, \quad (5.32)$$

следовательно, равны и противоположны по знаку приращения $Z(t)$ и $D(t)$. На диаграмме периоде нулевых поставок соответствует движение от точки B к точке C , прирост денежных средств (5.31) может быть найден непосредственно по диаграмме.

После возобновления поставок, чтобы поддерживать необходимый запас, их интенсивность должна равняться продажам r_1 , что и показано на конечном отрезке участка 2. Обе возможности, с избыточным запасом и без такового, обеспечивают одинаковый объем продаж, и поэтому равноценны по отношению к рассматриваемой задаче.

На графиках и диаграмме показаны крайние случаи без избыточного запаса товаров и без денежных средств. Из сказанного должно быть ясно, что возможны промежуточные случаи, с меньшим периодом нулевых поставок, что приведет к частичной конвертации избыточного запаса в денежные средства. При этом точка, изображающая состояние предприятия, будет находиться на отрезке CB внутри его.

В конце участка 2 рынок возвращается к прежнему повышенному уровню и поэтому до момента t_1 предприятие функционирует так же, как на участке 1.

В момент t_1 предприятие получает возможность пользования товарным кредитом. На отрезке времени от t_1 до t_2 , то есть до конца участка 3, показано функционирование при условии, что сохраняются неизменными интенсивности потоков продаж и поставок, и, следовательно, величины запаса. В то же время предоставление отсрочки оплаты товаров на период T_K означает, что на отрезке $[t_1, t_1 + T_K]$ оплата поставок временно прекращается. Это приводит к росту денежных средств и возникновению кредиторской задолженности. В случае денежных средств постоянный приток равен продажам $S_{\text{уст}} / T_Z$, отток в виде оплаты поставок отсутствует, следовательно, денежные средства линейно увеличиваются со скоростью притока и за время T_K возрастают с нулевого уровня до $S_{\text{уст}}(T_K / T_Z)$. Аналогично, абсолютная величина кредиторской задолженности за это время изменяется линейно и становится отрицательной (отток в отсутствие притока) и равной по абсолютной величине этому же значению.

Таким образом, на участке 3 возникло новое состояние предприятия с увеличенными в результате товарного кредита источниками средств и соответствующим ростом активов на эту же сумму. Активы возросли за счет роста денежных средств при «старом» уровне запаса, продаж и поставок, поэтому существует возможность в соответствии с (5.16) увеличить продажи, конвертируя актив в виде денежных средств в запас товаров.

Так как желательно обеспечить максимум продаж, то такую конвертацию желательно сделать как можно быстрее. Очевидно, быстрее всего это можно сделать путем одновременной поставки партии товаров, что осуществляется в момент t_2 .

Можно подумать, что величина партии должна быть равна имеющейся сумме денежных средств, однако это не так. Покажем, что максимум продаж после одновременной поставки (это участок 4) достигается, если величина партии больше имеющейся суммы денег.

После поставки партии в момент t_2 запас товаров скачкообразно увеличивается (см. рис. 5.5). В результате интенсивность потока продаж возрастает в соответствии с (5.16). Интенсивность потока поставок после момента t_2 для сбалансированности запаса товаров необходимо поддерживать равной новой, увеличенной интенсивности потока продаж. Так как оплата поставок запаздывает относительно поставок, то в момент $t_2 + T_k$ необходимо одновременно истратить сумму на оплату партии, после чего интенсивность потока оплаты становится равной новой повышенной интенсивности поставок. Эта сумма может быть не более величины денежных средств в момент оплаты $t_2 + T_k$, исходя из чего определяется максимально возможная величина партии, и, следовательно, максимальный прирост продаж. Величина денежных средств к моменту $t_2 + T_k$ складывается из суммы, имевшейся на участке 3 и линейного прироста на отрезке $[t_2, t_2 + T_k]$. Прирост возникает вследствие превышения притока денежных средств над оттоком: приток увеличился в результате поставки партии и прироста запаса товаров, а отток оставался на прежнем, пониженном уровне участка 3, поскольку в течение периода T_k оплачивались «старые» поставки. Исходя из сказанного, величина партии, обозначаемая через X , находится следующим образом. Интенсивность потока продаж на участке 4, на основании (5.16):

$$\frac{X + S_{\text{уст}}}{T_z}. \quad (5.33)$$

Скорость роста денежных средств, равная интенсивности продаж минус интенсивность оплаты:

$$\frac{X + S_{\text{уст}}}{T_z} - \frac{S_{\text{уст}}}{T_z} = \frac{X}{T_z}. \quad (5.34)$$

Прирост денежных средств на участке 4 за время T_k со скоростью (5.34):

$$\frac{X}{T_z} T_k. \quad (5.35)$$

Сумма денежных средств к моменту оплаты партии $t_2 + T_k$, равная денежным средствам на участке 3 плюс прирост:

$$S_{\text{уст}} \frac{T_k}{T_z} + X \frac{T_k}{T_z} = (S_{\text{уст}} + X) \frac{T_k}{T_z}. \quad (5.36)$$

Эта сумма должна быть равна величине партии:

$$(S_{\text{уст}} + X) \frac{T_k}{T_z} = X. \quad (5.37)$$

Откуда

$$X = S_{\text{уст}} \frac{T_k}{T_z - T_k}. \quad (5.38)$$

Так как $T_z > T_k$, то найденная таким образом величина больше денежных средств на участке 3, равных $S_{\text{уст}} (T_k / T_z)$.

Интенсивность продаж получается подстановкой (5.38) в (5.33):

$$\frac{X + S_{\text{уст}}}{T_z} = \frac{\frac{S_{\text{уст}} T_k}{T_z - T_k} + S_{\text{уст}}}{T_z} = \frac{S_{\text{уст}} T_z}{T_z - T_k} = \frac{S_{\text{уст}}}{T_z - T_k}. \quad (5.39)$$

На участке 4 реализуется максимально возможная интенсивность продаж, поэтому можно рассчитать максимальный прирост продаж, получаемый за счет товарного кредита по сравнению со случаем, когда отсрочка оплаты поставок не предоставляется:

$$\frac{S_{\text{уст}}}{T_z - T_k} - \frac{S_{\text{уст}}}{T_z} = S_{\text{уст}} \frac{T_k}{(T_z - T_k) T_z}. \quad (5.40)$$

Это выражение позволяет выяснить, как изменяется прирост продаж при различных значениях периода отсрочки оплаты. Если значение T_k приближается к значению T_z , то согласно (5.40) прирост продаж устремляется к бесконечности. Если значение T_k приближается к нулю, то к нулю устремляется и прирост.

Получение максимальных продаж на участке 4 анализировалось путем исследования процессов, происходящих во времени в системе потоков предприятия. Условия обеспечения максимальных продаж можно получить более простым способом, на базе учета баланса активов и источников средств с помощью диаграммы (рис. 5.5, в), которую можно считать развитием графического анализа (рис. 5.5, б) на случай товарного кредита. Анализ основывается на совместном изображении графиков зависимостей источников средств и величины активов от интенсивностей потоков. Метод анализа, называемый методом точно-запасных характеристик, более подробно обосновывается и разрабатывается в последующих разделах настоящей главы.

В правой части участка 4 после момента $t_2 + T_k$ интенсивности потоков продаж, поставок и оплаты равны при нулевых денежных средствах, то есть с помощью собственных средств и кредиторской задолженности финансируется только запас товаров, и выражение (5.25), учитывая (5.16), записывается в виде:

$$Z(t) = S_{\text{уст}} - K(t). \quad (5.41)$$

Из этого условия можно найти интенсивность потока и, следовательно, режим функционирования с максимальными продажами, принимая во внимание, во-первых, зависи-

мость запаса от искомой интенсивности потока согласно (5.16) (случай равенства), и, во-вторых, зависимость величины кредиторской задолженности от потока. Наличие последней зависимости очевидно и означает, что объем финансирования товарным кредитом связан с интенсивностью потоков, однако в явном математическом виде такая зависимость пока не рассматривалась. Выяснить эту зависимость можно, основываясь на представлении о времени обновления кредиторской задолженности, очевидно, равном периоду отсрочки оплаты T_K . Искомым потоком, обозначим его через Y , кредиторская задолженность полностью обновляется за время T_K

$$Y T_K = -K(t) \quad (5.42)$$

для любого момента участка 4, $t > t_2 + T_K$. Подставляя это в (5.41) и подставляя вместо $Z(t)$ его выражение из (5.16), получаем, учитывая $f_{pros}(t) = Y$

$$Y T_Z = S_{уст} + Y T_K \quad (5.43)$$

По этому соотношению сформирована диаграмма (рис. 5.5, в). Левая прямая линия, проходящая через начало координат, показывает зависимость запаса, то есть потребности в финансировании, от величины потока, откладываемой по вертикальной оси; при этом величина запаса отмечается по горизонтальной оси, а сама прямая линия соответствует левой части (5.43). Очевидно, это та же самая прямая линия, что и на рис. 5.5, б. Линия проводится под углом ODE к вертикали, тангенс которого равен

$$\operatorname{tg} ODE = \frac{OE}{DE} = T_Z. \quad (5.44)$$

Правая прямая линия соответствует правой части (5.43) и может интерпретироваться как суммарное финансирование, складывающееся из постоянной части $S_{уст}$ и переменной линейной составляющей финансирования товарным кредитом, прямо пропорциональной потоку. Линия проводится через точку F под углом FDE , тангенс которого равен

$$\operatorname{tg} FDE = \frac{FE}{DE} = T_K. \quad (5.45)$$

Правая линия имеет меньший наклон к вертикальной оси, так как $T_Z > T_K$, и поэтому линии имеют точку пересечения D , соответствующую равенству (5.43). Эта точка определяет искомую максимальную интенсивность потока продаж, которая из геометрических соображений находится следующим образом. Из (5.44) и (5.45), соответственно

$$OE = T_Z DE$$

$$FE = T_K DE. \quad (5.46)$$

Вычитая из первого равенства второе,

$$OE - FE = DE (T_Z - T_K).$$

Так как $OE - FE = S_{\text{уст}}$, а DE — искомая интенсивность продаж, то

$$DE = \frac{S_{\text{уст}}}{T_z - T_k}, \quad (5.47)$$

что соответствует (5.39).

Величина партии на диаграмме изображается отрезком FE и находится подстановкой (5.47) в (5.46)

$$FE = S_{\text{уст}} \frac{T_k}{T_z - T_k},$$

что совпадает с (5.38).

Аналогично тому, как точка D диаграммы изображает состояние предприятия на участке 4, с помощью точек H и G можно отобразить функционирование на участках 1 и 3 соответственно. Более того, диаграмма позволяет изобразить состояние предприятия не только при условии поддержания максимальных продаж, допустимых наличным запасом, как это считалось до сих пор, и что означает рассмотрение неравенства (5.16) в варианте строгого равенства. Неравенство (5.16) на диаграмме показано штриховкой выше линии OD в знак того, что изображающие точки не могут находиться выше линии. Линия DF заштрихована справа, демонстрируя непревышение суммы активов имеющимися источниками средств. Следовательно, изображающая точка может находиться внутри треугольника ODF , расстояние от нее до правой линии показывает величину денежных средств, а проекция на горизонтальную ось дает величину запаса товаров.

В момент t_5 возникает ситуация, аналогичная таковой в случае резкого уменьшения спроса. Эта ситуация анализируется ниже путем сравнения притока и оттока денежных средств. Рынок уменьшается до величины, меньшей, чем интенсивность продаж на участке 4. Это означает, что из двух неравенств (5.16) и (5.17) актуальным становится последнее, то есть фактором, ограничивающим продажи, оказывается не величина запаса, а рынок.

Непосредственно после момента уменьшения рынка, в малой окрестности справа от точки t_5 на оси времени, продажи становятся равными рынку $r(t)$, и, следовательно, оказываются меньше, чем продажи и поставки на участке 4. В эти же моменты малой окрестности оплата поставок остается равной поставкам на участке 4, то есть меньше продаж, поскольку оплата отстает от поставок. Следовательно, отток денежных средств, в виде оплаты, становится больше притока по поставкам. Так как в момент t_5 запас денег $D(t_5)$ нулевой, то в результате возникает дефицит денежных средств. Это можно интерпретировать как ситуацию неплатежеспособности: поставки не могут быть оплачены в срок. Дефицит возникает независимо от того, насколько сильно рынок уменьшился по сравнению с продажами на предшествующем участке 4, поскольку на участке 4 денежные средства в точности равны нулю. Если на участке 4 был бы некоторый запас денежных средств, то возникновение дефицита не являлось бы неизбежным. Однако максимум продаж на этом участке не достигается.

Теперь можно сделать вывод: максимум продаж на участке 4 достигнут ценой недопустимо высокого риска неплатежеспособности, учитывая, что влияние рынка в виде резких падений спроса наблюдается часто и повсеместно.

Функционирование предприятия в точке D (рис. 5.5, в) без некоторого запаса денежных средств недопустимо, что хорошо известно в научном финансовом менеджменте и объясняется возможностью непредвиденных ситуаций. Однако там отсутствует количественный анализ в рамках систем потоков предприятия.

Как следствие выясненной недопустимости функционирования в точке D , возникают вопросы о величине необходимых запасов денежных средств на участке 4 и об управлении потоками предприятия при переходе к пониженному рынку. Очевидно, оба этих вопроса следует решать в связи с потерями от снижения продаж на участке 4.

Пусть предприятие на участке 4 функционирует с некоторой интенсивностью продаж, меньшей максимальной; поэтому может существовать некоторый запас денежных средств. Применительно к диаграмме (см. рис. 5.5, в) это означает, что изображающая точка находится ниже точки D . Выясним, на сколько могут быть снижены продажи в момент t_5 до некоторого нового постоянного уровня, если запас денежных средств максимальный для данных продаж, то есть изображающая точка находится в крайнем левом положении (рис. 5.7, в, точка «1»). Обозначим через $\Delta_1 f_{pros}$ разность между максимальными продажами $S_{уст} / (T_Z - T_K)$ и интенсивностью потока продаж в точке «1», эту разность можно назвать «недобором максимальных продаж». Искомое снижение продаж по отношению к максимуму $S_{уст} / (T_Z - T_K)$ обозначим через $\Delta_2 f_{pros}$.

После момента снижения продаж приток денежных средств уменьшается, а отток в виде оплаты поставок в течение времени T_K остается более высоким. За счет этого запас денежных средств равномерно уменьшается. Максимально возможное в условиях снижения продаж $\Delta_2 f_{pros}$ находится из условия уменьшения запаса денежных средств до нуля. Обозначим $D_{нач}$ запас денежных средств при функционировании предприятия в точке «1», он находится исходя из подобия треугольников (см. рис. 5.7, в):

$$\frac{S_{уст} / (T_Z - T_K)}{S_{уст}} = \frac{\Delta_1 f_{pros}}{D_{нач}}$$

$$D_{нач} = (T_Z - T_K) \Delta_1 f_{pros}. \quad (5.48)$$

Скорость уменьшения денежных средств равна разности «новой» и «старой» интенсивности продаж:

$$[S_{уст} / (T_Z - T_K) - \Delta_1 f_{pros}] - [S_{уст} / (T_Z - T_K) - \Delta_2 f_{pros}] = \Delta_2 f_{pros} - \Delta_1 f_{pros}.$$

Уменьшаясь с этой скоростью, денежные средства в количестве (5.48) за время T_K должны быть полностью израсходованы:

$$(\Delta_2 f_{pros} - \Delta_1 f_{pros}) T_K = (T_Z - T_K) \Delta_1 f_{pros},$$

откуда

$$\Delta_2 f_{pros} T_K = \Delta_1 f_{pros} T_Z$$

$$\Delta_2 f_{pros} = \frac{T_Z}{T_K} \Delta_1 f_{pros}, \quad (5.49)$$

где $T_Z / T_K > 1$.

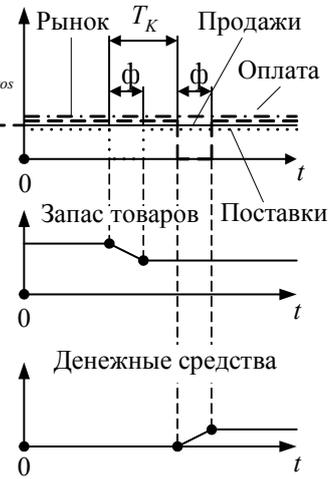
а)



Достижимое снижение продаж:

$$\Delta_2 f_{pros} = \frac{T_z}{T_K} \Delta_1 f_{pros}$$

б)



$$\tau = \frac{T_z - T_K}{1 - \frac{\Delta_2 f_{pros} (T_z - T_K)}{S_{уст}}}$$

в)

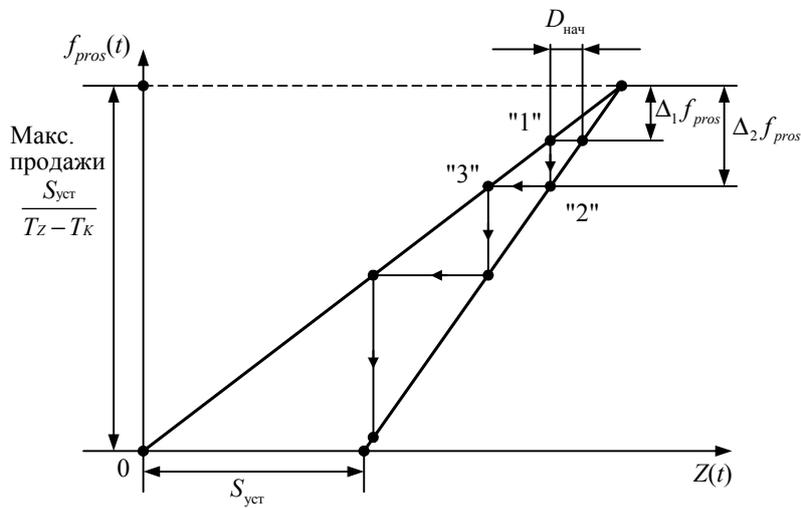


Рис. 5.7. Анализ управлений в условиях уменьшения рыночного спроса:

- а) — синхронное уменьшение продаж и поставок при $Z(t) = \text{const}$,
- б) — конвертация запаса товаров в денежные средства при $f_{pros}(t) = \text{const}$,
- в) — последовательное применение управлений а) и б)

Чтобы после полного расходования денежных средств они оставались на нулевом уровне, оплата должна стать равной продажам. Это возможно, если в момент уменьшения продаж поставки уменьшить до такого же уровня. Это в свою очередь означает, что после момента t_5 запас товаров остается неизменным. Графики изменения переменных величин в описанном переходе от большей интенсивности продаж к меньшей изображены на рис. 5.7(а), а сам переход можно назвать синхронным ступенчатым уменьшением продаж и поставок. На диаграмме (рис. 5.7, в) переход представляет собой движение изображающей точки по вертикальной линии из положения «1» в новое положение, обозначенное точкой «2», поскольку запас товаров оставался постоянным. В новом положении величина запасов товаров избыточна для данной интенсивности продаж, изображающая точка находится в крайнем правом положении на горизонтальной линии, что соответствует нулевому запасу денежных средств и недопустимо по упомянутым выше причинам. Однако весь избыточный запас товаров теперь может быть конвертирован в денежные средства (при неизменной интенсивности продаж) путем временного прекращения поставок, что на диаграмме (рис. 5.7, в) показано как перемещение изображающей точки из положения «2» в положение «3», а соответствующие графики изменения переменных величин показаны на рис. 5.7, б.

После момента прекращения поставок продажи остаются на постоянном уровне точки «2», в результате запас товаров линейно уменьшается. В течение отрезка времени T_k после этого момента оплата остается на постоянном уровне, соответствующем положению точки «2», то есть приток и отток денежных средств равны и денежные средства остаются нулевыми. Поставки должны оставаться нулевыми в течение некоторого отрезка времени, обозначаемого τ , в течение которого весь избыточный запас товаров будет израсходован, и новый уровень запаса уменьшится до минимально необходимого для данных продаж. Исходя из этого условия находится величина τ :

$$\tau = \frac{T_z - T_k}{1 - \frac{\Delta_2 f_{pros}(T_z - T_k)}{S_{уст}}} \quad (5.50)$$

Таким образом, выполненный анализ (см. рис. 5.7) позволяет установить, что резкое, «ступенчатое» уменьшение продаж в момент t_5 (см. рис. 5.5, а) возможно на максимальную величину, определяемую соотношением (5.49), а в результате последовательного применения управлений потоками по рис. 5.7, а и рис. 5.7, б предприятие переходит из состояния «1» в состояние «3». Существенно, что новое состояние можно считать допустимым, и оно подобно исходному, так как имеется запас денежных средств, максимальный при данных потоках продаж.

Оценить значение величины возможного снижения продаж можно, если выяснить значения коэффициента T_z / T_k в выражении (5.49). Покажем, что эти возможные значения находятся из известного интервала практически реализуемых значений аналитического коэффициента покрытия, рассчитываемого как отношение суммы оборотных активов к

сумме текущих (краткосрочных) пассивов. Если изображающая точка находится в точке D (см. рис. 5.5, в), то

$$K_{\text{п}} = \frac{S_{\text{уст}} T_z / (T_z - T_k)}{S_{\text{уст}} T_z / (T_z - T_k) - S_{\text{уст}}}, \quad (5.51)$$

где $K_{\text{п}}$ — коэффициент покрытия, в числителе выражения (5.51) записана сумма активов, а в знаменателе — пассив в виде суммы кредиторской задолженности.

Выполнив элементарные преобразования правой части (5.51), получим:

$$K_{\text{п}} = \frac{T_z}{T_k}, \quad (5.52)$$

Известно, что коэффициент покрытия изменяется в пределах 1,5–2,0, и поэтому, согласно (5.52), в этих же пределах может находиться коэффициент T_z / T_k :

$$1,5 \leq \frac{T_z}{T_k} \leq 2,0. \quad (5.53)$$

Оценка (5.53) сделана для случая функционирования предприятия в недопустимой точке D . Однако, учитывая, что доля денежных средств невелика и практически составляет единицы процентов от обязательств, и, следовательно, точка «1» находится вблизи вершины треугольника (точки D на рис. 5.5, в), оценку (5.53) можно принять для предприятия в целом. Следовательно, снижение продаж в соответствии с выражением (5.49) возможно лишь на величину, равную или составляющую половину первоначального «недобора максимальных продаж» $\Delta_2 f_{\text{pros}}$. С другой стороны, значение этого первоначального «недобора» не может составлять значительную часть от максимальных продаж $S_{\text{уст}} / (T_z - T_k)$ по причине близости точки «1» к вершине треугольника (см. рис. 5.7).

Окончательный вывод: резкое, «ступенчатое» снижение продаж в момент t_5 без возникновения дефицита денежных средств возможно лишь на незначительную величину, тогда как реальные падения рынка в связи с сезонными факторами могут быть существенно большими. Следовательно, функционирование предприятия на участке 4 с некоторым запасом денежных средств (составляющих, исходя из практически известной оценки, единицы процентов от обязательств) приводит к неприемлемо высокому риску. Снижение риска возможно, если увеличить запас денежных средств на участке 4, т. е. отказаться от нахождения начальной точки «1» вблизи точки максимальных продаж. Однако этот путь означает снижение продаж.

Нами предложен и разработан иной путь решения проблемы, состоящий в заблаговременном и постепенном снижении продаж до момента t_5 падения рынка. Достоинство этого пути в том, что потери продаж могут иметь место лишь на части участка 4, тогда как на другой части продажи могут находиться вблизи максимальных. Очевидно, этот путь приемлем, лишь поскольку возможно прогнозирование момента падения рынка, в частности, в связи с сезонными факторами.

Возможность заблаговременного и постепенного снижения продаж существует, поскольку состояние предприятия в точке «3» подобно состоянию в точке «1». Поэтому из

точки «3» может быть реализована аналогичная последовательность управлений потоками, которая вывела предприятие из исходного состояния (см. рис. 5.7, в). При этом величина «шагов» последовательно нарастает. Из нового состояния последовательность управлений при необходимости может быть повторена еще раз, и так до тех пор, пока продажи не снизятся до необходимого уровня. Характер уменьшения продаж со временем (рис. 5.8) напоминает лестницу с увеличивающимися шириной и высотой ступеней.

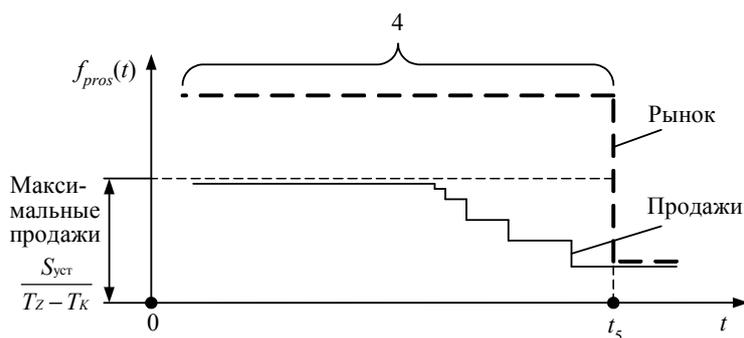


Рис. 5.8. Заблаговременное постепенное снижение продаж

Для реализации такого ступенчатого управления синхронное уменьшение продаж и поставок должно осуществляться искусственно, в противоположность процессам, изображенным на рис. 5.7, а, где продажи уменьшались вынужденно под влиянием падения рынка. При достаточно большой продолжительности участка 4 снижение продаж в момент t_5 может быть любым вплоть до нулевой величины. Можно ожидать, что время, необходимое для заблаговременного постепенного снижения продаж, увеличивается с уменьшением начального запаса денежных средств, так как увеличивается число «ступеней лестницы».

Следовательно, анализ управления потоками по типу «лестницы» выявляет принципиальную возможность функционирования предприятия в условиях существенного резкого падения рынка с частичным сохранением продаж вблизи максимума на предшествующем участке повышенного спроса, где ограничивающим продажи фактором является ограниченность источников средств. Для этого продолжительность участка повышенного спроса должна быть достаточно велика. Очевидно, желательно сократить потери продаж на участке повышенного рынка, для чего желательно уменьшать длину «лестницы», а точнее, уменьшать площадь между траекторией «лестницы» (см. рис. 5.8) и линией максимальных продаж.

Таким образом, возникает вопрос об улучшении управления по типу «лестницы». Например, постепенное снижение продаж может быть плавным, а не ступенчатым. Действительно, сделанный анализ показывает возможность реализовать постепенное снижение продаж в некоторых условиях, но не дает оснований считать управление по типу «лестницы» наилучшим, т. е. обеспечивающим максимум продаж.

В настоящей главе этот вопрос изучается путем постановки, решения и исследования задачи оптимального планирования деятельности простейшего предприятия в условиях известного изменения рынка, в частности, когда определяемые спросом максимальные продажи $r(t)$ скачкообразно изменяются от достаточно больших значений до величин, ог-

раничивающих возможный сбыт. Для решения такой оптимизационной задачи применяющиеся выше графоаналитические методы непригодны, и поэтому необходимо применение численных методов. Применение метода динамического программирования затрудняется значительным количеством возможных состояний простейшего предприятия, соответственно, высокой размерностью задачи. Поэтому в настоящей главе разрабатывается метод, ориентированный на решение задачи краткосрочного планирования предприятий, реализующий управление системами внутрипроизводственных потоков и специально приспособленный для быстрого и удобного получения оптимальных решений, что позволило ниже выполнить их исследование.

В задаче краткосрочного планирования простейшего предприятия требуется найти план функционирования на годовом периоде, обеспечивающий максимум продаж, при условии, что известны:

- 1) максимальные продажи (рынок) $r(t)$ на периоде планирования;
- 2) состояние предприятия в начале периода планирования;
- 3) параметры предприятия — оборачиваемость запаса товаров T_z , период отсрочки оплаты поставок T_k и величина собственных средств $S_{уст}$.

Для разработки численного метода и получения решений необходима формализация задачи. Обсуждения требует задание состояния предприятия в начале периода планирования. Очевидно, это состояние определяется значениями шести переменных величин в начальный момент планирования t_0 , характеризующих движение средств, потоков и источников средств предприятия, а именно: $Z(t_0), D(t_0), K(t_0), f_{pros}(t_0), f_{pos}(t_0), f_{opl}(t_0)$. Однако этого недостаточно, поскольку поток оплаты — это поток поставок, сдвинутый по оси времени вправо на отрезок времени T_k . Следовательно, начальное состояние предприятия необходимо характеризовать еще и заданием совокупности значений функции оплаты поставок на отрезке $[t_0, t_0 + T_k]$, непосредственно примыкающем к началу периода планирования:

$$f_{opl}(t) \Big|_{t \in [t_0, t_0 + T_k]}$$

Очевидно, задание этой совокупности значений представляет собой учет предыстории функционирования предприятия в моменты времени, предшествующие периоду планирования.

В формализованном виде задача краткосрочного планирования простейшего предприятия формулируется следующим образом.

Задано:

- 1) период планирования $[t_0, t_{pl}]$, где t_0 — начальный момент периода, t_{pl} — конечный момент;
- 2) максимальные продажи (рынок) на периоде планирования

$$r(t) \Big|_{t \in [t_0, t_{pl}]} \tag{5.54}$$

- 3) состояние предприятия в начальный момент

$$Z(t_0), D(t_0), K(t_0), f_{pros}(t_0), f_{pos}(t_0), f_{opl}(t) \Big|_{t \in [t_0, t_0 + T_k]} \tag{5.55}$$

4) значения параметров T_Z , T_K и $S_{уст}$.

Найти:

поставки и продажи на периоде планирования

$$f_{pos}(t) \Big|_{t \in [t_0, t_{pl}]} \quad (5.56)$$

$$f_{pros}(t) \Big|_{t \in [t_0, t_{pl}]} \quad (5.57)$$

удовлетворяющие соотношениям (5.16)–(5.25) и обеспечивающие максимум суммарных продаж в течение периода планирования

$$\int_{t_0}^{t_{pl}} f_{pros}(t) dt \rightarrow \max. \quad (5.58)$$

В задаче искомыми функциями являются интенсивности потоков поставок и продаж, тогда как оплата и функции изменения средств и источников таковыми не считаются. В части потока оплаты причина этого в том, что если решение задачи найдено, то поставки по (5.56) удовлетворяют равенству (5.18) из системы (5.16)–(5.25), по которому оплаты находятся сдвигом функции поставок по оси времени. Также нет необходимости рассматривать в качестве независимых искомым функций изменения средств и источников, поскольку они находятся по найденным потокам как результат притоков и оттоков на периоде планирования по выражениям (5.19)–(5.21).

Разработка и техника применения численного метода решения задачи представлена ниже. Метод назван *методом моделирования и оптимизации внутрипроизводственных потоков предприятий*; основан на имитационном моделировании и многомерной поисковой оптимизации и реализован в известной программной системе Excel.

Имитационное моделирование осуществляется с постоянным шагом по времени, равным одной неделе, с помощью электронной таблицы, в которой каждому шагу соответствует столбец ячеек. Формулы электронной таблицы моделируют процессы изменения во времени интенсивностей потоков, величин средств и их источников согласно соотношениям математической модели (5.16)–(5.25). Искомые функции поставок и продаж, оптимизация которых требуется в задаче, представляются в электронной таблице в виде последовательности независимых числовых значений с недельным шагом, то есть в виде двух строк. Вся совокупность этих независимых числовых значений выступает в качестве варьируемой и оптимизируется градиентными методами по критерию максимума продаж с помощью штатного поискового оптимизатора системы Excel (в переводе — «Поиск решения», в оригинале — «Solver»). На каждом шаге поисковой оптимизации автоматически проверяется выполнение неравенств математической модели (5.16)–(5.25). Для этого они задаются при настройке оптимизатора в качестве его ограничений. Возможность применения многомерного поискового оптимизатора для поиска оптимальных процессов изменения переменных величин во времени обусловлена значительностью возможного

числа независимых варьируемых величин — до 120. В рассматриваемой задаче в случае годового периода планирования и двух искомым потоков, при 48 рабочих неделях в году количество независимых варьируемых величин составляет $2 \cdot 48 = 96$, что меньше максимально допустимого. Продолжительность поиска до получения оптимального решения колеблется в пределах от десятков секунд до нескольких минут, что позволяет достаточно эффективно исследовать задачу при различных значениях параметров.

Получение оптимальных численных решений задачи представляет интерес для случая перехода к пониженному рынку, то есть на участке 4 и далее после момента t_5 (см. рис. 5.5). Причина этого в том, что оптимальное планирование в случае перехода от продаж, меньших, чем максимальные $(S_{уст} T_Z) / (T_Z - T_K)$ к участку с повышенным рынком, исследовано выше на примере перехода от участка 3 к участку 4 и заключается в кратковременной поставке партии на границе участков. Величина этой партии может находиться по диаграмме (рис. 5.5, в) как разность проекций изображающих точек на горизонтальную ось. Однако, учитывая выясненную необходимость иметь на участке 4 некоторый запас денежных средств, величина партии должна быть уменьшена в расчете на некоторый «недобор» $\Delta_1 f_{pros}$ (см. рис. 5.7, в). Поэтому численные решения изучались применительно к случаю падения рынка, когда на участке 4 предприятие функционирует с некоторым «недобором» продаж.

На рис. 5.9 представлено одно из таких решений, полученное при следующих параметрах и начальных условиях:

$$t_0 = 1 \text{ нед.};$$

$$t_{pl} = 56 \text{ нед.};$$

$$r(t) = \begin{cases} 20 \text{ тыс.руб./нед., если } t \leq 30 \text{ нед.} \\ 7 \text{ тыс.руб./нед., если } t > 30 \text{ нед.} \end{cases};$$

$$Z(t_0) = 110 \text{ тыс. руб.};$$

$$D(t_0) = 1,1 \text{ тыс. руб.};$$

$$K(t_0) = -70 \text{ тыс. руб.};$$

$$f_{pros}(t_0) = f_{pos}(t_0) = 10 \text{ тыс. руб./нед.};$$

$$f_{opt}(t) \Big|_{t \in [t_0, t_0 + T_K]} = 10 \text{ тыс.руб./нед.};$$

$$T_Z = 11 \text{ нед.}$$

$$T_K = 7 \text{ нед.}$$

$$S_{уст} = 41,1 \text{ тыс.руб.}$$

Оптимальный план в этих условиях — это заблаговременное и достаточно плавное снижение продаж, поставок и запаса товаров до постоянного пониженного уровня к моменту $t = 30$ нед. Существенное снижение наблюдается около 8-й недели, так что период

«подготовки» к падению рынка составляет приблизительно удвоенный период оборачиваемости запаса товаров.

В конце этого периода реализуется ступенчатое управление поставками и продажами, напоминающее рассмотренное выше управление по типу «лестницы». Таким образом, подтверждается сделанное выше предположение о характере оптимального плана.

Единовременная поставка партии в начале периода планирования выглядит на графике как импульс на фоне плавного уменьшения поставок и не является погрешностью решения. В многочисленных экспериментах с компьютерной программой планирования установлено, что величина и наличие единовременной поставки зависит от величины денежных средств. С их ростом величина партии увеличивается, но поставка всегда остается единовременной. При уменьшении начальных денежных средств до некоторой величины, меньшей единицы процентов от запаса товаров, единовременная поставка партии не планируется (рис. 5.10), а при дальнейшем уменьшении получить решение задачи не удастся.

Учитывая выполненный выше графоаналитический анализ, наличие единовременной поставки в оптимальном плане можно объяснить избыточностью начального запаса денежных средств, так что суммарные за период планирования продажи можно увеличить путем конвертации денег в запас товаров. Очевидно, быстрее всего и с большим приростом продаж это можно сделать путем «импульсной» поставки.

Величина партии автоматически подбирается оптимизатором так, чтобы полученный выигрыш в продажах не компенсировался более ранним началом снижения поставок и реализации, соответственно, большими потерями продаж на участке непосредственно перед падением рынка. Невозможность получить решение при слишком малом запасе денежных средств можно объяснить по аналогии с «лестничным» управлением. В таком случае на начальном участке искусственного уменьшения поставок и продаж возможно лишь незначительное снижение, что аналогично увеличению числа начальных ступеней «лестницы» и приводит к удлинению необходимого периода снижения. В результате длина отрезка времени от начального момента до падения рынка оказывается недостаточной для реализации управления.

На участке пониженного рынка, в случае, если изображающая точка находится ниже точки D (рис. 5.5, в), существует неопределенность в части возможной конвертации запаса денежных средств в запас товаров, поскольку такая конвертация не влияет на интенсивность потока продаж.

Изображающая точка может находиться в любой точке на горизонтальной линии между крайним левым и крайним правым положением. Поэтому для этого участка могут наблюдаться различные решения задачи, изменяющиеся от одной процедуры оптимизации к другой. Для снятия неопределенности задача решалась при дополнительном ограничении, требующем значения коэффициента абсолютной ликвидности не менее минимально достижимого на участке падения рынка. Это означает требование нахождения изображающей точки в крайнем левом положении, обеспечение максимально возможного запаса денежных средств и создание высоколиквидного «буфера» на непредвиденный случай.

Выполненное исследование задачи планирования простейшего предприятия позволяет сделать ряд заключений в отношении некоторых причин возможного снижения эффективности функционирования и охарактеризовать планирование в этих условиях.

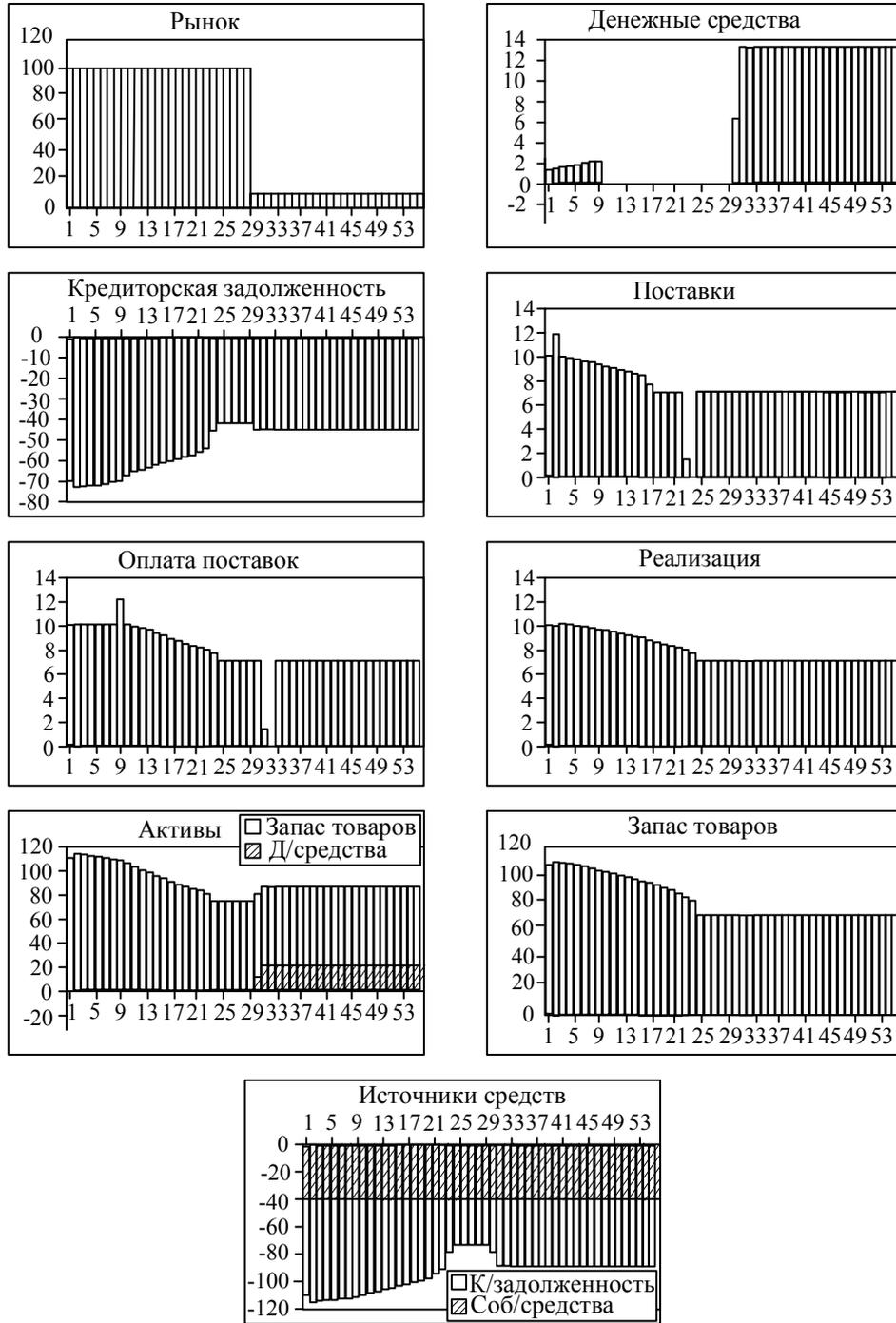


Рис. 5.9. Численное решение задачи планирования

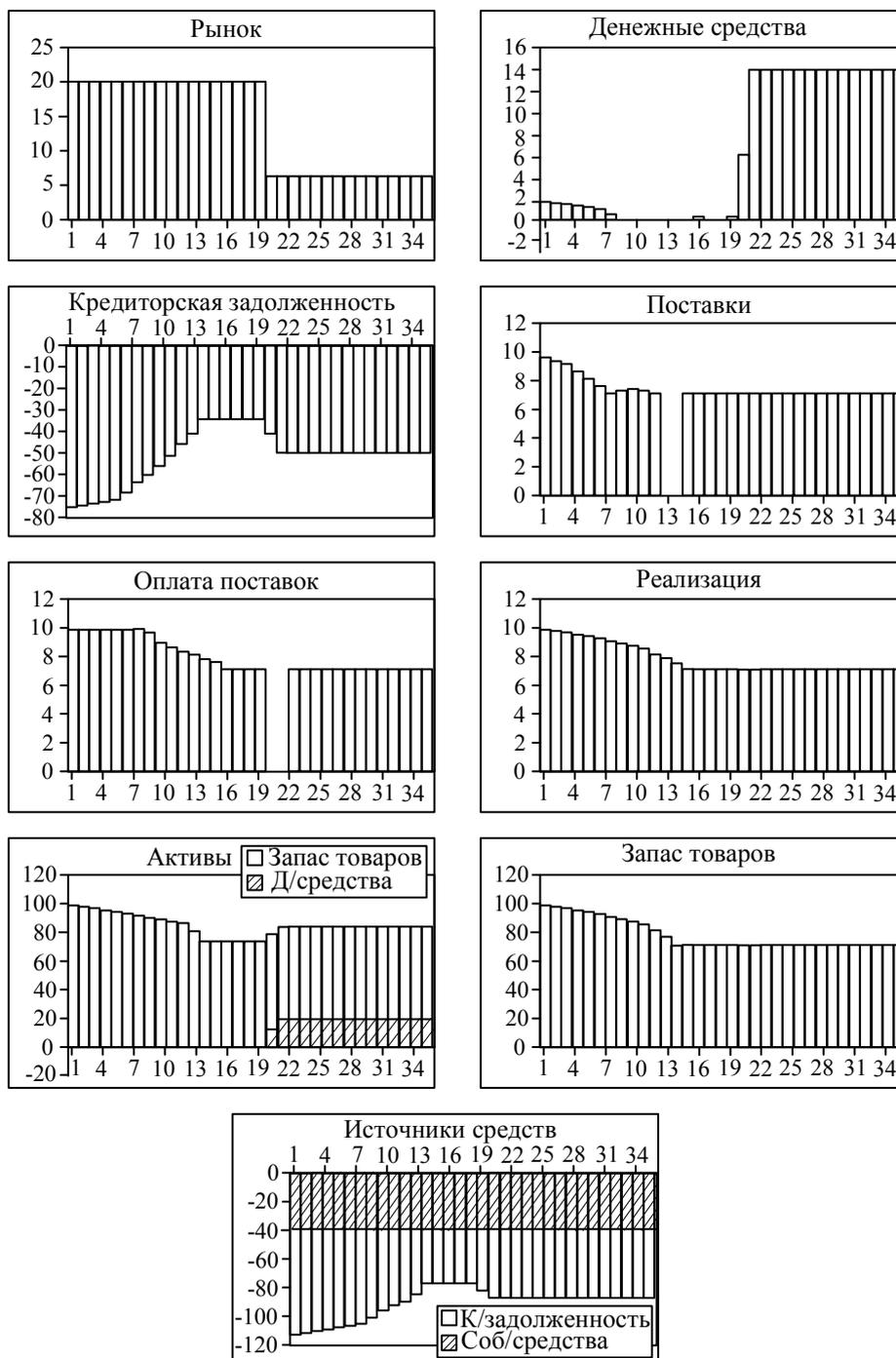


Рис. 5.10. Численное решение задачи планирования простейшего предприятия с пониженным начальным запасом денежных средств

Вопрос о соответствии финансирования и потребности в нем в условиях товарного кредита поставщиков решается графоаналитическим методом с помощью диаграммы (см. рис. 5.5, в). Диаграмма позволяет рассчитать максимальную интенсивность потока продаж, которая достижима при финансировании собственными средствами и товарным кредитом с постоянным периодом отсрочки оплаты поставок.

Если позволяет рынок, эта интенсивность обеспечивает максимум продаж и рентабельности собственных средств, большую, чем в отсутствие поставок в кредит. Однако в этих условиях необходимо планировать продажи несколько заниженные по сравнению с максимально достижимыми, что обеспечит снижение риска неплатежеспособности при возможном снижении спроса.

Если в качестве ограничений продаж выступает рыночный спрос, диаграмма позволяет выяснить избыточность финансирования и возможные пределы конвертации избыточного запаса товаров в запас денежных средств без снижения рентабельности. С точки зрения минимизации рисков в этом случае желательно иметь больший запас денежных средств.

Резкие изменения рыночного спроса (которые в рамках задачи планирования рассматриваются как предсказуемые) приводят к существенно различным последствиям как в части рисков, так и в отношении планирования.

Случай, когда рыночные ограничения продаж изменяются с уровня, меньшего, чем позволяет финансирование, на больший, можно назвать благоприятным. И переход следует планировать в виде единовременной поставки партии в момент увеличения непрерывной интенсивности потока поставок, что обеспечивает максимальную рентабельность.

Случай уменьшения рыночных продаж до уровня, меньшего чем позволяет финансирование, содержит потенциальную опасность ситуации неплатежеспособности и требует плавного перехода продаж и поставок к пониженному уровню.

Оптимальные по рентабельности планы перехода могут быть построены с помощью разработанного метода моделирования и оптимизации.

Процессы, возникающие при этих переходах в системе внутрипроизводственных потоков, можно назвать переходными. При этом модель простейшего предприятия безынерционна при необходимости увеличения продаж и проявляет определенную инерцию при их снижении.

5.2. Метод поточно-запасных характеристик краткосрочного планирования деятельности корпорации

Методы краткосрочного планирования, разработанные выше, в настоящем разделе развиваются и углубляются на основе известной концепции *поточно-финансовых структур* (ПФС). Ее основные положения впервые предложены в [18]. Однако до настоящего времени не разработаны применительно к математическому представлению и решению задач планирования предприятий, что составляет основное содержание настоящего раздела.

Концепция ПФС основывается на строго количественном представлении системы средств, источников и потоков средств предприятий в виде сети, в узлах которой находятся накопители, аналогичные укрупненным финансовым счетам, а дуги сети изображают потоки средств, соответствующие проводкам. Подобное представление систем внутрипроизвод-

ственных потоков реализовано выше применительно к модели простейшего предприятия и в настоящем и следующем разделах развивается для более сложной структуры средств типового предприятия. Применение концепции ПФС и ее развитие позволяют сформулировать и решить ряд задач, обосновывающих приемы краткосрочного планирования для условий типового предприятия, в частности, с учетом производственно-финансовых рисков.

Концепция поточно-финансовых структур (ПФС). В рамках этой концепции разрабатываются необходимые приемы математического описания системы средств, источников и потоков средств предприятия, а также способы соответствующего графического представления.

Потоки средств представляются непрерывными переменными величинами — векторами и изображаются в виде линий, по отношению к которым определено положительное направление движения средств (рис. 5.11). На рисунке показаны три потока $f_1(t)$, $f_2(t)$ и $f_3(t)$, для которых положительные направления указаны стрелками. Значения переменных величин равны интенсивностям потоков и считаются положительными, когда средства движутся в направлении стрелок, и отрицательными в противном случае.

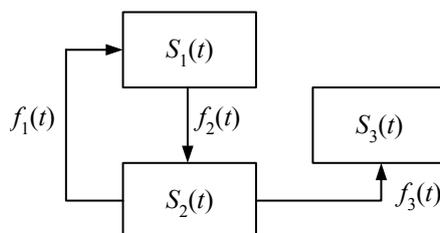


Рис. 5.11. Потоки и накопители средств

С помощью блоков-накопителей изображаются аналоги укрупненных учетных счетов, содержимое которых представляет остаток счетов — сальдо в виде непрерывных переменных величин, на рисунке это $S_1(t)$, $S_2(t)$ и $S_3(t)$. Сальдо счетов является дебетовым, если итоговые притоки средств больше итоговых оттоков, и кредитовым, если отток больше. Поэтому значения переменных величин, изображающих остатки, считаются положительными в случае дебетового сальдо и отрицательными в случае сальдо кредитового. Таким образом, при положительном значении содержимого блок-накопитель изображает средства предприятия, его активы, а при отрицательном — источники средств.

Единицы измерения средств и источников — стоимостные, например, рубли, интенсивности потоков измеряются в единицах стоимости, деленных на единицы времени.

В соответствии с методом двойной записи любое движение средств может быть зафиксировано в виде так называемой простой проводки с дебетом одного счета и кредитом другого, поэтому соответствующие таким проводкам потоки всегда исходят из одного накопителя и входят в другой. В результате ПФС-предприятия оказываются замкнутыми.

Баланс средств и источников средств в ПФС записывается в виде

$$\sum_i S_i = 0,$$

где i — индекс накопителя — укрупненного счета, т. е. сумма положительных содержимых-активов равна по абсолютной величине сумме отрицательных содержимых-

источников средств. Обосновать условие баланса можно следующим образом. В начальный момент функционирования предприятия содержимое счетов-накопителей было нулевым, поэтому условие баланса соблюдалось. Поток средств может иметь место между какими-либо двумя накопителями, содержимое которых имеет либо одинаковые знаки, либо противоположные. В первом случае происходит перераспределение общей суммы остатков, положительной или отрицательной, между отдельными накопителями, что не влияет на всю величину суммы, а значит, и на выполнимость условия баланса. Во втором случае сумма положительных остатков и сумма отрицательных остатков увеличивается или уменьшается на одну и ту же величину, что так же не нарушает баланса. Следовательно, условие баланса соблюдается всегда.

Текущее содержимое накопителей, т. е. содержимое в данный момент, — результат притоков и оттоков на отрезке времени от начального до текущего с учетом содержимого в начальный момент. Такое соотношение в математической записи выражается с помощью определенного интеграла. Для нижнего накопителя на рис. 5.11

$$S_2(t) = \int_{t_0}^t [f_2(t) - f_1(t) - f_3(t)] dt + S_2(t_0),$$

где t_0 — начальный момент, $S_2(t_0)$ — содержимое накопителя в начальный момент.

После дифференцирования определенного интеграла по времени

$$\frac{dS_2(t)}{dt} = f_2(t) - f_1(t) - f_3(t),$$

т. е. скорость изменения содержимого накопителя равна суммарной интенсивности притоков и оттоков.

Способы количественного описания системы потоков, предлагаемые в концепции ПФС, являются распространенными и совершенно обычными в технических науках и разработках, где накоплен весьма значительный опыт применения этих способов, что позволяет использовать концепцию ПФС как основу дальнейшего развития количественных методов анализа.

Условные обозначения и уравнения функционирования ПФС. ПФС изображаются графически с помощью специально разработанных условных обозначений (рис. 5.12).

В системах средств предприятий существуют функциональные зависимости между интенсивностями потоков, например, поток налога на прибыль составляет определенную часть потока налогооблагаемой прибыли. Наличие функциональной зависимости изображают знаком «вентиля» на линии потока (рис. 5.12, а), а пунктирная линия показывает передачу информации об аргументах функции.

На рисунке $f_2(t) = F[f_1(t)]$, где F — функция, изображающая в общем виде зависимость интенсивности одного потока от интенсивности другого. Кружок, откуда исходит пунктирная линия, обозначает отбор информации. Интенсивность потока может функционально зависеть от величины содержимого накопителя (рис. 5.12, б) или зависеть одновременно от нескольких аргументов (рис. 5.12, д).

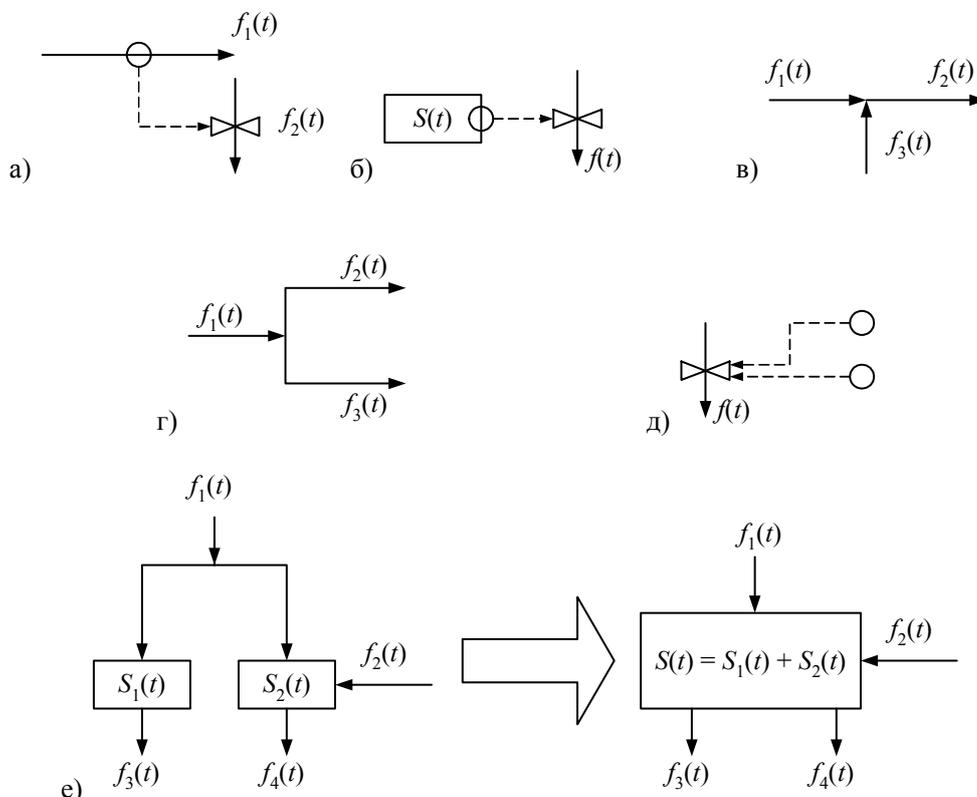


Рис. 5.12. Условные обозначения ПФС:

- а), б) — функциональные зависимости, в), г) — слияния и расщепления потоков,
- д) — функциональные зависимости с несколькими аргументами,
- е) — агрегирование накопителей

Слияния и расщепления потоков соответствуют алгебраическим суммированиям интенсивности, для рис. 5.12, в

$$f_1(t) + f_3(t) = f_2(t),$$

а для рис. 5.12, г

$$f_1(t) = f_2(t) + f_3(t).$$

Нетрудно видеть, что как метод двойной записи бухгалтерского учета, так и концепция ПФС реализуют закон сохранения средств: если где-то есть приток средств, то где-то должен быть отток средств в таком же количестве. При таком понимании движения средств очевидны правила агрегирования (рис. 5.12, е), согласно которым несколько накопителей можно представить одним накопителем — агрегатом с содержанием, равным алгебраической сумме содержимых агрегируемых блоков. При этом можно корректировать структуру потоков: так, на рисунке расщепление потока $f_1(t)$ на два других потока с точки зрения расчета содержимого агрегата оказывается несущественным.

Применение ПФС для изображения деятельности предприятий. В настоящем подразделе рассматриваются некоторые характерные приемы представления деятельности предприятия с помощью ПФС, включая приобретение активов, производство и реализацию продукции, амортизацию основных средств, ссуды банка и расчеты с покупателями и поставщиками.

В результате приобретения активов какой-либо разновидности, например, материалов (рис. 5.13), количество денежных средств уменьшается, а количество материалов в стоимостном измерении увеличивается на эту же сумму. Актив одной разновидности превращается, «перетекает» в другой, при этом интенсивность потока этого «перетекания» представляется переменной величиной $f(t)$, измеряемой, например, в тысячах рублей в неделю.

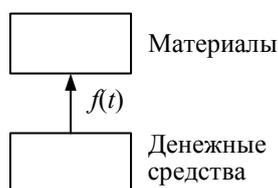


Рис. 5.13. Приобретение материалов:

$f(t)$ — поток средств приобретения материалов

Изображение интенсивности потока в виде функции времени означает, что в каждый момент интенсивность имеет некоторое мгновенное числовое значение, которое можно представить в виде графика. Пусть, например, в результате множества бухгалтерских проводок с дебетом счета материалов и кредитом счета денежных средств известны общие суммы, на которые приобретались материалы в 1-ю, 2-ю, ... недели. Тогда на графике $f(t)$ изображаются точки интенсивности потоков в эти недели, а сам график получается путем соединения точек с помощью линии. Таким образом, считается, что интенсивность потока имеет некоторое мгновенное значение во все промежуточные моменты времени между границами недель. То есть считается, что интенсивность потоков, так же как и другие переменные величины в ПФС, является функциями непрерывного времени, несмотря на то, что хозяйственные операции осуществляются одномоментно в дискретные моменты. Это обстоятельство существенно, поскольку таким образом создается возможность рассматривать производные по времени функции и записывать дифференциальные уравнения.

В результате внесения денежных средств в уставный фонд предприятия (рис. 5.14) количество денежных средств увеличивается, а суммарное изъятие из накопителя, изображающего уставный фонд, по абсолютной величине увеличивается как результат оттока средств. Поскольку в методологии ПФС изъятие из накопителя изображается отрицательными числами, переменная величина, представляющая содержимое уставного фонда, является отрицательной и увеличивается по абсолютной величине на внесенную сумму денег. Поток $f(t)$ может быть потоком продаж акций предприятия. В случае, когда собственник изымает средства из уставного фонда в виде денег, ПФС (рис. 5.14) остается неизменной, а интенсивность потока изъятия средств $f(t)$ следует считать отрицательной, соответственно направлению движения средств, противоположному стрелке на рисунке.

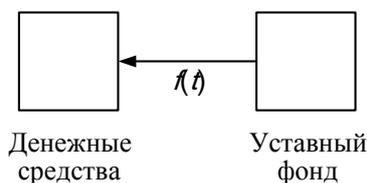


Рис. 5.14. Образование уставного фонда:

$f(t)$ — поток денежных средств, вносимых в уставный фонд

ПФС производства продукции (рис. 5.15) можно считать композицией простейших структур рис. 5.13 конвертации активов одних видов в другие. В данном случае стоимость незавершенного производства складывается из стоимости материалов, отпущенных в производство, и заработной платы рабочих, занятых в изготовлении продукции.

В процессе реализации продукции (рис. 5.16) поток выручки $f_2(t)$ складывается из потока себестоимости реализованной продукции $f_1(t)$ и потока валовой прибыли $f_3(t)$:

$$f_2(t) = f_1(t) + f_3(t)$$

В результате оттока по потоку прибыли из правого нижнего накопителя в нем образуется изъятие средств, соответствующее кредитовому салдо счета «реализация», абсолютная величина отрицательного содержимого увеличивается, представляя таким образом накопление прибыли от реализации. По потоку $f_4(t)$ в его положительном направлении в конце учетного периода одновременно перемещается сумма, равная прибыли, накопленной в блоке реализации, что соответствует закрытию одноименного счета. В результате содержимое блока становится равным нулю, а отрицательное содержимое накопителя прибыли учетного периода увеличивается на сумму накопленной валовой прибыли. Следовательно, прибыль в ПФС представляется как отрицательное содержимое накопителей, как это и должно быть в соответствии с методологией ПФС применительно к источникам средств. Следует отметить, что в последующих учетных операциях валовая прибыль учетного периода должна быть уменьшена на затраты, не отнесенные к себестоимости продукции, и на амортизацию основных средств, в результате чего получается налогооблагаемая прибыль.

ПФС приобретения и амортизации основных средств (рис. 5.17, слева) состоит из двух не связанных друг с другом структур, поскольку в бухгалтерском учете для первоначальной стоимости основных средств и их накопленного износа существуют отдельные счета. Износ основных средств в учете рассматривается как источник, и поэтому в ПФС соответствующий блок имеет отрицательное содержимое. Поток амортизации основных средств $f_2(t) > 0$ образует это отрицательное содержимое за счет оттока и уменьшает абсолютную величину отрицательного содержимого в накопителе прибыли учетного периода за счет притока, что необходимо для расчета налогооблагаемой прибыли. Если есть необходимость изобразить основные средства по остаточной стоимости, как это делается в бухгалтерской отчетности, то ПФС преобразуется (рис. 5.17, справа). Накопители, обведенные пунктирной рамкой, агрегируются, содержимое агрегата становится равным сумме агрегируемых содержимых, то есть, с учетом отрицательности накопленного износа, остаточная стоимость основных средств равна первоначальной минус износ.

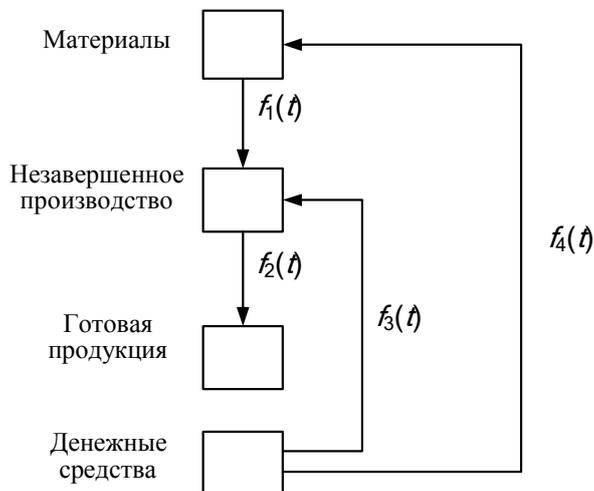


Рис. 5.15. Производство продукции:

$f_1(t)$ — расход материалов в производстве, $f_2(t)$ — выпуск готовой продукции, $f_3(t)$ — поток заработной платы рабочих, $f_4(t)$ — приобретение материалов, поставки и оплата синхронны

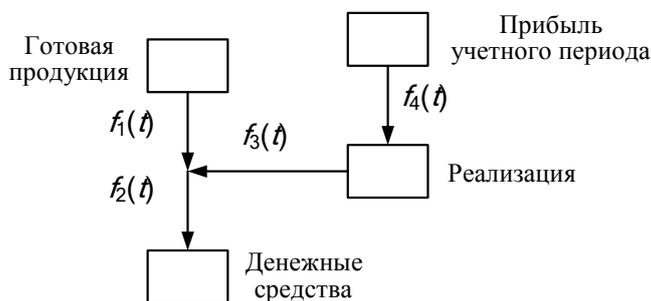


Рис. 5.16. Реализация и прибыль:

$f_1(t)$ — продажи готовой продукции, в себестоимости, $f_2(t)$ — выручка от продаж, $f_3(t)$ — прибыль валовая, $f_4(t)$ — закрытие счета реализации в конце учетного периода

В ПФС ссуд банка (рис. 5.18) отдельный поток $f_1(t)$ имеется для основных сумм ссуды, и отдельный — для процентов. Если $f_1(t) > 0$, то это получение ссуды, если $f_1(t) < 0$, то это возврат.

Когда сумма получена, но не возвращена, содержимое накопителя ссуд отрицательно и изображает источник средств. Поток $f_2(t)$ представляет уплату процентов банку. В результате сумма денежных средств предприятия уменьшается, а соответствующие затраты могут уменьшать прибыль, реализуя приток в накопитель прибыли, или (как это показано на рисунке) могут относиться на незавершенное производство. Получение и возврат ссуд обычно представляют собой единовременные хозяйственные операции, поэтому в моменты времени, когда нет получения или возврата средств, интенсивность потока $f_1(t)$ равна

нулю (рис. 5.18, справа). В момент получения ссуды интенсивность потока положительна и бесконечно велика, поскольку продолжительность единовременной операции получения ссуды следует считать нулевой. На графике получение ссуды изображено в виде положительного «импульса», но площадь которого не бесконечна, а численно равна сумме ссуды, так что притоки и оттоки средств, равные определенному интегралу от интенсивности потока, как раз будут равны величине заимствования. В момент возврата ссуды интенсивность потока равна $-\infty$, а площадь «импульса», разумеется, представляет сумму ссуды. Аналогично, с помощью «импульсных» значений могут представляться потоки других разновидностей, представляющих единовременные движения средств, например, уплата процентов, закрытие счетов, начисление износа и приобретение оборудования.

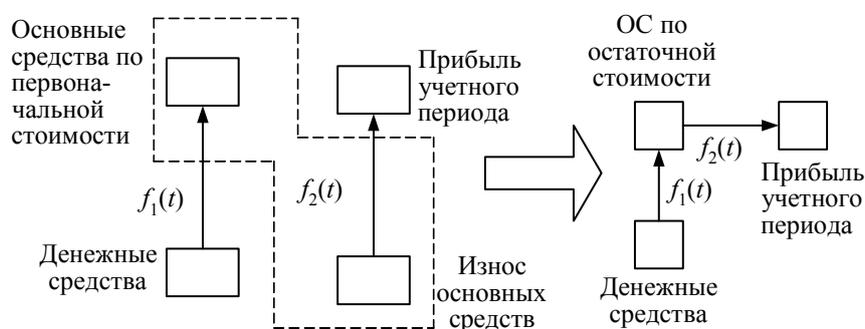


Рис. 5.17. Основные средства и амортизация:

$f_1(t)$ — приобретение основных средств, $f_2(t)$ — амортизация основных средств

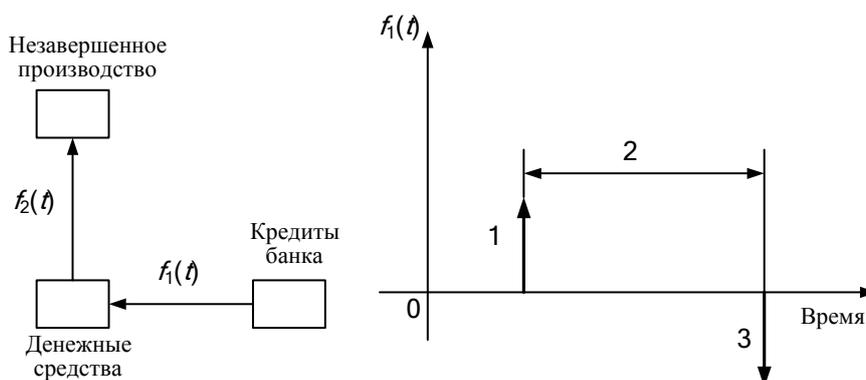


Рис. 5.18. Ссуды банка:

$f_1(t)$ — поток основной суммы ссуды, $f_2(t)$ — проценты за пользование ссудой,
1 — получение ссуды, 2 — срок ссуды, 3 — возврат ссуды

В рассматриваемой выше ПФС приобретения материалов (см. рис. 5.13) предполагалось, что поступление актива на предприятие и оплата поставок синхронны. В случае по-

ставок на условиях товарного кредита оплата может отставать от фактического поступления на значительный период времени и поэтому возникает необходимость учитывать средства в расчетах (рис. 5.19).



Рис. 5.19. Расчеты с поставщиками и возникновение кредиторской задолженности предприятия поставщикам:
 $f_1(t)$ — поставки до оплаты, $f_2(t)$ — оплата после поставок

Можно считать, что соответствующая ПФС получается из структуры рис. 5.13 путем разрыва линии потока $f(t)$ и помещения в место разрыва накопителя кредиторской задолженности предприятия поставщику. Так как поток поставок $f_1(t)$ опережает поток оплаты $f_2(t)$, то изъятие средств из накопителя осуществляется раньше притока, аннулирующего изъятие, в результате чего содержимое накопителя оказывается отрицательным, то есть возникает источник средств. Аналогично, в случае предоплаты поступление денег опережает поступление материалов и блок расчетов представляет дебиторскую задолженность поставщика предприятию, то есть актив с положительным содержанием. Сходным образом формируется ПФС поставок готовой продукции (или товаров) покупателям, когда типична отсрочка оплаты поставок с возникновением дебиторской задолженности (рис. 5.20).



Рис. 5.20. Расчеты с покупателями и возникновение дебиторской задолженности:
 $f_1(t)$ — поставки до оплаты, $f_2(t)$ — оплата после поставок

Типовое предприятие. Проблемы и особенности финансового управления каждого отдельного предприятия неповторимы и разнообразны, как разнообразна хозяйственная деятельность. Несмотря на это, в финансовом управлении разными предприятиями есть много

общего и характерного, поскольку сходны объекты управления — система средств, источников и потоков средств, представление о которой дает рис. 5.2. В этой системе типичны:

- движение средств в цикле «деньги-товар-деньги» — оборотном цикле, служащем основой существования предприятия. К этому циклу можно отнести постоянные и переменные затраты, прибыль, налоги, дивиденды, а также накопление нераспределенной прибыли;
- движение основных средств, включая приобретение и амортизацию;
- внесение средств в уставный фонд предприятия. Характерно внесение средств в денежной форме; возможен обратный процесс изъятия из уставного фонда, например, путем выкупа собственных акций;
- использование заемных средств в виде краткосрочных ссуд.

Анализировать такую типичную систему средств удобно, полагая, что это средства некоторого гипотетического предприятия, которое будет ниже называться типовым.

Типовое предприятие рассматривается на краткосрочных отрезках времени и поэтому в центре внимания находится управление оборотными средствами. Хозяйственная деятельность может состоять как в производстве продукции, так и быть чисто коммерческой. Товары реализуются покупателям в кредит с отсрочкой оплаты, поставки материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий (либо товаров в случае торговой деятельности) также осуществляются в кредит.

Некоторые особенности функционирования типового предприятия, существенные для финансового управления, рассматриваются как возможности, которые либо реализуются, либо нет. В ходе анализа «по умолчанию», т. е. в отсутствие специальной оговорки, считается, что типовое предприятие не пользуется внешним финансированием, а цены реализации товаров и цены поставок неизменны.

Затраты типового предприятия подразделяются на постоянные и переменные. Поток переменных затрат опережает по времени выпуск готовой продукции и/или получение выручки от продаж товаров, так как средства находятся некоторое время в виде материалов, незавершенного производства (или в виде запаса товаров коммерческого предприятия). Время опережения, называемое обычно длительностью производственного или торгового цикла, в случае типового предприятия существенно больше аналогичного времени для постоянных затрат (так, заработная плата служащих, как правило, выплачивается с двухнедельным запаздыванием). Поэтому, учитывая сопоставимость с годом отрезка времени, на котором анализируется предприятие (периода анализа или планирования), считается, что несинхронность фактического осуществления и оплаты постоянных затрат пренебрежимо мала. Это позволяет представить постоянные затраты в виде одного потока, не выделяя самостоятельный поток их оплаты.

Приобретение основных средств и движение средств по уставному фонду в типовом предприятии представляют собой нерегулярные эпизодические операции, продолжительность которых мала по сравнению с периодом анализа.

Функционирование типового предприятия как процесс движения средств в сети потоков, накопителей и источников средств с помощью поточно-финансовой методологии представляется в виде поточно-финансовой структуры, выполняющей функцию принципиальной схемы системы потоков (рис. 5.21).

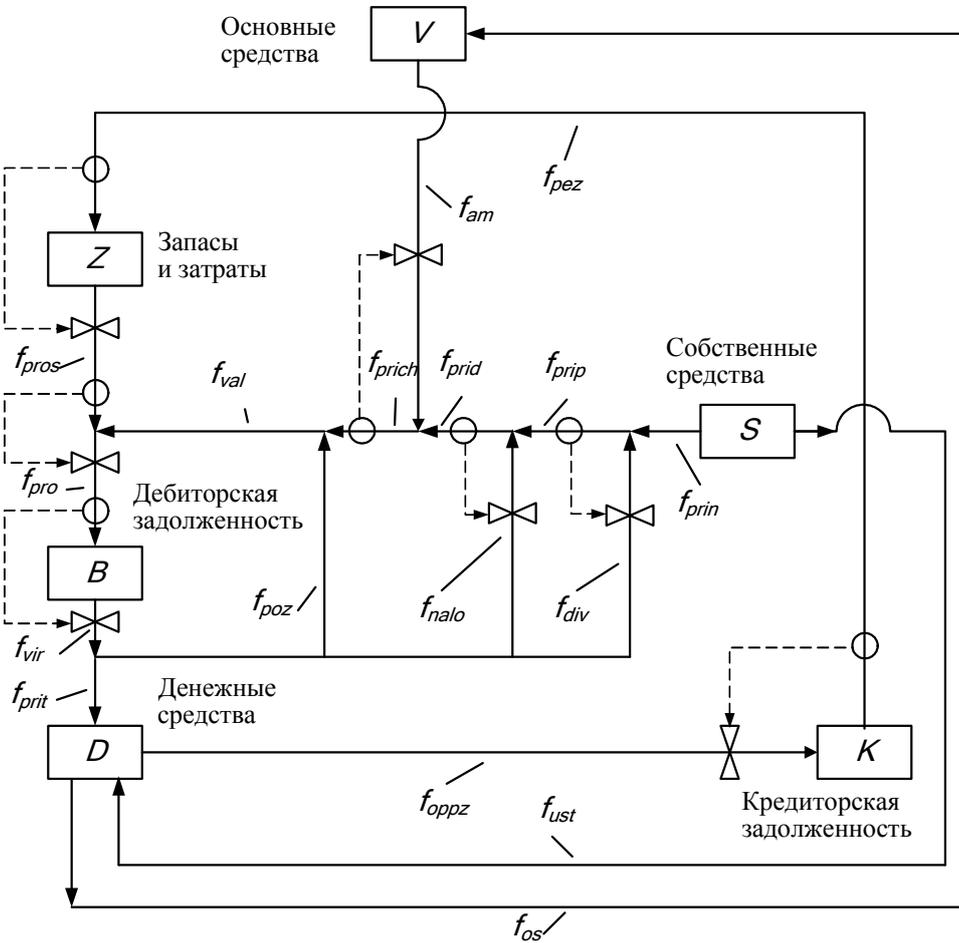


Рис. 5.21. Средства, источники и потоки средств предприятия:

f_{pro} — продажи, f_{vir} — выручка, f_{pros} — продажи, в себестоимости, f_{pez} — переменные затраты, f_{oppz} — оплата переменных затрат, f_{val} — валовая прибыль, f_{poz} — постоянные затраты, f_{prich} — чистая прибыль, f_{prid} — налогооблагаемая прибыль, f_{nalo} — налог на прибыль, f_{prip} — прибыль после уплаты налога, f_{div} — дивиденды, f_{prin} — нераспределенная прибыль, f_{am} — амортизация, f_{os} — приобретение основных средств, f_{ust} — движение средств по уставному фонду, f_{prit} — приток денежных средств

Сначала рассматривается формирование ПФС оборотного цикла с получением и распределением прибыли (рис. 5.22), т. е. формирование части всей ПФС предприятия. Оборотные средства движутся по внешнему замкнутому контуру, последовательно принимая форму запасов и затрат (материалов, незавершенного производства, готовой продукции или запаса товаров), дебиторской задолженности покупателей за реализованные в кредит товары, денег и кредиторской задолженности предприятия поставщикам.

Потоки, образующие оборотный цикл, — это продажи f_{pro} и продажи в себестоимости f_{pros} , выручка f_{vir} , оплата переменных затрат f_{oppz} , переменные затраты f_{pez} .

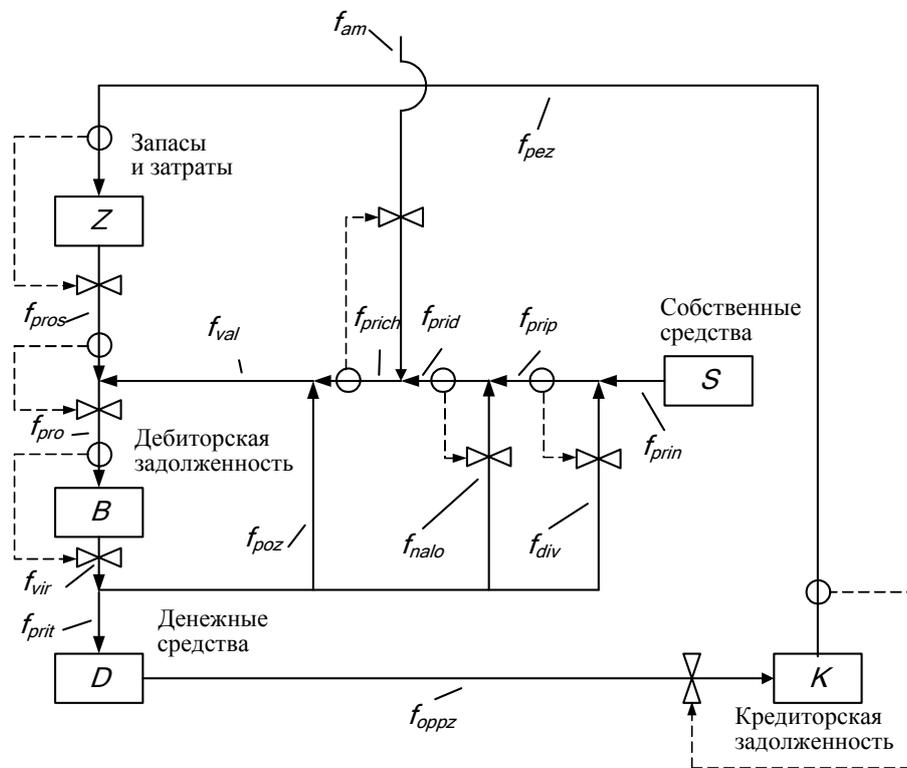


Рис. 5.22. Оборотный цикл движения средств:

f_{pro} — продажи, f_{vir} — выручка, f_{pros} — продажи, в себестоимости, f_{pez} — переменные затраты, f_{oppz} — оплата переменных затрат, f_{val} — валовая прибыль, f_{poz} — постоянные затраты, f_{prich} — чистая прибыль, f_{prid} — налогооблагаемая прибыль, f_{nalo} — налог на прибыль, f_{prip} — прибыль после уплаты налога, f_{div} — дивиденды, f_{prin} — нераспределенная прибыль, f_{am} — амортизация, f_{prit} — приток денежных средств

Потоки продаж и продаж в себестоимости изображают собой один и тот же материальный поток реализуемых товаров, измеренный в ценах продаж и в себестоимости соответственно:

$$f_{pro} = C_{prod} \cdot N \quad (5.59)$$

$$f_{pros} = C_{seb} \cdot N, \quad (5.60)$$

где N — поток продаж в натуральных единицах измерения, например, шт./месяц, C_{prod} — цена продаж единиц товара, C_{seb} — себестоимость единицы товара.

После деления (5.59) на (5.60) и умножения обеих частей равенства на f_{pros} получается выражение f_{pro} через поток продаж в себестоимости и соотношение цены продаж и себестоимости:

$$f_{pro} = \frac{C_{prod}}{C_{seb}} \cdot f_{pros} \quad (5.61)$$

Выражению (5.61) на поточно-финансовой диаграмме соответствует знак функции («вентиля») на линии потока продаж.

В случае типового предприятия, производящего продукцию, переменные затраты f_{pez} — это в основном вложения в материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия и заработную плату рабочих-сдельщиков; в случае чисто коммерческой деятельности основная часть переменных затрат — поставки товаров. И в том, и в другом случае оплата переменных затрат отстает от их осуществления, так как в типовом предприятии поставки оплачиваются с отсрочкой, и выплата заработной платы отстает от ее начисления. Как правило, есть основания полагать, что величина отставания будет постоянной. На рис. 5.23 (а) показано отставание на постоянную величину, которое записывается в виде

$$f_{oppz}(t) = f_{pez}(t - T_k) \quad (5.62)$$

и означает параллельный сдвиг по оси времени одного графика относительно другого (согласно поточно-финансовой методологии, пассивы изображаются отрицательными числами, поэтому графики находятся под горизонтальной осью). На поточно-финансовой структуре (рис. 5.22) зависимость (5.62) показана знаком функции на потоке оплаты переменных затрат с получением информации об их текущем значении.

Упомянутое выше опережение выпуска готовой продукции переменными затратами (рис. 5.23, в) отличается от случая задолженности тем, что время опережения T_z , основную часть которого составляет длительность производственного цикла, или периода оборачиваемости товаров в случае торговли, нельзя считать постоянной. С ростом интенсивности потока длительности циклов увеличиваются: производственный цикл растет при приближении к предельной пропускной способности (производственной мощности) из-за возникновения больших очередей перед рабочими местами, а оборачиваемость запаса товаров ухудшается из-за перегрузки торгового аппарата и транспортных путей. На рисунке показано, что до уровня A время опережения было постоянным, а далее увеличилось

$$f_{pros}(t) = f_{pez} [(t - T_z(f_{pros}))], \quad (5.63)$$

где в виде $T_z(f_{pros})$ записана функциональная зависимость опережения от нагрузки, эта зависимость обозначена на рис. 5.22 знаком функции.

Временной сдвиг потоков при прохождении дебиторской задолженности (рис. 5.23, б) аналогичен случаю кредиторской и на ПФС также изображается знаком функции

$$f_{vir}(t) = f_{pro}(t - T_B), \quad (5.64)$$

где T_B — период отсрочки оплаты продаж.

Валовая прибыль (маржинальный доход) равна разности между продажами и себестоимостью проданных товаров

$$f_{val} = f_{pro} - f_{pros}. \quad (5.65)$$

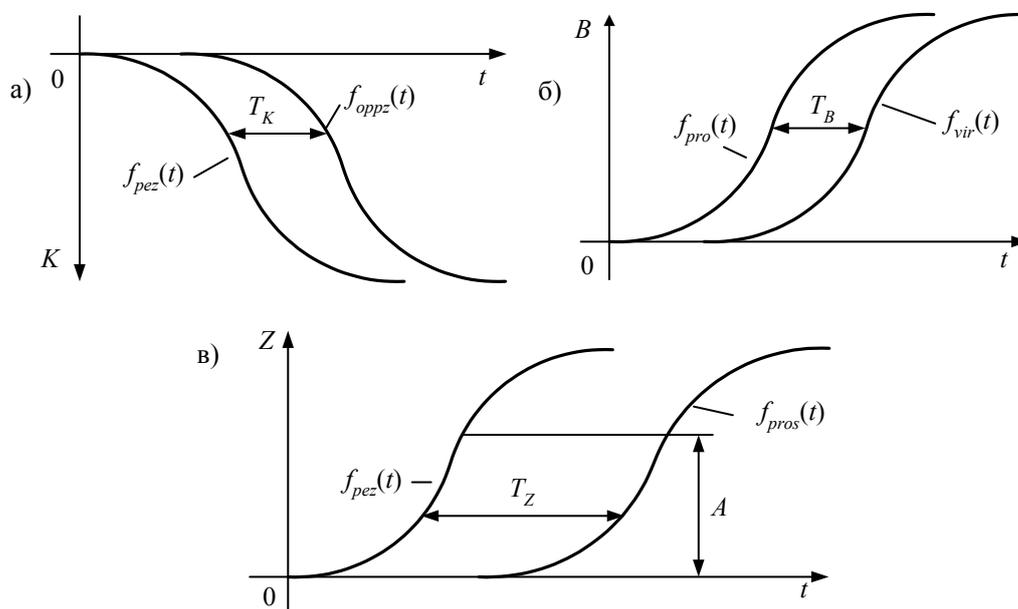


Рис. 5.23. Запоздывания и опережения входных и выходных потоков для блоков:
 а) — кредиторской задолженности, б) — дебиторской задолженности, в) — запасов и затрат

Этому выражению на диаграмме соответствует слияние потоков продаж в себестоимости и валовой прибыли. Валовая прибыль расщепляется на постоянные затраты и чистую прибыль, иначе говоря, чистая прибыль — остаток после расходования части валовой прибыли на постоянные затраты

$$f_{prich} = f_{val} - f_{poz}. \quad (5.66)$$

Из чистой прибыли вычитается амортизация, получается налогооблагаемая прибыль (прибыль до налогообложения)

$$f_{prid} = f_{prich} - f_{am}. \quad (5.67)$$

Величина амортизации может зависеть от величины чистой прибыли: так, если чистая прибыль равна нулю, то нулю равняется и поток амортизации. Зависимость может быть достаточно сложной и изображена в виде знака функции на потоке амортизации; пунктир символизирует получение информации о величине чистой прибыли

$$f_{am} = f_{am}(f_{prich}). \quad (5.68)$$

Поток налога на прибыль рассчитывается по величине налогооблагаемой прибыли путем умножения на ставку налогообложения, что изображено в виде функциональной зависимости потока налога от потока налогооблагаемой прибыли

$$f_{nalo} = f_{nalo}(f_{prid}). \quad (5.69)$$

Прибыль, оставшаяся после уплаты налога на прибыль, называемая прибылью после уплаты налога, равна

$$f_{prip} = f_{prid} - f_{nalo}. \quad (5.70)$$

Структура и соотношения потоков в связи с уплатой дивидендов аналогичны: поток дивидендов составляет определенную долю от прибыли после налогообложения, оставшаяся после уплаты дивидендов часть прибыли f_{prip} называется нераспределенной прибылью

$$f_{prin} = f_{prip} - f_{div} \quad (5.71)$$

$$f_{div} = f_{div}(f_{prip}). \quad (5.72)$$

Нераспределенная прибыль, накапливаясь, становится частью собственных средств, что на диаграмме изображено вхождением потока f_{prin} в блок S .

Как видно, предполагается синхронность во времени постоянных затрат и их оплаты, а также начисления налога и дивидендов и их уплаты. Реально, однако, оплата обычно отстает во времени, так что образуется пассив, называемый счетами начислений. Тем не менее предположение о синхронности не искажает суммы пассивов, поскольку соответствующие средства, хотя и несколько ранее по времени, будут изображаться в том же количестве в виде нераспределенной прибыли.

Далее формируется полная ПФС предприятия (рис. 5.21), включающая в себя сформированную ПФС оборотного цикла. Движение основных средств и средств по уставному фонду изображается блоком основных средств V и двумя потоками, частично охватывающими оборотный цикл: это приобретение основных средств f_{os} и внесение средств в уставный фонд f_{ust} . Поток амортизации «плавно» уменьшает величину основных средств; в момент приобретения основных средств содержимое накопителя денежных средств скачкообразно уменьшается, а основных средств — увеличивается на ту же сумму, так как в типовом предприятии эта операция выполняется «мгновенно». Внесение средств в уставный фонд выражается в увеличении абсолютной величины S и значения D на одно и то же число.

Поточно-запасные характеристики (ПЗХ). Эти характеристики изображают графически зависимость величины содержимого накопителя от интенсивности проходящего через накопитель потока в установившемся режиме функционирования, когда $G(t) = \text{const}$, (т. е. $G'(t) = 0$), где $G(t)$ — содержимое накопителя, и, следовательно, интенсивность суммарного входящего потока постоянна и равна интенсивности суммарного исходящего (рис. 5.24 и 5.25)

$$f_{вх}(t_{\infty}) = f_{вых}(t_{\infty}) = f(t_{\infty}) = \text{const},$$

где в виде функций от t_{∞} обозначены пределы этих функций при $t \rightarrow \infty$. Постоянство потока $f(t_{\infty})$ следует из того, что режим функционирования установившийся.

В случае типового предприятия ПЗХ дебиторской и кредиторской задолженности представляют собой прямые линии, ПЗХ запасов и затрат асимптотически приближается к уровню максимальной пропускной способности (максимальной производственной мощности). Угол наклона прямолинейного участка ПЗХ определяется показателем оборачиваемости. В случае запасов и затрат характер графика ПЗХ можно объяснить ростом дли-

тельности производственного (или торгового) цикла с увеличением интенсивности потока. В случае дебиторской и кредиторской задолженности оборачиваемость и наклон графиков определяются периодами отсрочки оплаты.

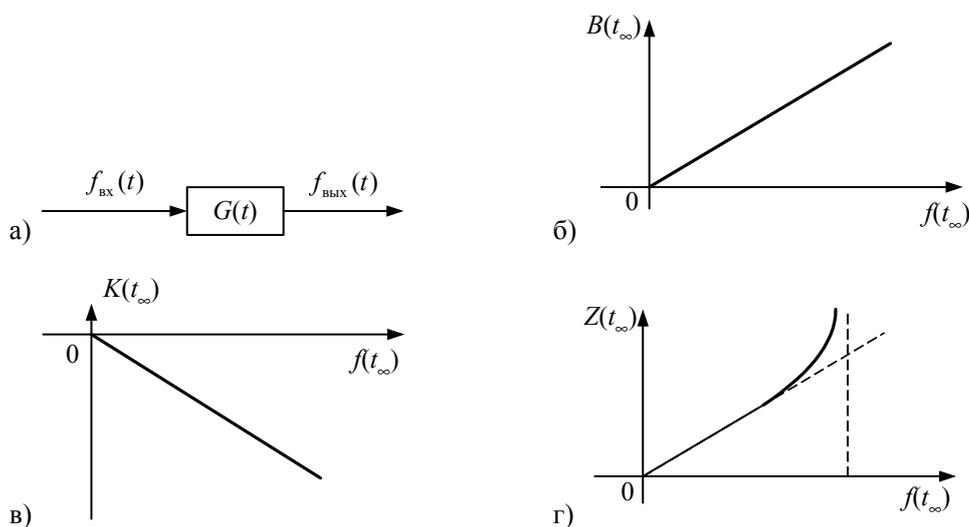


Рис. 5.24. Поточно-запасные характеристики:

а) — накопитель, б) — ПЗХ дебиторской задолженности, в) — ПЗХ кредиторской задолженности, г) — ПЗХ запасов и затрат

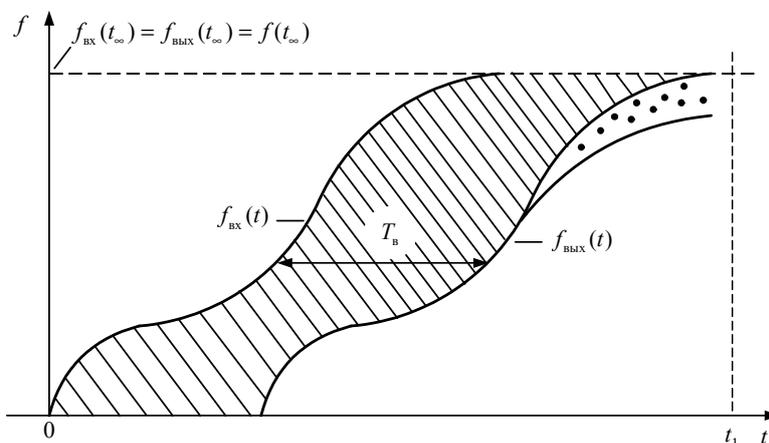


Рис. 5.25. Процесс перехода к установившемуся режиму функционирования накопителя

Вид графиков ПЗХ нуждается в обосновании. Рассмотрим обоснование на примере дебиторской задолженности.

Первый способ обоснования основан на представлении о времени пребывания «предмета» в «запасе» и времени полного обновления запаса. В установившемся режиме время об-

новления содержимого равно времени пребывания T_B . Величина запаса $B(t_\infty)$ обновляется за время T_B постоянным потоком $f(t_\infty)$. Следовательно, величина этого запаса

$$B(t_\infty) = T_B f(t_\infty).$$

Второй способ более строгий (см. рис. 5.25). Обозначим через t_1 момент времени, когда процессы с необходимой точностью можно считать установившимися.

В типовом предприятии дебиторская задолженность — это так называемое *канальное* [26], «чистое» запаздывание, т. е. процессы изменения интенсивностей входного и выходного потоков идентичны, но сдвинуты на отрезок времени T_B . Содержимое $B(t_\infty)$ численно равно площади, заштрихованной косой штриховкой

$$B(t_\infty) = \int_0^{t_1} f_{\text{ВЫХ}}(t) dt - \int_0^{t_1} f_{\text{ВХ}}(t) dt.$$

Заштрихованную площадь можно найти другим способом, рассматривая в качестве независимой переменной интенсивности потока f и обозначая $f_{\text{ВХ}}^{(\text{обр})}(f)$ и $f_{\text{ВЫХ}}^{(\text{обр})}(f)$ функции, обратные функциям $f_{\text{ВХ}}(f)$ и $f_{\text{ВЫХ}}(f)$ соответственно.

$$\begin{aligned} B(t_\infty) &= \int_0^{f(t_\infty)} f_{\text{ВЫХ}}^{(\text{обр})}(f) df - \int_0^{f(t_\infty)} f_{\text{ВХ}}^{(\text{обр})}(f) df = \\ &= \int_0^{f(t_\infty)} [f_{\text{ВХ}}^{(\text{обр})} + T_B] df - \int_0^{f(t_\infty)} f_{\text{ВХ}}^{(\text{обр})}(f) df = \\ &= \int_0^{f(t_\infty)} T_B df = T_B \cdot f(t_\infty), \end{aligned}$$

так как $f_{\text{ВЫХ}}^{(\text{обр})}(f) = f_{\text{ВХ}}^{(\text{обр})}(f) + T_B$.

Обратные функции существуют только для монотонных функций. Поэтому переход к переменной величине f делается аналогично, отдельно для каждого участка монотонности.

В случае ПЗХ запасов и затрат в подынтегральном выражении функции выходного потока появляется дополнительное слагаемое, соответствующее точечной штриховке (рис. 5.25) и поэтому кривая ПЗХ (рис. 5.24, г) идет выше прямой наклонной линии.

Исследование стабильного функционирования предприятий методом поточно-запасных характеристик (ПЗХ). Исходное положение разработки метода ПЗХ в том, чтобы анализировать установившиеся режимы движения средств в оборотном цикле, совместно рассматривая ПЗХ всех элементов типового предприятия, и при этом учитывать как баланс средств и источников средств, так и другие количественные соотношения, определяемые ПФС.

Анализируется типовое предприятие, выпускающее продукцию (см. рис. 5.21), с целью упростить изложение существа метода, сначала рассматривается более простой вариант без дебиторской задолженности, т. е. случай, когда продукция реализуется покупателям без отсрочки оплаты. ПФС для этого случая (рис. 5.26) отличается от изображенной

рис. 5.21 отсутствием блока дебиторской задолженности и самостоятельного потока выручки f_{vir} , отстающего во времени от потока продаж. В отсутствие отсрочки продаж выручка и продажи синхронны и поэтому на рис. 5.26 изображаются в виде одного и того же потока продаж f_{pro} .

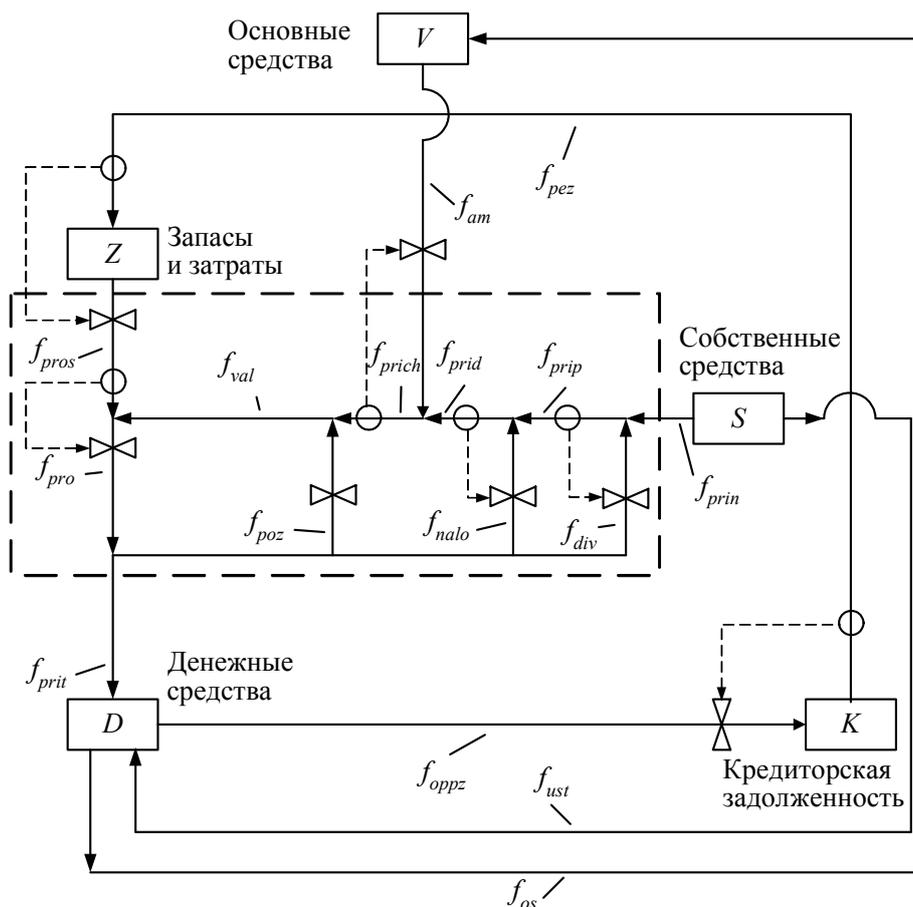


Рис. 5.26. Средства, источники и потоки средств предприятия в условиях стабильного функционирования:

f_{pro} — продажи, f_{pros} — продажи, в себестоимости, $f_{peз}$ — переменные затраты, f_{oppz} — оплата переменных затрат, f_{val} — валовая прибыль, f_{poz} — постоянные затраты, f_{prich} — чистая прибыль, f_{prid} — налогооблагаемая прибыль, f_{nalo} — налог на прибыль, f_{prip} — прибыль после уплаты налога, f_{div} — дивиденды, f_{prin} — нераспределенная прибыль, f_{am} — амортизация, f_{os} — приобретение основных средств, f_{ust} — движение средств по уставному фонду, $f_{prит}$ — приток денежных средств

Функционирование типового предприятия включает движение оборотных средств в цикле денежных средств, кредиторской задолженности и запасов и затрат (оборотном цикле), эпизодическое приобретение основных средств и также эпизодическое внесение

денежных средств в уставный фонд. В методе ПЗХ используется понятие стабильного функционирования предприятия, под которым понимается деятельность в течение достаточно продолжительного времени с постоянной интенсивностью потоков в цикле движения оборотных средств. Следовательно, стабильное функционирование не исключает приобретения основных средств и движения средств по уставному фонду.

Для анализа стабильного функционирования можно пользоваться ПЗХ средств и источников средств, находящихся в оборотном цикле, так как соблюдаются равенства входных и выходных потоков, при которых корректно применение ПЗХ.

В типовом предприятии оборотный цикл представлен потоками продаж в себестоимости f_{pros} , переменных затрат f_{pez} и оплаты переменных затрат f_{oppz} , а средствами и источниками в оборотном цикле являются запасы и затраты Z , денежные средства D и кредиторская задолженность K .

Типовое предприятие функционирует стабильно, если интенсивность потока продаж постоянна в течение достаточно продолжительного отрезка времени, так как в качестве количественных моделей запасов и затрат Z и кредиторской задолженности K приняты чистые запаздывания: если в течение продолжительного времени интенсивность потока продаж имеет некоторое постоянное значение

$$f_{pro}(t) = \text{const},$$

то постоянному значению будет равен поток продаж в себестоимости f_{pros} и, с течением времени, ему станет равен опережающий поток переменных затрат

$$f_{pros} = \frac{C_{seb}}{C_{prod}} \cdot f_{pro}(t)$$

$$f_{pez}(t) = f_{pros}(t),$$

где C_{seb} и C_{prod} — соответственно себестоимость и цена продажи единицы продукции.

Аналогично в случае кредиторской задолженности, поток оплаты переменных затрат принимает это же постоянное значение. Таким образом,

$$\frac{C_{seb}}{C_{prod}} \cdot f_{pro}(t) = f_{pros}(t) = f_{pez}(t) = f_{oppz}(t) = \text{const}. \quad (5.73)$$

Интенсивность потока, определяемого этим выражением, однозначно связана с потоком продаж и может быть названа интенсивностью потока в оборотном цикле (цикле «деньги-товар-деньги») в условиях стабильного функционирования. Величина потока в оборотном цикле характеризует степень производственной нагрузки предприятия, которая не может быть слишком большой из-за ограниченной пропускной способности производственных мощностей и каналов товародвижения, и не может быть слишком низкой по экономическим причинам.

Наша цель — выяснить, как изменяются средства, источники и потоки средств типового предприятия в зависимости от интенсивности потока в оборотном цикле, т. е. от производственной нагрузки, в условиях стабильного функционирования.

В стабильном функционировании с некоторым значением интенсивности потока продаж, в некоторый момент этого функционирования, величины средств активов могут быть

изображены с помощью ПЗХ запасов и затрат (рис. 5.27, а). Ось потока продаж f_{pro} проведена под углом по отношению к оси трех других потоков, поскольку интенсивности потоков отличаются из-за наличия коэффициента C_{seb} / C_{prod} , угол определяется значением косинуса, равного этому коэффициенту. От начала координат вправо по горизонтальной оси отложен отрезок, равный основным средствам V в данный момент времени.

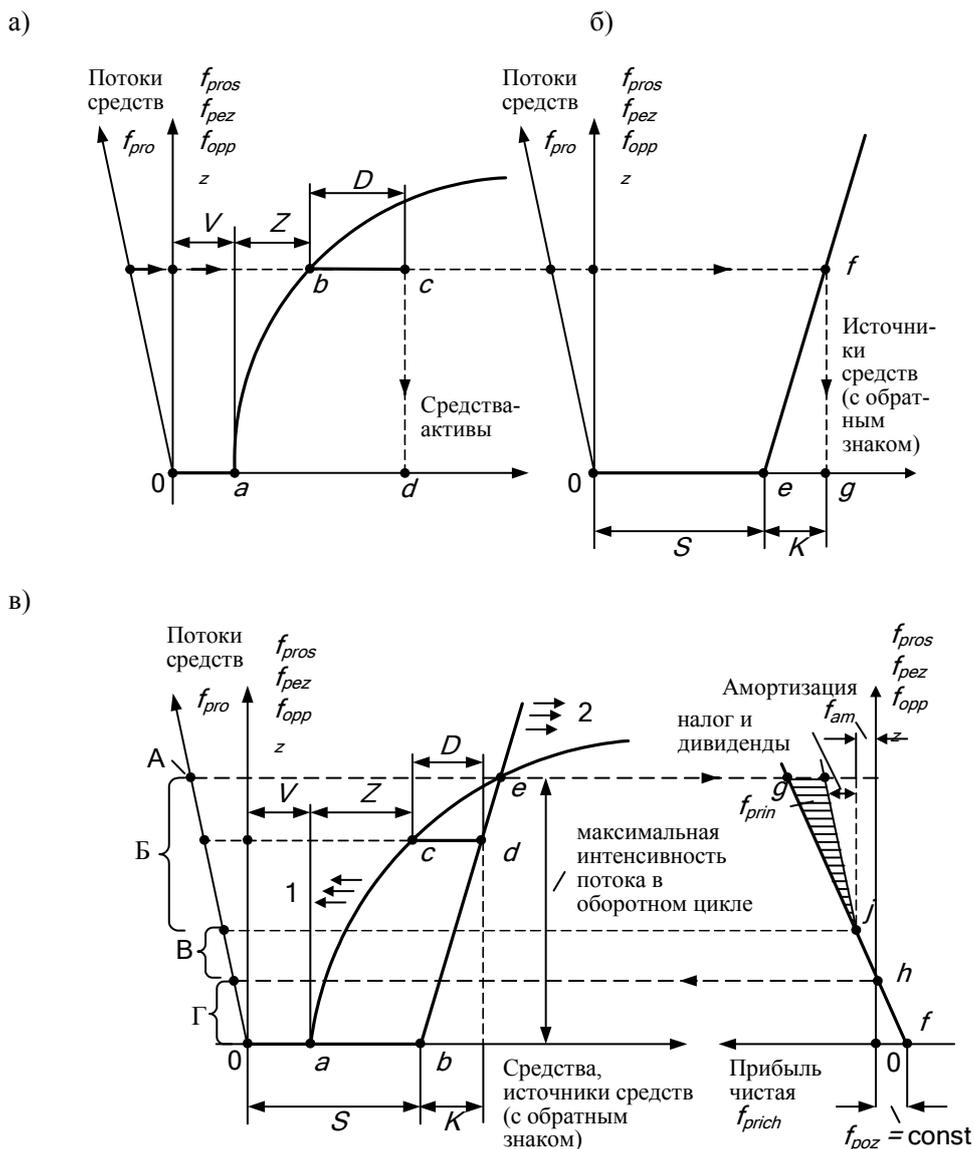


Рис. 5.27. Метод ПЗХ:

а) — активы, б) — источники средств, в) — совмещенная диаграмма, 1 — движение со скоростью амортизации, 2 — движение со скоростью получения прибыли

Из конца этого отрезка — из точки a проведена ПЗХ запасов и затрат, и ее пересечение в точке b с горизонтальной прямой на уровне интенсивности потоков определяет величину запасов и затрат Z . Горизонтальный отрезок bc изображает денежные средства D . Сумма активов $V + Z + D$ равна отрезку Od на горизонтальной оси. Аналогично построена диаграмма для источников средств (рис. 5.27, б), где вправо по оси абсцисс откладываются значения источников средств с обратным знаком, по существу, абсолютные значения, так как в методе поточно-финансовых структур источники средств представляются неположительными числами. Наклонная прямая линия ef представляет собой ПЗХ кредиторской задолженности, проведенную из точки e , изображающей величину собственных средств S в данный момент, точка f образована пересечением ПЗХ с горизонтальной прямой линией на уровне интенсивности потока, отрезок eg равен величине кредиторской задолженности K , а сумма источников средств соответствует длине отрезка Og . Так как сумма активов по абсолютной величине равна сумме источников средств, то при изображении диаграммы активов и диаграммы источников средств на одном графике точка c (рис. 5.27, а) и точка f (рис. 5.27, б) должны совпадать. Отсюда следует способ графического определения величин средств и источников по заданной интенсивности потока в оборотном цикле (рис. 5.27, в): горизонтальная прямая линия проводится на уровне потока, а ее пересечения с поточно-запасными характеристиками в точках c и d определяют искомые величины.

Большим значениям потока, когда горизонтальная линия проводится выше, соответствуют меньшие значения денежных средств. Интенсивность потока на уровне пересечения двух ПЗХ является максимальной, при ее превышении возможности финансирования собственными средствами и кредиторской задолженностью оказываются исчерпанными. Диаграмма метода ПЗХ (рис. 5.27, в) изображает состояние предприятия в некоторый момент стабильного функционирования, в который основные средства V и собственные средства S имеют определенные значения, показанные на рисунке в виде отрезков Oa и Ob соответственно. Но стабильное функционирование рассматривается как достаточно продолжительный процесс, и поэтому с течением времени величина основных средств уменьшается из-за амортизации, а величина собственных средств растет вследствие присоединения к ним прибыли. На диаграмме это изображается в виде движения влево точки a с ПЗХ запасов и затрат со скоростью амортизации и движения точки b с ПЗХ кредиторской задолженности вправо со скоростью получения прибыли (движения обозначены однонаправленными стрелками 1 и 2). В результате денежные средства, численно равные отрезку cd , увеличиваются со скоростью, равной сумме скоростей движения графиков влево и вправо, то есть с суммарной скоростью амортизации и получения прибыли. Это обстоятельство соответствует известному положению «чистый приток денежных средств равен прибыли плюс амортизация» и может быть проиллюстрировано на поточно-финансовой структуре (рис. 5.26) с помощью анализа потоков, входящих и исходящих из фрагмента структуры, выделенного пунктирной рамкой. В момент времени стабильного функционирования, когда нет движения средств по уставному фонду и приобретения основных средств, т. е.

$$f_{ust}(t) = 0, f_{os}(t) = 0, \quad (5.74)$$

можно считать, что для блока денежных средств есть единственный входящий поток f_{prit} и единственный исходящий поток f_{oppz} (см. рис. 5.26), поэтому чистый приток денежных средств равен

$$f_{prit} - f_{oppz}. \quad (5.75)$$

С другой стороны, интенсивность входящего в денежные средства притока средств f_{prit} находится как сумма потоков, входящих во фрагмент, выделенный рамкой

$$f_{prit}(t) = f_{pros}(t) + f_{am}(t) + f_{prin}(t). \quad (5.76)$$

Подставляя правую часть (5.76) в (5.75), получаем чистый приток денежных средств, учитывая, что $f_{oppz}(t) = f_{pros}(t)$, см. выражение (5.73),

$$f_{am}(t) + f_{prin}(t).$$

Следовательно, для типового предприятия положение «чистый приток денежных средств равен прибыли плюс амортизация» справедливо, если функционирование стабильное, и в данный момент потоки приобретения основных средств и движения по уставному фонду нулевые.

Скорости движения ПЗХ на диаграммах численно равны соответствующим интенсивностям потоков и измеряются в одних и тех же единицах измерения «рубли/единицы времени».

Для анализа прибыли и постоянных затрат применяются графики в правой части рис. 5.27, в. Прямая линия f_g изображает зависимость чистой прибыли f_{prich} от интенсивности потока f_{pros} в цикле оборотных средств. Чистая прибыль равна разности между валовой прибылью и постоянными затратами

$$f_{prich}(t) = f_{val}(t) - f_{poz}(t). \quad (5.77)$$

Валовая прибыль в свою очередь выражается через интенсивность потока в оборотном цикле

$$f_{val} = f_{pros} \left(\frac{C_{prod}}{C_{seb}} - 1 \right). \quad (5.78)$$

После подстановки правой части (5.78) в (5.77):

$$f_{prich} = f_{pros} \left(\frac{C_{prod}}{C_{seb}} - 1 \right) - f_{poz}. \quad (5.79)$$

Это прямая линия f_g , проведенная под углом к вертикальной оси, тангенс которого равен $\frac{C_{prod}}{C_{seb}} - 1$, и сдвинутая вправо на константу постоянных затрат. Точка h — точка безубыточности; если поток в оборотном цикле становится меньше уровня точки h , то валовой прибыли недостаточно для покрытия постоянных затрат и возникает убыток, изображаемый на графике отрицательными значениями потока прибыли. На поточно-финансовой диаграмме рис. 5.26 поток постоянных затрат расщепляется влево на величину валовой прибыли, а ос-

тавшаяся его часть течет вправо по линии потока чистой прибыли f_{prich} в направлении, противоположном положительному, обозначенному стрелкой, т. е. поток чистой прибыли изображает убыток. В этом случае поток амортизации нулевой, так как нет прибыли, и по этой же причине становятся нулевыми потоки налога и дивидендов. Поток нераспределенной прибыли, исходящий из блока собственных средств, становится отрицательным, и собственные средства уменьшаются по абсолютной величине (если в это время нет движения средств по уставному фонду). Это означает, что движение вправо ПЗХ кредиторской задолженности сменяется на движение влево со скоростью получения убытков.

Характер движения ПЗХ кредиторской задолженности можно еще уточнить в случае, когда поток в оборотном цикле находится на уровне между точками j и h , то есть при недостаточности чистой прибыли для формирования всего потока амортизации. В этом случае поток амортизации меньше, чем в нормальных условиях, весь поток чистой прибыли уходит в амортизацию, налогооблагаемая прибыль равна нулю, и поэтому нет потоков прибыли, дивидендов и нераспределенной прибыли, ПЗХ кредиторской задолженности неподвижна. Когда интенсивность потока в оборотном цикле превышает уровень точки j , появляется прибыль до налогообложения f_{prid} , определенная ее часть, в соответствии со ставкой налога на прибыль и долей дивидендов, расходуется на налог и дивиденды, а оставшаяся часть образует нераспределенную прибыль f_{prin} , показанную на графике горизонтальной штриховкой.

На положение ПЗХ влияют также приобретение основных средств и внесение/изъятие денежных средств в/из уставного фонда. В типовом предприятии эти операции эпизодические и одномоментные, поэтому приобретение основных средств будет означать скачкообразное перемещение вправо ПЗХ запасов и затрат на сумму приобретения, с увеличением на эту сумму отрезка Oa , изображающего основные средства, и с уменьшением на эту же сумму отрезка Cd денежных средств. Аналогично выглядит на диаграмме движение средств по уставному фонду, а именно, скачкообразные перемещения линии ПЗХ кредиторской задолженности с изменением величины собственных и денежных средств.

На рис. 5.27 слева выделены и обозначены римскими цифрами четыре области изменения потока продаж, и, следовательно, потока в оборотном цикле и производственной нагрузки предприятия (область Г представляет собой точку); при переходе из одной области в другую меняется характер движения ПЗХ и, в целом, характер функционирования предприятия. Основным результатом исследования формируется применительно к типовому предприятию, реализующему всю продукцию без отсрочки оплаты, функционирующему стабильно, в случае нормальной, «штатной» нагрузки производственных мощностей в области B (рис. 5.27, в), когда есть налогооблагаемая прибыль и часть этой прибыли остается на предприятии после уплаты налогов и дивидендов: на совмещенной диаграмме ПЗХ запасов и затрат движется влево со скоростью амортизации, ПЗХ кредиторской задолженности движется вправо со скоростью получения прибыли, остающейся на предприятии, что сопровождается ростом денежных средств с суммарной скоростью амортизации и получения прибыли. Максимальное значение нагрузки, при котором исчерпываются возможности финансирования, определяется точкой пересечения поточно-запасных характеристик, минимальное значение, при котором прекращается получение налогооблагаемой прибыли и функционирование становится «нештатным», определяется величиной постоянных затрат и амортизации.

Очевидно, в нормальном функционировании и при отсутствии рыночных ограничений продаж максимальное значение нагрузки и прибыль увеличиваются, поскольку движется вверх точка пересечения ПЗХ.

При равномерной амортизации (не ускоренной) скорость движения влево ПЗХ запасов и затрат постоянная. В отличие от этого, скорость смещения вправо ПЗХ кредиторской задолженности не остается постоянной, а увеличивается, так как прибыль растет со временем. Поэтому растет со временем и скорость увеличения максимальной нагрузки. Закономерность ее увеличения должна иметь параболический характер, поскольку парабола представляет собой функцию с постоянным ростом скорости изменения.

Более подробно характер функционирования в зависимости от производственной нагрузки представлен в табл. 5.1, где приводится сводка результатов проведенного исследования.

Таблица 5.1

Характер стабильного функционирования предприятия в зависимости от производственной нагрузки

Производственная нагрузка	Движение ПЗХ запасов и затрат	Движение ПЗХ кредиторской задолженности	Денежные средства	Чистая прибыль	Амортизация	Налог на прибыль и дивиденды	Налогооблагаемая прибыль
В точке Г (см. рис. 3.17)	Движется влево со скоростью амортизации	Движется вправо со скоростью получения прибыли	0	Есть	Нормальная	Есть	Есть
В области В	– « –	– « –	Растут	– « –	– « –	– « –	– « –
В области Б	Движется влево с уменьшенной скоростью амортизации	Неподвижна	– « –	0	Уменьшенная	0	0
В области А	Неподвижна	Движется влево со скоростью получения убытков	Уменьшаются	Убыток	0	0	0

5.3. Анализ рисков в деятельности корпорации

Задача анализа рисков. После того как выявлена область нормальной, «штатной» нагрузки оборотного цикла — это область В на рис. 5.27, — возникает вопрос выбора интенсивности потока продаж внутри этой области.

Предметом анализа в настоящей главе является краткосрочное планирование и управление, поэтому критерием эффективности функционирования предприятия следует считать максимум рентабельности собственных средств:

$$H_{rent} = \frac{f_{prin} \cdot T_{god}}{S}. \quad (5.80)$$

где T_{god} — продолжительность года.

Если ограничиться только лишь теми представлениями о функционировании предприятия, которые рассматривались выше, то с точки зрения критерия (5.80) нужно выбрать максимальную нагрузку оборотного цикла на верхней границе области В при нулевой величине денежных средств. Однако такое решение для реального предприятия неприемлемо, поскольку случайное незначительное увеличение продаж или неточность определения параметров поточно-запасных характеристик, практически неизбежная, приведут к выходу в область Г и к ситуации неплатежеспособности.

Очевидно, что применительно к реально функционирующему предприятию интенсивность потока продаж следует выбирать в некотором отдалении от «опасной» точки e (рис. 5.27), тем дальше, чем больше возможные колебания продаж и параметров ПЗХ. Следовательно, представления о функционировании типового предприятия нуждаются в уточнении в части факторов неопределенности, а также методов оценки, анализа и управления рисками, возникающими в процессе хозяйственной деятельности. (Отметим, что вопрос о выборе величины такого отдаления рассмотрен выше в разделе 5.1 применительно к модели простейшего предприятия в связи с возникновением переходных процессов при предсказуемом уменьшении продаж.)

Риск-менеджмент. Обсудим сначала имеющиеся в настоящее время методы оценки, анализа и управления рисками.

Последствия решений менеджера, экономиста, инженера проявятся в будущем. А будущее неизвестно. Мы вынуждены принимать решения в условиях неопределенности. Мы всегда рискуем, поскольку нельзя исключить возможность нежелательных событий. Но можно сократить вероятность их появления и возможный ущерб. Для этого необходимо спрогнозировать дальнейшее развитие событий: последствия принимаемых решений, выявить риски, оценить их; управлять рисками. Это и есть основные задачи такой научно-практической дисциплины, как риск-менеджмент.

Прогнозирование рисков. Сначала кратко рассмотрим различные методы эконометрического прогнозирования (предсказания, экстраполяции), используемые в социально-экономической области. По вопросам прогнозирования имеется большое число публикаций (например, [2, 4, 6, 10, 22, 23, 27, 31, 33]). Как часть теории принятия решений существует научная дисциплина «Математические методы прогнозирования». Ее цель — разработка, изучение и применение современных математических методов эконометрического (в частности, статистического, экспертного, комбинированного) прогнозирования социально-экономических явлений и процессов. Причем методы должны быть проработаны до уровня, позволяющего их использовать в практической деятельности экономиста, инженера и менеджера.

Основные задачи этой дисциплины: разработка, изучение и применение современных математико-статистических методов прогнозирования. Наиболее перспективные — непараметрические методы — включают метод наименьших квадратов с оцениванием точности прогноза, адаптивные методы, методы авторегрессии и др. Не менее необходимо развитие теории и практики экспертных методов прогнозирования. В том числе методов анализа экспертных оценок на основе статистики нечисловых данных. Особенно актуальна разработка методов прогнозирования в условиях риска, а также комбинированных методов прогнозирования с использованием совместно экономико-математических и эконометрических (как статистических, так и экспертных) моделей.

Теоретическая основа методов прогнозирования — математические дисциплины (теория вероятностей и математическая статистика, дискретная математика, исследование операций), а также экономическая теория, экономическая статистика, менеджмент, социология, политология и другие социально-экономические науки.

Как общепринято со времен основоположника научного менеджмента Анри Файоля, прогнозирование и планирование — основа работы менеджера [17]. Сущность эконометрического прогнозирования состоит в описании и анализе будущего развития, в отличие от планирования, при котором директивным образом задается будущее движение.

Часто полезен промежуточный путь между прогнозированием и планированием — так называемое нормативное прогнозирование. При его применении сначала задается цель (т. е. «норма», которой необходимо следовать). Затем разрабатывается система мероприятий, обеспечивающая достижение этой цели, и изучаются характеристики этой системы (объем необходимых ресурсов, в том числе материальных, кадровых, финансовых, временных, возникающие риски и т. п.).

Роль прогнозирования в управлении страной, отраслью, регионом, предприятием очевидна. Необходимо учитывать СТЭП-факторы (т. е. социальные, технологические, экономические, экологические, политические), факторы конкурентного окружения и научно-технического прогресса. А также прогнозирование расходов и доходов предприятий, населения и общества в целом. Проблемы внедрения и практического использования математических методов эконометрического прогнозирования для управления рисками и принятия решений связаны с отсутствием в нашей стране достаточно обширного опыта подобных исследований.

Статистические методы прогнозирования. Наиболее часто используется метод наименьших квадратов при небольшом числе факторов (1–5). Метод наименьших модулей и другие методы экстраполяции применяются реже, хотя их статистические свойства зачастую лучше.

Оценивание точности прогноза — необходимая часть процедуры квалифицированного прогнозирования. При этом обычно используют вероятностно-статистические модели восстановления зависимости, например, строят наилучший прогноз по методу максимального правдоподобия (при использовании параметрических моделей). Разработаны параметрические (обычно на основе модели нормальных ошибок) и непараметрические оценки точности прогноза и доверительные границы для него (на основе Центральной Предельной Теоремы теории вероятностей). Так, в Институте высоких статистических

технологий и эконометрики МГТУ им. Н.Э. Баумана предложены и изучены методы доверительного оценивания точки наложения (встречи) двух временных рядов и их применения для оценки динамики технического уровня собственной продукции и продукции конкурентов, представленной на мировом рынке.

Применяются также эвристические приемы, не основанные на какой-либо теории: метод скользящих средних, метод экспоненциального сглаживания. Адаптивные методы прогнозирования позволяют оперативно корректировать прогнозы при появлении новых точек.

Многомерная регрессия — основной на настоящий момент эконометрический аппарат прогнозирования. Нереалистическое предположение о нормальности погрешностей измерений и отклонений от линии (поверхности) регрессии использовать не обязательно. Однако для отказа от предположения нормальности необходимо опереться на иной математический аппарат, основанный на многомерной центральной предельной теореме теории вероятностей и эконометрической технологии линеаризации. Он позволяет проводить точечное и интервальное оценивание параметров, проверять значимость их отличия от 0 в непараметрической постановке, строить доверительные границы для прогноза.

Весьма важна проблема проверки адекватности модели, а также проблема отбора факторов. Дело в том, что априорный список факторов, оказывающих влияние на отклик, обычно весьма обширен, желательно его сократить. Крупное направление современных эконометрических исследований посвящено методам отбора «информативного множества признаков». Однако эта проблема пока еще окончательно не решена. Проявляются необычные эффекты. Так, установлено [16], что обычно используемые статистические оценки степени полинома при росте объема выборки имеют геометрическое распределение.

Перспективны непараметрические методы оценивания плотности вероятности и их применения для восстановления регрессионной зависимости произвольного вида. Наиболее сильные результаты в этой области получены с помощью подходов статистики нечисловых данных [16].

К современным статистическим методам прогнозирования относятся также модели авторегрессии, модель Бокса-Дженкинса, системы эконометрических уравнений, основанные как на параметрических, так и на непараметрических подходах.

Для установления возможности применения асимптотических результатов при конечных (т. н. «малых») объемах выборок полезны компьютерные статистические технологии. Они позволяют также строить различные имитационные модели. Отметим полезность методов размножения данных (бутстреп-методов). Системы прогнозирования с интенсивным использованием компьютеров объединяют различные методы прогнозирования в рамках единого автоматизированного рабочего места прогнозиста.

Прогнозирование на основе данных, имеющих нечисловую природу, в частности, прогнозирование качественных признаков основано на результатах статистики нечисловых данных. Весьма перспективными для прогнозирования представляются регрессионный анализ на основе интервальных данных, включающий, а также регрессионный анализ нечетких данных, разработанный в монографии [12] — первой книге российского автора по нечетким множествам. Общая постановка регрессионного анализа в рамках статистики

нечисловых данных и ее частные случаи — дисперсионный анализ и дискриминантный анализ (распознавание образов с учителем) дает единый подход к формально различным методам, традиционно рассматриваемым как принципиально различные. Она полезна при программной реализации современных статистических методов прогнозирования.

Экспертные методы прогнозирования. Необходимость применения экспертных методов прогнозирования при принятии решений на различных уровнях управления — на уровне страны, отрасли, региона, предприятия — обоснованна, и общее представление об этих методах дано в монографиях [16, 15, 17]. Отметим большое практическое значение экспертиз при сравнении и выборе инвестиционных и инновационных проектов, при управлении проектами, экологических экспертиз. Роли *лиц, принимающих решения* (ЛПР), и специалистов (экспертов) в процедурах принятия решений, критерии принятия решений и место экспертных оценок в процедурах принятия решений рассматриваются в экспертологии — научно-практической дисциплине, посвященной методам экспертных оценок. На ее основе формируются конкретные процедуры подготовки и принятия решений с использованием методов экспертных оценок, например, процедуры распределения финансирования научно-исследовательских работ (на основе балльных оценок или парных сравнений), технико-экономического анализа, кабинетных маркетинговых исследований (противопоставляемых «полевым» выборочным исследованиям), оценки, сравнения и выбора инвестиционных проектов. В качестве примеров конкретных экспертных процедур, широко используемых при прогнозировании, укажем метод Дельфи и метод сценариев.

Экспертные оценки могут быть получены в различных математических формах. Наиболее часто используются количественные или качественные (порядковые, номинальные) признаки, бинарные отношения (ранжировки, разбиения, толерантности), интервалы, нечеткие множества, результаты парных сравнений, тексты и др. Основные понятия (репрезентативной) теории измерений: основные типы шкал, допустимые преобразования, адекватные выводы и др. — важны применительно к экспертному оцениванию. Необходимо использовать средние величины, соответствующие основным шкалам измерения. Применительно к различным видам рейтингов репрезентативная теория измерений позволяет выяснить степень их адекватности прогностической ситуации, предложить наиболее полезные для целей прогнозирования.

Например, анализ рейтингов политиков по степени их влиятельности, публиковавшийся одной из известных центральных газет, показал, что из-за неадекватности используемого математического аппарата лишь первые 10 мест, возможно, имеют некоторое отношение к реальности (они не меняются при переходе к другому способу анализа данных, т. е. не зависят от субъективизма членов Рабочей группы), остальные — «информационный шум», попытки опираться на них при прогностическом анализе могут привести лишь к ошибкам. Что же касается начального участка рейтинга этой газеты, то он также может быть подвергнут сомнению, но по более глубоким причинам, например, связанным с составом экспертной комиссии.

Проблемы применения методов прогнозирования в условиях риска. Многочисленны примеры ситуаций, связанных с социальными, технологическими, экономическими, политическими, экологическими и другими рисками. Именно в таких ситуациях

обычно и необходимо прогнозирование. Известны различные виды критериев, используемых в теории принятия решений в условиях неопределенности (риска). Из-за противоречивости решений, получаемых по различным критериям, очевидна необходимость применения оценок экспертов.

В конкретных задачах прогнозирования необходимо провести классификацию рисков, поставить задачу оценивания конкретного риска, провести структуризацию риска, в частности, построить деревья причин (в другой терминологии, деревья отказов) и деревья последствий (деревья событий). Центральной задачей является построение групповых и обобщенных показателей, например, показателей конкурентоспособности и качества. Риски необходимо учитывать при прогнозировании экономических последствий принимаемых решений, поведения потребителей и конкурентного окружения, внешнеэкономических условий и макроэкономического развития России, экологического состояния окружающей среды, безопасности технологий, экологической опасности промышленных и иных объектов. Метод сценариев незаменим применительно к анализу технических, экономических и социальных последствий аварий.

Имеется некоторая специфика применения методов прогнозирования в ситуациях, связанных с риском. Велика роль функции потерь и методов ее оценивания, в том числе в экономических терминах. В конкретных областях используют вероятностный анализ безопасности (для атомной энергетики) и другие специальные методы.

Принятие решений и современные компьютерные технологии прогнозирования. Перспективны интерактивные (человеко-машинные) методы прогнозирования с использованием баз эконометрических данных, имитационных (в том числе на основе применения метода Монте-Карло, т. е. метода статистических испытаний) и экономико-математических динамических моделей, сочетающих экспертные, статистические и моделирующие блоки. Обратим внимание на сходство и различие методов экспертных оценок и экспертных систем. Можно сказать, что экспертная система моделирует поведение эксперта путем формализации его знаний по специальной технологии. Но интуицию «живого эксперта» нельзя заложить в ЭВМ, а при формализации мнений эксперта (фактически — при его допросе) наряду с уточнением одних его представлений происходит огрубление других. Другими словами, при использовании экспертных оценок непосредственно обращаются к опыту и интуиции высококвалифицированных специалистов, а при применении экспертных систем имеют дело с компьютерными алгоритмами расчетов и выводов, при создании которых когда-то давно привлекались эксперты как источник данных и типовых заключений.

Обратим внимание на возможность использования в прогнозировании производственных функций, статистически описывающих связь выпуска с факторами производства, на различные способы учета научно-технического прогресса, в частности, на основе анализа трендов и с помощью экспертного выявления точек роста. Примеры экономических прогнозов всех видов имеются в литературе. К настоящему времени разработаны компьютерные системы и программные средства комбинированных методов прогнозирования.

Основные идеи технологии сценарных экспертных прогнозов. Социально-экономическое прогнозирование, как и любое прогнозирование вообще, может быть успешным лишь при некоторой стабильности условий. Однако решения органов власти,

отдельных лиц, иные события меняют условия, и события развиваются по-иному, чем ранее предполагалось. Объективно имеются точки выбора (фуркации), после которых рассматриваемое прогнозистами развитие может пойти по одному из нескольких возможных путей (эти пути и называют обычно сценариями). Выбор может делаться на разных уровнях — конкретной личностью (перейти на другую работу или остаться), менеджером (выпускать ту или иную марку продукции), конкурентами (сотрудничество или борьба), властными структурами (выбор той или иной системы налогообложения), населением страны (выбор президента), «международным сообществом» (вводить или нет санкции против России).

Рассмотрим примеры. Вполне очевидно, что после первого тура президентских выборов 1996 г. о дальнейшем развитии социально-экономических событий можно было говорить лишь в терминах сценариев: если победит Б.Н. Ельцин, то будет то-то и то-то, если победит Г.А. Зюганов, то события пойдут так-то и так-то.

Работа [14] имела целью прогноз динамики валового внутреннего продукта (ВВП) на 9 лет (1999—2007). При ее проведении было ясно, что за это время произойдут различные политические события, в частности, по крайней мере два цикла парламентских и президентских выборов (при условии сохранения нынешней политической структуры), результаты которых нельзя предсказать однозначно. Поэтому прогноз динамики ВВП мог быть сделан лишь по отдельности для каждого сценария из некоторой гаммы, охватывающей возможные пути социально-экономической динамики России.

Метод сценариев необходим не только при социально-экономическом прогнозировании. Например, при разработке методологического, программного и информационного обеспечения анализа риска химико-технологических проектов необходимо составить полный каталог сценариев аварий, связанных с утечками и выбросами токсических химических веществ. Каждый из таких сценариев описывает аварию своего типа, со своим индивидуальным происхождением, развитием, техническими, экономическими, медицинскими и социальными последствиями, возможностями предупреждения [9].

Для построения исчерпывающего, но обозримого набора сценариев необходимо предварительно проанализировать динамику социально-экономического развития рассматриваемого экономического агента и его окружения. Корни будущего — в настоящем и прошлом, причем зачастую — в весьма далеком прошлом. Кроме макроэкономических и микроэкономических характеристик, известных лишь с погрешностями, необходимо учитывать состояние и динамику отечественного массового сознания, политических, в том числе внешнеполитических реалий, поскольку на обычно рассматриваемом интервале времени (до 10 лет) экономика зачастую следует за политикой, а не наоборот.

Так, к началу 1985 г. экономика СССР находилась в достаточно стабильном состоянии с ежегодным ростом в среднем на 3–5%. Если бы не было «перестройки» и «реформ», то развитие продолжалось бы в прежних условиях. Тогда к концу тысячелетия ВВП СССР увеличился бы на 50% и составил 150% от уровня 1985 г. Из-за «перестройки» и «реформ» ВВП России за эти 15 лет упал примерно в 2 раза, т. е. составил около 50% по сравнению с 1985 г. Следовательно, в 3 раза меньше, чем можно было бы ожидать из чисто экономических причин при сохранении стабильных условий 1985 г.

Часто используют упрощенный подход к прогнозированию методом сценариев. А именно, формулируют три сценария — оптимистический, вероятный и пессимистический. При этом для каждого из сценариев достаточно произвольно выбирают значения параметров, описывающих производственно-экономическую ситуацию (по-английски — *case*). Цель такого подхода — рассчитать интервалы разброса для характеристик и «коридоры» для временных рядов, интересующих исследователя (и заказчика исследования). Например, прогнозируют финансовый поток (по-английски — *cash flow*) и чистую текущую стоимость (по-английски — *net present value* или NPV) инвестиционного проекта.

Ясно, что такой упрощенный подход не может дать максимального или минимального значения характеристики. Он дает лишь представление о порядке количественной меры разброса. Однако его развитие приводит к байесовской постановке в теории принятия решений. Например, если сценарий описывается элементом конечномерного евклидова пространства, то любое вероятностное распределение на множестве исходных параметров преобразуется в распределение интересующих исследователя характеристик. Расчеты могут быть проведены с помощью современных информационных технологий метода статистических испытаний. Надо в соответствии с заданным распределением на множестве параметров выбирать с помощью датчика псевдослучайных чисел конкретный вектор параметров и рассчитывать для него итоговые характеристики. В результате получится эмпирическое распределение на множестве итоговых характеристик, которое можно разными способами анализировать, находить оценку математического ожидания, разброса и др. Остается только неясным, как задавать распределение на множестве параметров. Естественно, для этого можно использовать экспертов.

Прогнозирование в рамках каждого конкретного сценария с целью получения ответов на интересующие исследователя вопросы также осуществляется в соответствии с описанной выше методологией прогнозирования. При стабильных условиях могут быть применены статистические методы прогнозирования временных рядов. Однако этому обычно предшествует анализ с помощью экспертов, причем зачастую прогнозирование на словесном уровне является достаточным (для получения интересующих исследователя и ЛПР выводов) и не требующим количественного уточнения.

Как известно, при принятии решений на основе анализа ситуации, в том числе результатов прогнозных исследований, можно исходить из различных критериев. Так, можно ориентироваться на то, что ситуация сложится наихудшим, или наилучшим, или средним (в каком-либо смысле) образом. Можно попытаться наметить мероприятия, обеспечивающие минимально допустимые полезные результаты при любом варианте развития ситуации, и т. д.

Различные виды рисков. Будущее нам неизвестно. А потому неизвестны и будущие доходы и расходы. Мы можем лишь прогнозировать их с той или иной степенью уверенности. Как описывать неопределенность будущего? Чем мы рискуем и что вообще понимать под «риском»? Как отражается неопределенность будущего на финансовых потоках (потоках платежей и поступлений), их характеристиках и выводах об эффективности управляющих воздействий на те или иные экономические процессы и других решениях? Как уменьшить возможные потери и защититься от рисков?

Риск — это нежелательная возможность. Эта возможность может реализоваться в будущем. Поэтому методы анализа и управления рисками базируются на методах прогнозирования будущего развития.

Чтобы управлять рисками, надо сначала знать о существующих рисках. Поскольку на деятельность любой организации непосредственно либо потенциально влияют риски различной природы, необходима классификация рисков. Возможно, для различных целей понадобятся различные классификации, основанные на различных методологических принципах.

Для построения такой классификации необходимо какой-либо упорядочивающий принцип. Возьмем за основу движение от частного к общему. Тогда естественно выделить:

- личные и семейные риски, относящиеся к судьбе отдельного человека и его семьи;
- производственные риски (внутренние риски), связанные непосредственно с деятельностью предприятия;
- коммерческие риски, вызванные неполной предсказуемостью динамики рынка, т. е. действий потребителей и конкурентов;
- финансовые риски, определяемые макроэкономической ситуацией;
- риски, возникающие на уровне государства и Земли в целом.

Затем необходимо изучить степень их влияния на показатели эффективности деятельности организации с целью выделения наиболее значимых.

После этого целесообразно изучить различные способы оценки финансовых и иных рисков в случаях, когда они моделируются с помощью тех или иных математических структур. В частности, распространено моделирование рисков с помощью вероятностей и случайных величин. Перспективной представляется разработка методов описания рисков с помощью теории нечетких множеств, лингвистических переменных, качественных признаков, интервальных математических и эконометрических моделей и др. Существенно, что описание может быть многомерным. Например, каждая координата может соответствовать своему виду воздействия (нарушения, происшествия) и описываться количественным либо качественным признаком. Тогда дополнительно возникает задача агрегирования (сведения вместе) показателей риска. Для агрегирования могут быть использованы различные методы, разработанные в теории оценки технического уровня и в теории экспертных оценок.

Следующий этап — разработка методологии применения различных методов управления рисками с использованием экспертных оценок, современных методов прогнозирования, эконометрических и экономико-математических моделей с целью повышения эффективности деятельности организации в условиях риска. При этом необходимо научиться практически решать проблему многокритериальности (согласования оценок рисков, полученных по различным основаниям, с целью эффективного управления риском).

К настоящему времени накоплена огромная литература по вопросам риска, как общая, например, теория статистического риска, так и по отдельным вопросам — по экологическим рискам, статистическим методам обеспечения качества, финансовым рискам и др.

Производственные риски. К ним относятся риски, связанные с выпуском дефектной продукции. Хорошо известно, что при массовом производстве невозможно обеспечить выпуск продукции без дефектов. Поэтому действуют отделы технического контроля (ОТК), службы (бюро) качества и другие подразделения, осуществляющие контроль каче-

ства продукции. Известно, что в машиностроении стоимость контрольных операций составляет в среднем около 10% от стоимости продукции. Часть потерь от риска компенсируется службами технического обслуживания продукции, уже находящейся у потребителей. Постоянно используемыми терминами в этой области являются «риск поставщика» и «риск потребителя». Вопросам управления качеством посвящена обширная литература. Одна из важных групп показателей качества — характеристики надежности.

Другой вид рисков связан с осуществлением действующих технологических процессов. Речь идет об авариях различной степени тяжести, от незначительных нарушений технологических процессов до катастроф с человеческими жертвами. Здесь целесообразно обратить внимание на экологические риски, в частности, связанные с аварийными сбросами в реки технологических жидкостей, выбросами в атмосферу газов и взвешенных частиц и др. За подобные действия предприятия обязаны платить штрафы согласно предписаниям экологических органов.

Отметим риски, относящиеся к проектируемым продукции или технологическим процессам. Они могут быть связаны с ошибками разработчиков или физической невозможностью осуществления того или иного процесса. Так, в течение всей второй половины XX века физики постоянно говорили о появлении в ближайшее время неиссякаемого источника энергии на основе преобразования управляемого термоядерного синтеза. Эта пропаганда, несомненно, сдерживала финансирование и развитие ресурсосберегающих технологий. Еще в начале XX в. Д.И. Менделеев писал, что сжигать нефть — это то же самое, что топить печь ассигнациями. Тем не менее и сейчас нефть используют как топливо, разведанных запасов остается все меньше. Излишний оптимизм физиков нам всем еще дорого обойдется.

Среди производственных рисков есть и социальные, связанные с теми или иными конфликтами. Здесь надо выделить конфликты между службами (отделами, цехами), с которыми можно бороться, оптимизируя организационную структуру предприятия. Далее — различного происхождения конфликты между менеджерами высшего звена; конфликты между профсоюзами и администрацией по поводу заработной платы или условий труда, и др. Современные методы управления персоналом позволяют заранее спрогнозировать многие из таких конфликтов и предложить пути их разрешения.

Коммерческие риски. Речь идет о рисках, связанных с неопределенностью будущей рыночной ситуации в стране. В частности, о будущих действиях поставщиков в связи с меняющимися предпочтениями потребителей. Напомним, например, о быстрых изменениях на рынке вычислительной техники в связи с появлением персональных компьютеров. Мода в той или иной степени отражается на поведении потребителей во многих областях.

Весьма существенны риски, связанные с деятельностью партнеров организации — участников экономической жизни, в частности, с их деловой активностью, финансовым положением, отношением к соблюдению обязательств (в том числе их законопослушностью как налогоплательщиков). Особенно надо отметить роль конкурентного окружения, от действий которого зависит многое в судьбе конкретного предприятия. В частности, важны информационные риски, связанные с промышленным шпионажем и возможностя-

ми проникновения конкурентов в коммерческие тайны и иного воздействия на внутренние дела организации, в частности, через компьютерные сети типа Интернета.

К этому же типу можно отнести риски, связанные с социальными и административными факторами в конкретных регионах, с взаимоотношениями рассматриваемой организации с органами местной и региональной власти, как официальными, так и криминальными.

Финансовые риски. Отметим прежде всего риски, связанные с колебаниями цен на товары и услуги (динамикой инфляции), ставки рефинансирования Центрального банка, норм банковских процентов по кредитам и депозитам, валютных курсов и других макроэкономических показателей, в том числе котировок государственных и частных (корпоративных) ценных бумаг. Часть этих рисков носит объективный, а часть — чисто спекулятивный характер. К этому же типу можно отнести риски, связанные с нестабильностью законодательства и текущей экономической политики (т. е. с деятельностью руководства страны, министерств и ведомств). Дополнительные проблемы создает множественность нормативно-правовых актов, регулирующих хозяйственно-экономическую деятельность организации (порядка 10^4 , если считать не только федеральные нормативно-правовые акты, но и нормативно-правовые акты субъектов федерации, например, г. Москвы), зачастую противоречащих друг другу, что вызывает необходимость в участии в работе организации юристов, в том числе в судебных процессах.

Риски, возникающие на уровне государства и Земли в целом. К этому типу отнесем риски, связанные с политической ситуацией, действиями партий, профсоюзов, экологических и других организаций в масштабе страны. Типичным примером являются риски, связанные с заметным изменением курса страны в результате тех или иных выборов. Другой пример — российский «дефолт» (отказ государства от ряда финансовых обязательств), начавшийся в августе 1998 г. и непосредственно вызванный решением трех чиновников. Большое значение имеют риски, связанные с социальной борьбой («рельсовая война», забастовки, массовые столкновения, терроризм и др.).

Внешнеэкономические риски, например, связанные с динамикой цены на нефть, крупномасштабными зарубежными финансовыми (в Юго-Восточной Азии) или военными (Югославия, Ирак) кризисами и т. д., могут оказать существенное воздействие на рассматриваемую организацию (предприятие).

Большое число рисков связано с природными явлениями. Их можно объединить под именем «экологические». К ним относятся, в частности, риски, связанные с неопределенностью ряда природных явлений. Типичным примером является погода, от которой зависят урожайность (а потому и цены на сельскохозяйственные товары), расходы на отопление и уборку улиц, доходы от туризма и др.

Обратим внимание на риски, связанные с *недостаточными знаниями о природе* (например, нам неизвестен точный объем полезных ископаемых в том или ином месторождении, а потому мы не можем точно предсказать развитие добывающей промышленности и объем налоговых поступлений от ее предприятий). Нельзя забывать о рисках экологических бедствий и катастроф типа ураганов, смерчей, землетрясений, цунами, селей и др.

Каждый из перечисленных выше видов рисков может быть структурирован далее. Так, имеются крупные развернутые разработки по анализу рисков технологических аварий, в частности, на химических производствах и на атомных электростанциях [9]. Ясно, что аварии типа чернобыльской существенно влияют на значения СТЭЭП-факторов (принятое сокращение для комплекса социальных, технологических, экономических, экологических и политических факторов, действующих на организацию) и тем самым на поступления и выплаты из бюджета как на местном, так и на федеральном уровне (что существенно, если «организация» — это муниципальный или государственный орган власти или его подразделение типа налоговой инспекции).

Управление рисками. Рассмотрим различные подходы к учету неопределенности при описании рисков. В теории принятия решений в настоящее время при компьютерном и математическом моделировании для описания неопределенностей чаще всего используют вероятностно-статистические методы (прежде всего методы статистики нечисловых данных, в том числе интервальной статистики и интервальной математики). Полезны методы теории нечеткости и методы теории конфликтов (теории игр). Математический инструментальный применяется в имитационных, эконометрических, экономико-математических моделях, реализованных обычно в виде программных продуктов.

Некоторые виды неопределенностей связаны с безразличными к организации силами — природными (погодные условия) или общественными (смена правительства). Если явление достаточно часто повторяется, то его естественно описывать в вероятностных терминах. Так, прогноз урожайности зерновых вполне естественно вести в вероятностных терминах. Если же событие единично, то вероятностное описание вызывает внутренний протест, поскольку частотная интерпретация вероятности невозможна. Так, для описания неопределенности, связанной с исходами выборов или со сменой правительства, лучше использовать методы теории нечеткости и интервальной математики (интервал — удобный частный случай описания нечеткого множества). Наконец, если неопределенность связана с активными действиями соперников или партнеров, целесообразно применять методы анализа конфликтных ситуаций, т. е. методы теории игр, прежде всего антагонистических игр, но иногда полезны и более новые методы кооперативных игр, нацеленных на получение устойчивого компромисса.

Подходы к оцениванию рисков. Понятие «риск», как уже отмечалось, многогранно. Например, при использовании статистических методов управления качеством продукции риски (точнее, оценки рисков) — это вероятности некоторых событий. В статистическом приемочном контроле «риск поставщика» — это вероятность забракования партии продукции хорошего качества, а «риск потребителя» — приемки «плохой» партии. При статистическом регулировании технологических процессов рассматривают риск незамеченной разладки и риск излишней наладки.

Тогда оценка риска — это оценка вероятности, точечная или интервальная, по статистическим данным или экспертная. В таком случае для управления риском задают ограничения на вероятности нежелательных событий.

Иногда под уменьшением риска понимают уменьшение дисперсии случайной величины, поскольку при этом уменьшается неопределенность. В теории принятия решений риск — это

плата за принятие решения, отличного от оптимального, он обычно выражается как математическое ожидание. В экономике плата измеряется обычно в денежных единицах, т. е. в виде финансового потока (потока платежей и поступлений) в условиях неопределенности.

Методы математического моделирования позволяют предложить и изучить разнообразные методы оценки риска. Широко применяются два вида методов — статистические, основанные на использовании эмпирических данных; экспертные, опирающиеся на мнения и интуицию специалистов.

Чтобы продемонстрировать сложность проблемы оценивания риска и различные существующие подходы, рассмотрим простейший случай. Пусть неопределенность носит вероятностный характер, а потери описываются одномерной случайной величиной (а не случайным вектором и не случайным процессом). Другими словами, ущерб адекватно описывается одним числом, а величина этого числа зависит от случая.

Итак, пусть величина порожденного риском ущерба моделируется случайной величиной X (в смысле теории вероятностей). Как известно, случайная величина описывается функцией распределения

$$F(x) = P(X < x),$$

где x — действительное число (т. е., как говорят и пишут математики, любой элемент действительной прямой, традиционно обозначаемой R^1). Поскольку X обычно интерпретируется как величина ущерба, то X — неотрицательная случайная величина.

В зависимости от предположений о свойствах функции распределения $F(x)$ вероятностные модели риска делятся на *параметрические* и *непараметрические*. В первом случае предполагается, что функция распределения входит в одно из известных семейств распределений — нормальных (т. е. гауссовских), экспоненциальных или иных. Однако обычно подобное предположение является мало обоснованным — реальные данные не хотят «втискиваться» в заранее заданное семейство. Тогда необходимо применять *непараметрические* статистические методы, не предполагающие, что распределение ущерба взято из того или иного популярного среди математиков семейства. При использовании *непараметрических* статистических методов обычно принимают лишь, что функция распределения $F(x)$ является непрерывной функцией числового аргумента x .

Обсудим два распространенных заблуждения.

Во-первых, часто говорят, что поскольку величина ущерба зависит от многих причин, то она должна иметь т. н. *нормальное* распределение. Это неверно. Все зависит от способа взаимодействия причин. Если причины действуют аддитивно, то, действительно, в силу Центральной Предельной Теоремы теории вероятностей есть основания использовать *нормальное (гауссово) распределение*. Если же причины действуют мультипликативно, то в силу той же Центральной Предельной Теоремы теории вероятностей следует приближать распределение величины ущерба X с помощью *логарифмически нормального распределения*. Если же основное влияние оказывает «слабое звено» (где тонко, там и рвется), то согласно теоремам, доказанным академиком Б.В. Гнеденко, следует приближать распределение величины ущерба X с помощью распределения из семейства Вейбулла-Гнеденко. К сожалению, в конкретных практических случаях различить эти варианты обычно не удается.

Во-вторых, неверно традиционное представление о том, что *реальные погрешности измерения нормально распределены*. Проведенный многими специалистами тщательный анализ погрешностей реальных наблюдений показал, что их распределение в подавляющем большинстве случаев *отличается* от гауссова. Сводка этих исследований приведена в работе [16]. Среди специалистов распространено такое шуточное утверждение: «*Прикладники обычно думают, что математики доказали, что погрешности распределены нормально, а математики считают, что прикладники установили это экспериментально*». И те, и другие ошибаются. К сожалению, в настоящее время в экологической и экономической литературе имеется масса ошибочных утверждений. Существенная часть ошибок относится к использованию математических методов. Особенно это касается *статистики* и *эконометрики*. Причины появления ошибок разнообразны. Некоторые из них подробно обсуждаются в [13, 16].

Итак, рассмотрим ситуацию, когда возможная величина ущерба, связанного с риском, описывается функцией распределения $F(x) = P(X < x)$. Обычно стараются перейти от функции, описываемой (с точки зрения математики) бесконечно большим числом параметров, к небольшому числу числовых параметров, лучше всего к одному. Для положительной случайной величины (величины ущерба) часто рассматривают такие ее характеристики, как

- математическое ожидание;
- медиана и, более общо, квантили, т. е. значения $x = x(a)$, при которых функция распределения достигает определенного значения a ; другими словами, значение квантили $x = x(a)$ находится из уравнения $F(x) = a$;
- дисперсия (часто обозначаемая как σ^2 — «сигма-квадрат»);
- среднее квадратическое отклонение (квадратный корень из дисперсии, т. е. σ — «сигма»);
- коэффициент вариации (среднее квадратическое отклонение, деленное на математическое ожидание);
- линейная комбинация математического ожидания и среднего квадратического отклонения (например, типично желание считать, что возможные значения ущерба расположены в таком интервале: *математическое ожидание плюс-минус три сигма*);
- математическое ожидание функции потерь, и т. д.

Этот перечень, очевидно, может быть продолжен.

Тогда задача оценки ущерба может пониматься как задача оценки той или иной из перечисленных характеристик. Чаще всего оценку проводят *по эмпирическим данным* (по выборке величин ущербов, соответствующим происшедшим ранее аналогичным случаям). При отсутствии эмпирического материала остается опираться на *экспертные оценки*, которым посвящена значительная часть следующей главы. Наиболее обоснованным является *модельно-расчетный метод*, опирающийся на модели управленческой, экономической, социально-психологической, эколого-экономической ситуации, позволяющие рассчитать характеристики ущерба.

Характеристик случайного ущерба имеется много. Выше перечислено 7 видов; некоторые из них — второй, шестой и седьмой — содержат бесконечно много конкретных характеристик. Нельзя ограничиваться только средним ущербом, под которым обычно по-

нимают математическое ожидание, хотя медиана ущерба не меньше соответствует этому термину. Весьма важны верхние границы для ущерба, т. е. квантили порядка a , где a близко к 1, например, $a = 0,999999$. При этом с вероятностью, не превосходящей $0,000001$, реальный ущерб будет меньше $x(0,999999)$. Сложные проблемы состоят в обоснованном вычислении границы $x(0,999999)$, их мы не будем здесь касаться.

Что это такое — минимизация риска? Из предыдущих рассуждений следует, что минимизация риска может состоять:

- 1) в минимизации математического ожидания (ожидаемых потерь);
- 2) в минимизации квантиля распределения (например, медианы функции распределения потерь или квантиля порядка $0,99$, выше которого располагаются большие потери, встречающиеся крайне редко — в 1 случае из 100);
- 3) в минимизации дисперсии (т. е. показателя разброса возможных значений потерь);
- 4) в минимизации суммы математического ожидания и утроенного среднего квадратического отклонения (на основе известного «правила трех сигм»), или иной линейной комбинации математического ожидания и среднего квадратического отклонения. Этот подход используют в случае близости распределения потерь к нормальному как комбинацию подходов, нацеленных на минимизацию средних потерь и разброса возможных значений потерь;
- 5) в максимизации математического ожидания функции полезности (в случае, когда полезность денежной единицы меняется в зависимости от общей располагаемой суммы, как предполагается в микроэкономике [20], когда необходимо исключить возможность разорения экономического агента), и т. д.

Перечень может быть продолжен. Например, не использована такая характеристика случайного ущерба, как коэффициент вариации. Однако целью изложения не является построение всеобъемлющей системы постановок задач минимизации риска, поэтому ограничимся сказанным.

Обсудим пять перечисленных постановок. Первая из них — минимизация средних потерь — представляется вполне естественной, если все возможные потери малы по сравнению с ресурсами предприятия. В противном случае первый подход неразумен. Рассмотрим условный пример. У человека имеется 10000 руб. Ему предлагается подбросить монету. Если выпадает «орел», то он получает 50000 руб. Если же выпадает «цифра», он должен уплатить 20000 руб. Стоит ли данному человеку участвовать в описанном пари? Если подсчитать математическое ожидание дохода, то поскольку каждая сторона монеты имеет одну и ту же вероятность выпадать, равную $0,5$, оно равно $50000 \cdot 0,5 + (-20000) \cdot 0,5 = 15000$. Казалось бы, пари весьма выгодно. Однако большинство людей на него не пойдет, поскольку с вероятностью $0,5$ они лишатся всего своего достояния и останутся должны 10000 руб., т. е. разорятся. Здесь проявляется психологическая оценка ценности рубля, зависящая от общей имеющейся суммы — 10000 руб. для человека с обычным доходом значит гораздо больше, чем те же 10000 руб. для миллиардера.

Второй подход нацелен как раз на минимизацию больших потерь, на защиту от разорения. Другое его применение — исключение катастрофических аварий, например, типа чернойбыльской. При втором подходе средние потери могут увеличиться (по сравнению с первым), зато максимальные будут контролироваться.

Третий подход нацелен на минимизацию разброса окончательных результатов. Средние потери при этом могут быть выше, чем при первом, но того, кто принимает решение, это не волнует — ему нужна максимальная определенность будущего, пусть даже ценой повышенных затрат.

Четвертый подход сочетает в себе первый и третий, хотя и довольно примитивным образом. Проблема ведь в том, что задача управления риском в рассматриваемом случае — это по крайней мере двухкритериальная задача. Желательно средние потери снизить (другими словами, математическое ожидание доходов повысить), и одновременно уменьшить показатель неопределенности — дисперсию. Хорошо известны проблемы, возникающие при многокритериальной оптимизации [17].

Наиболее продвинутый подход — пятый. Но для его применения необходимо построить функцию полезности. Это — большая самостоятельная задача. Обычно ее решают с помощью специально организованного эконометрического исследования.

Если неопределенность носит интервальный характер, т. е. описывается интервалами, то естественно применить методы статистики интервальных данных (как части интервальной математики), рассчитать минимальный и максимальный возможный доходы и потери, и т. д.

Разработаны различные способы уменьшения экономических рисков, связанные с выбором стратегий поведения, в частности, диверсификацией, страхованием и др. Причем эти подходы относятся не только к отдельным организациям. Применительно к системам налогообложения диверсификация означает использование не одного, а системы налогов, чтобы нейтрализовать действия налогоплательщиков, нацеленные на уменьшение своих налоговых платежей. Однако динамика реальных экономических систем такова, что любые формальные модели дают в лучшем случае только качественную картину. Например, не существует математических моделей, позволяющих достаточно точно спрогнозировать инфляцию вообще и даже реакцию экономики на одностороннее решение типа либерализации цен.

Необходимость применения экспертных оценок при оценке и управлении рисками. Из сказанного выше вытекает, что разнообразные формальные методы оценки рисков и управления ими во многих случаях (реально во всех нетривиальных ситуациях) не могут дать однозначных рекомендаций. В конце процесса принятия решения — всегда человек, менеджер, на котором лежит ответственность за принятое решение. Поэтому процедуры экспертного оценивания естественно применять на всех этапах анализа рисков рассматриваемого организацией проекта. При этом нецелесообразно полностью отказываться от использования формально-экономических методов, например, основанных на вычислении чистых текущих потерь и других характеристик. Использование соответствующих программных продуктов полезно для принятия обоснованных решений. Однако на основные вопросы типа: достаточно ли высоки доходы, чтобы оправдать риск; или: что лучше — быстро, но мало, или долго, но много — ответить могут только менеджеры с помощью экспертов. Поэтому система поддержки принятия решений в организации должна сочетать формально-экономические и экспертные процедуры.

Разработка системы поддержки принятия решений, нацеленной на оценивание рисков и управление ими, — непростое дело. Укажем несколько проблем, связанных с подобной работой. Совершенно ясно, что система должна быть насыщена конкретными численны-

ми данными об экономическом состоянии региона, страны, возможно и мира в целом. Добыть такие данные нелегко. Сводки Российского статистического агентства (ранее — Госкомстата РФ) искажены (подробнее о состоянии теории и практики статистики в России см. [13, 16]). В частности, Институт высоких статистических технологий и эконометрики МГТУ им. Н.Э. Баумана занялся изучением инфляции. Наши данные по этому показателю превышали данные Госкомстата РФ примерно в 2 раза (см. [16]). Зарубежные источники также содержат неточности. Так, при составлении балансовых соотношений для макроэкономических показателей по данным [8] выяснилось, что государство должно иметь дополнительный источник доходов в несколько сотен миллиардов долларов, а доходы бизнеса имеют излишек в 30 млрд долл. Другими словами, популярное учебное пособие [8] содержит данные, не согласующиеся друг с другом.

Подходы к управлению рисками. При оценке, анализе и управлении рисками могут оказаться полезными известные публикации по методам учета финансового риска [1, 5, 19, 30, 32]. При использовании широкого арсенала статистических методов необходимо учитывать особенности их развития в России и СССР, наложившие свой отпечаток на современное состояние в области кадров и литературных источников.

Чтобы управлять, надо знать цель управления и иметь возможность влиять на те характеристики риска, которые определяют степень достижения цели.

Обычно можно выделить множество допустимых управляющих воздействий, описываемое с помощью соответствующего множества параметров управления. Тогда указанная выше возможность влиять на те характеристики риска, которые определяют степень достижения цели, формализуется как выбор значения управляющего параметра. Управляющий параметр может быть числом, вектором, быть элементом конечного множества или иметь более сложную математическую природу.

Основная проблема — корректная формулировка цели управления рисками. Поскольку существует целый спектр различных характеристик риска (например, если потери от риска моделируются случайной величиной), то оптимизация управления риском сводится к решению задачи многокритериальной оптимизации. Например, естественной является задача одновременной минимизации среднего ущерба (математического ожидания ущерба) и разброса ущерба (дисперсии ущерба).

Страхование и диверсификация — распространенные методы уменьшения неопределенности, присущей рискам, за счет повышения среднего уровня затрат. Выплата страховых взносов повышает затраты, но уменьшает неопределенность будущего. Если страховая компания полностью возмещает ущерб при осуществлении страхового случая, то неопределенность будущего полностью исчезает. При диверсификации хозяйственной деятельности упущенная выгода возникает из-за того, что средства вкладываются не только в самый выгодный (и самый рисковый) проект, но и в другие проекты. Если же нежелательные возможности осуществляются, «самый выгодный» проект приносит убытки, то другие проекты позволяют организации «остаться на плаву».

Как известно, для любой многокритериальной задачи целесообразно рассмотреть множество решений (т. е. значений параметра управления), оптимальных по Парето. Эти решения оптимальны в том смысле, что не существует возможных решений, превосходящих Парето-оптимальные решения одновременно по всем критериям. Точнее, превосхо-

дили бы хотя бы по одному критерию, а по остальным были бы столь же хорошими. Теория Парето-оптимальных решений хорошо развита [20].

Ясно, что для практической реализации надо выбирать одно из Парето-оптимальных решений. Как выбирать? Разработан целый спектр подходов, из которых выбор может быть сделан только субъективным образом. Таким образом, снова возникает необходимость применения методов экспертных оценок.

Эксперты могут выбирать непосредственно из множества Парето-оптимальных решений, если оно состоит лишь из нескольких элементов. Или же они могут выбирать ту или иную процедуру сведения многокритериальной задачи к однокритериальной. Один из подходов — выбрать т. н. «главный критерий», по которому проводить оптимизацию, превратив остальные критерии в ограничения. Например, минимизировать средний ущерб, потребовав, чтобы дисперсия ущерба не превосходила заданной величины.

Иногда задача многокритериальной оптимизации допускает декомпозицию. Найдя оптимальное значение для главного критерия, можно рассмотреть область возможных значений для остальных критериев, выбрать из них второй по важности и оптимизировать по нему, и т. д.

Что же делают эксперты? Они выбирают главный критерий (или упорядочивают критерии по степени важности), задают численные значения ограничений, иногда точность или время вычислений.

Второй основной подход — это свертка многих критериев в один интегральный и переход к оптимизации по одному критерию. Например, рассматривают линейную комбинацию критериев. Строго говоря, метод «главного критерия» — один из вариантов свертки. При этом вес главного критерия равен 1, а веса остальных — 0. Построение свертки, в частности, задание весов, целесообразно осуществлять экспертными методами.

Используют также методы, основанные на соображениях устойчивости (наиболее общий подход к изучению устойчивости разработан в [11]). При этом рассматривают область значений управляющих параметров, в которых значение оптимизируемого одномерного критерия (главного параметра или свертки) отличается от оптимального не более чем на некоторую заданную малую величину. Такая область может быть достаточно обширной. Например, если в линейном программировании (см., например, [15]) одна из граней многогранника, выделенного ограничениями, почти параллельна плоскости равных значений оптимизируемого критерия, то вся эта грань войдет в рассматриваемую область. В выделенной области можно провести оптимизацию другого параметра, и т. д. При таком подходе эксперты выбирают допустимое отклонение для основного критерия, выделяют второй критерий, задают ограничения и т. д.

Рассмотренные выше вероятностно-статистические подходы к оцениванию рисков предполагают использование в качестве критериев таких характеристик случайной величины, как математическое ожидание, медиана, квантили, дисперсия и др. Эти характеристики определяются функцией распределения случайного ущерба, соответствующего рассматриваемому риску. При практическом использовании этого подхода перечисленные характеристики оцениваются по статистическим данным. Они оцениваются по выборке, состоящей из наблюдаемых величин ущерба. При этом необходимо вычислять доверительные интервалы, содержащие оцениваемые теоретические характеристики с заданной

доверительной вероятностью [16]. Критерий, на использовании которого основана оптимизация, всегда определен лишь с некоторой точностью, а именно, лишь с точностью до полудлины доверительного интервала. Таким образом, приходим к постановке, рассмотренной в предыдущем абзаце.

Необходимо обратить внимание на существенное изменение ситуации в области вычислительной оптимизации за последние 60 лет. Если в 1960-е гг. из-за маломощности тогдашних компьютеров большое значение имела разработка быстрых методов счета, то в настоящее время внимание переносится на постановки задач и интерпретацию результатов. Это объясняется не только наличием различных программных продуктов по оптимизации, но и тем, что почти любую практическую задачу оптимизации можно решить простейшими методами типа переборных (перебирая возможные значения управляющих параметров с маленьким шагом), либо методом случайного поиска, поскольку быстродействие современных компьютеров позволяет это сделать.

В риск-менеджменте (т. е. управлении рисками) компании целесообразно выделить оперативное управление рисками и стратегическое управление рисками. Первый вид деятельности — постоянно проводящаяся работа, связанная с обеспечением качества продукции, плановым снижением экологических рисков [15], работой с покупателями, поставщиками, персоналом, связанная с повышением лояльности, и т. д.

Стратегический риск-менеджмент — составная часть стратегического планирования и управления. Надо оценивать риски высокого уровня, например, прогнозировать наличие в продаже, спрос и цену тех или иных товаров через 10–20 лет, например, нефти и «больших» компьютеров. Большое значение на этом уровне исследований имеют теория прогнозирования и экспертные оценки.

Риски в деятельности корпораций. В изучаемой ниже задаче анализа рисков фигурирует одна из важнейших неопределенностей — нестабильность продаж. Задача состоит в выборе интенсивности потока продаж для некоторого момента стабильного функционирования типового предприятия (рис. 5.26), полагая, что интенсивность представляет собой случайную величину с известным распределением (рис. 5.28). Точка a обозначает выбранную интенсивность продаж, график слева изображает плотность вероятности случайной величины (см. рис. 5.28, а). Фактическая интенсивность может отличаться от выбранной и, в соответствии с плотностью вероятности, большие отличия менее вероятны (на рисунке изображена плотность вероятности типа нормальной).

Вероятность платежеспособности предприятия численно равна площади, заштрихованной под графиком плотности вероятности, поскольку неплатежеспособность возникает в случаях интенсивности продаж, большей значения в точке b , т. е. при выходе вверх за точку пересечения ПЗХ.

При выборе интенсивности продаж в точке a наиболее вероятное значение прибыли, а значит, и рентабельности, определяется проекцией этой точки на правый график прибыли. Если выбирается большая интенсивность продаж, то кривая плотности распределения сдвигается вверх вместе с точкой a , точка a приближается к точке b , вероятность платежеспособности уменьшается, так как заштрихованной оказывается меньшая площадь, прибыль и рентабельность растут, запас денежных средств уменьшается. Очевидно, вероят-

ность платежеспособности можно назвать надежностью предприятия. Характер зависимости надежности и рентабельности от выбора интенсивности продаж показан на рис. 5.28, б.

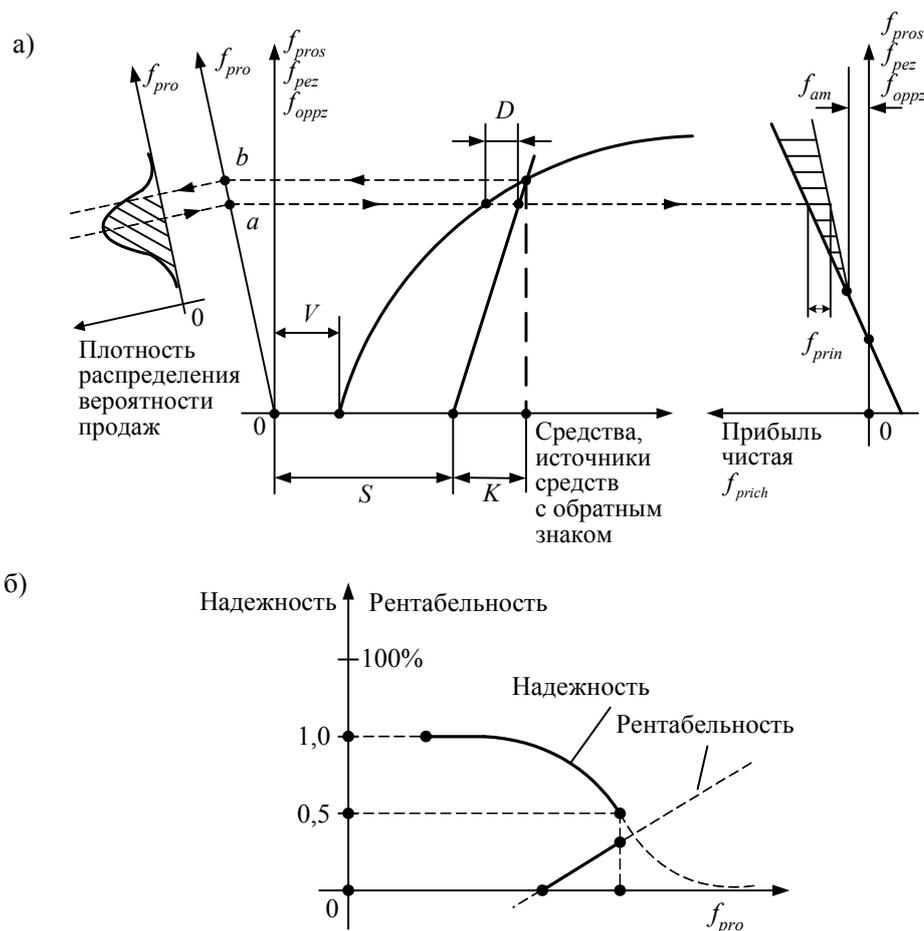


Рис. 5.28. Анализ рисков:

а) — расчет надежности и рентабельности предприятия, б) — зависимость надежности и рентабельности от объема продаж

При выборе достаточно малой интенсивности продаж надежность приближается к единице, при выборе максимально допустимой интенсивности, когда точки *a* и *b* сливаются, надежность принимает значение 0,5 (считая, что кривая плотности распределения симметрична). Точные графики надежности и рентабельности могут быть построены непосредственно по графикам (рис. 5.28, а) путем подсчета площадей под кривыми плотностей распределения с помощью таблиц, известных в теории вероятностей.

Полученные результаты анализа рисков позволяют выяснить процедуру выбора интенсивности потока продаж, для чего можно пользоваться графиками надежности и рентабельности.

Для выбора необходимо иметь в качестве исходных данных значение одной из величин: надежности либо желаемого наиболее вероятного значения рентабельности. Тогда по графикам находятся интенсивность продаж, обеспечивающая максимальную рентабельность при заданной надежности или максимальную надежность при заданной рентабельности, а также минимально необходимый запас денежных средств.

Полученные результаты хорошо согласуются с известной в финансовом менеджменте дилеммой «риск-доходность», необходимостью иметь запас высоколиквидных средств, тем больший, чем больше нестабильность функционирования, и предельно допустимыми значениями финансового коэффициента абсолютной ликвидности.

Задача оптимального финансирования оборотных активов предприятия в условиях рыночных ограничений продаж. Финансирование — важнейший аспект финансового управления — в типовом предприятии осуществляется посредством кредиторской задолженности и собственными средствами. Величина финансирования первым способом пропорциональна нагрузке оборотного цикла и продажам, что соответствует прямой линии ПЗХ кредиторской задолженности и не может управляться непосредственно. Поэтому такой способ финансирования известен под названием спонтанного или автоматического. В противоположность этому величину собственных средств в типовом предприятии можно изменять, увеличивая или уменьшая таким образом объем финансирования.

Из анализа финансовой устойчивости и финансовых коэффициентов известно [29], что величина собственных средств должна обеспечивать необходимое количество собственных оборотных средств и допустимые значения финансовых коэффициентов. С другой стороны, собственные средства влияют на рентабельность. Метод ПЗХ позволяет предложить расчет, выясняющий количественную связь собственных средств с перечисленными показателями, для чего формулируется следующая задача исследования.

Требуется выяснить, как изменяется рентабельность типового предприятия и финансовый коэффициент покрытия с изменением величины собственных средств, при условии, что нагрузка оборотного цикла, т. е. интенсивность потока продаж выбирается максимально возможной при данных собственных средствах (в точке E пересечения ПЗХ, рис. 5.27), и что при данной величине собственных средств предприятие функционирует стабильно.

При различных величинах собственных средств S точка A (рис. 5.29), из которой проведена прямая наклонная линия ПЗХ кредиторской задолженности, сдвигается вправо или влево, пересечение прямой с ПЗХ запасов и затрат в точке e определяет состояние средств при данных собственных средствах и величину нераспределенной прибыли по графику справа.

При уменьшении собственных средств точка e сдвигается вниз, и нераспределенная прибыль уменьшается до нуля в точке B на графике прибыли. Нулевой нераспределенной прибыли соответствует предельно левое расположение линии ПЗХ кредиторской задолженности и точка C на горизонтальной оси. Таким образом, длина отрезка OC изображает величину собственных средств, при которых $f_{prin} = 0$. Рентабельность собственных средств, рассчитанная по нераспределенной прибыли, рассчитывается как:

$$\frac{f_{prin} \cdot T_{год}}{S}, \tag{5.81}$$

где $T_{год}$ — продолжительность года, и при нулевой нераспределенной прибыли также равна нулю, что изображено в виде точки d на графике зависимости рентабельности от собственных средств.

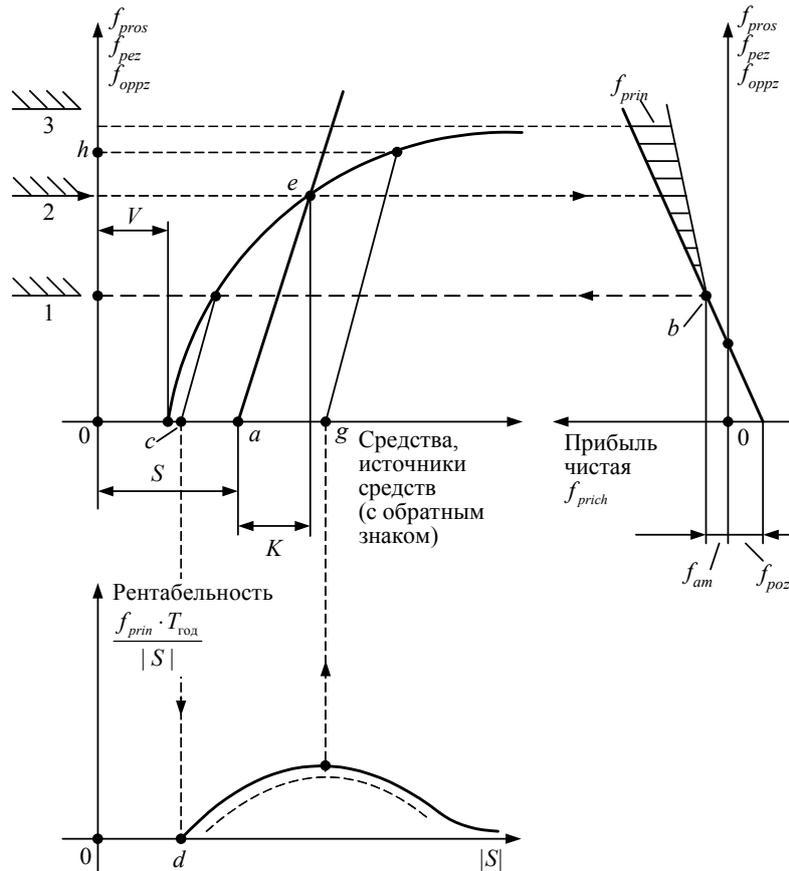


Рис. 5.29. Исследование задачи оптимального финансирования

При неограниченном увеличении собственных средств нераспределенная прибыль стремится к некоторому постоянному значению из-за асимптотического характера графика ПЗХ запасов и затрат. При этом рентабельность стремится к нулю, так как переменная величина в знаменателе выражения (5.81) неограниченно растет, а значение в числителе стремится к константе. Следовательно, правый фрагмент графика рентабельности имеет вид, изображенный на рисунке, что, в свою очередь, означает, что кривая рентабельности имеет максимум, так как справа от точки D рентабельность не нулевая.

Таким образом, для данного предприятия существует оптимальная по критерию рентабельности величина собственных средств. При ее увеличении собственные средства

«работают» менее эффективно из-за ограниченности производственных мощностей. При ее уменьшении отдача собственных средств снижается из-за недостаточности финансирования для полной нагрузки оборотного цикла.

Выполненный анализ и графики на рисунке соответствуют выбору максимальной нагрузки оборотного цикла при данных собственных средствах. Очевидно, с целью уменьшения риска нагрузка должна выбираться несколько ниже точки E , в результате чего в активах предприятия появятся денежные средства, а кривая рентабельности будет располагаться несколько ниже, см. пунктир (рис. 5.29, внизу).

Из выполненного исследования можно видеть, что выбор данных собственных средств однозначно определяет объем продаж, прибыль, величины средств и источников средств, и, следовательно, значение коэффициента покрытия:

$$K_{\text{п}} = \frac{Z + D}{K}.$$

При $S \rightarrow \infty$, $K_{\text{п}} \rightarrow \infty$, при уменьшении S до величины основных средств $S \rightarrow V$, $K_{\text{п}} \rightarrow 0$. Отсюда следует, что известные ориентировочные рекомендации желательных значений коэффициента покрытия $1,5 \leq K_{\text{п}} \leq 2,0$ можно обосновать с помощью анализа реальных поточно-запасных характеристик исходя из желательности нахождения рентабельности в области максимума.

В выполненном исследовании предполагается, что отсутствуют рыночные ограничения на объем продаж, и, следовательно, на величину нагрузки оборотного цикла. В случае, когда рыночные ограничения представляют собой максимальную интенсивность потока продаж, можно дать следующие рекомендации выбора величины собственных средств.

Если рыночные ограничения меньше уровня точки b , что показано в виде ограничения 1, то прибыльное функционирование невозможно. В случае ограничения 2, т. е. выше уровня нулевой прибыли, но ниже уровня максимальной рентабельности, величина собственных средств должна выбираться не более необходимой для данной нагрузки, соответственно построению из точки e . При рыночных ограничениях 3, то есть выше точки h , соответствующей максимуму рентабельности, собственные средства следует выбирать не более необходимых для этого максимума, то есть соответственно точке g .

Методика решения задачи краткосрочного планирования типового предприятия. Полученные выше результаты позволяют сформировать методику решения задачи краткосрочного планирования для типового предприятия (см. рис. 5.26). Задача планирования может быть сформулирована аналогично случаю простейшего предприятия, то есть требуется составить план функционирования при наличии прогноза рынка. В дополнение к этому считается, что продажи нестабильны и известна функция плотности распределения продаж. Кроме того, полагается известной поточно-запасная характеристика активов с участком насыщения, что можно считать достаточно реалистичным предположением, судя, например, по приведенной в [3] характеристике реального предприятия. Еще одним существенным отличием от задачи простейшего предприятия является предположение о возможности временного изъятия части собственных средств в случаях, когда они становятся избыточными

при рыночных ограничениях продаж, а также в случаях в связи с выходом на участок насыщения ПЗХ активов. (Альтернативой такого управления финансированием могли бы быть банковские ссуды, однако считается, что для типового предприятия они недоступны.)

Так же как в задаче простейшего предприятия, в качестве критерия оптимальности планов рассматривается рентабельность собственных средств, однако предположение о полном изъятии прибыли в виде дивидендов снимается. Считается, что вся нераспределенная прибыль полностью присоединяется к собственным средствам. Следовательно, объем собственных средств, которым может распоряжаться предприятие, растет, но, при необходимости, часть этих средств может быть временно изъята.

План функционирования строится от начала периода планирования с последовательным выделением участков стабильного функционирования и их границ (см. табл. 5.2). На участках стабильного функционирования применяются разработанные графоаналитические методы, на границах участков при резких изменениях интенсивностей потоков возможно возникновение переходных процессов, и в этих случаях планирование осуществляется приемами и методами, разработанными выше в разделе 5.1.

Таблица 5.2

Приемы и методы краткосрочного планирования деятельности типового предприятия

Участки стабильного функционирования				Переходные процессы на границах участков	
Продажи ограничены рынком		Продажи ограничены финансированием		Переход от меньшего уровня продаж к большему	Переход от большего уровня продаж к меньшему
Участки 2, 4	-	Участок 6	Участки 1, 5	Граница участков 4, 5	Участки 3, 7
1	2	3	4	5	6
Рыночные ограничения продаж меньше сбыта, соответствующего максимальной рентабельности	Рыночные ограничения продаж больше сбыта, соответствующего максимальной рентабельности	Финансирование обеспечивает продажи, превышающие сбыт при максимальной рентабельности	Финансирование не достаточно для обеспечения сбыта, соответствующего максимальной рентабельности	Единовременная поставка партии товаров в момент перехода. Расчет величины партии — см. раздел 5.1	Плавное снижение продаж и поставок на участке до момента перехода. Расчет плана перехода по методам разделов 5.1 и 5.4
Поддерживать продажи на уровне несколько ниже рыночных ограничений, обеспечив запас денежных средств	Изменить финансирование до уровня продаж несколько ниже оптимального, обеспечив запас денежных средств		Поддерживать продажи на уровне несколько ниже точки пересечения ПЗХ активов и пассивов, обеспечив запас денежных средств		

1	2	3	4	5	6
	Снижение продаж до уровня не менее необходимого для полной компенсации постоянных затрат				
Запас денежных средств равен максимальному из 1) анализа рисков по разделу 3.7, 2) из расчета плана перехода по методу гл. 2 и 4, если в конце участка осуществляется уменьшение продаж					

Рис. 5.30 поясняет применение методики. На участке 1 рыночные ограничения продаж превышают возможности финансирования, сбыт, достижимый при имеющемся финансировании, меньше оптимального, найденного с помощью проведенного выше анализа. Так как прибыль присоединяется к собственным средствам, а также в результате амортизации, максимальные продажи без учета запаса на риск находятся в точке пересечения ПЗХ активов и источников средств и увеличиваются по параболическому закону. Продажи на участке 1 запланированы несколько меньше на основе анализа плотности распределения ожидаемых продаж.

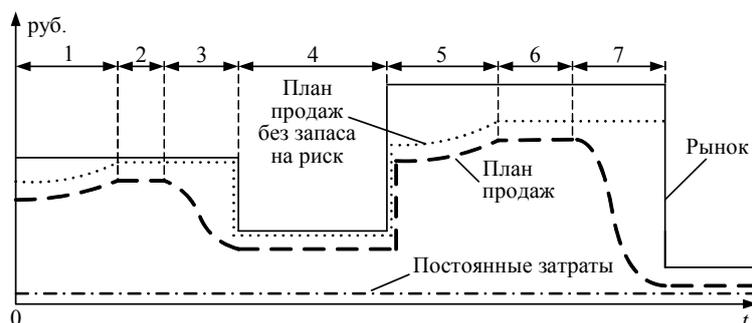


Рис. 5.30. План функционирования типичного предприятия

В конце участка 1 растущие продажи достигают рыночных ограничений сбыта, но остаются меньше оптимальных. Точка пересечения ПЗХ уходит выше рыночных ограничений, на участке 2 появляется избыточное финансирование, поэтому часть собственных средств изымается. Эта часть из-за прибыли не остается постоянной, а увеличивается на протяжении всего участка 2. Как и ранее, продажи запланированы несколько меньше возможных, с запасом денежных средств, найденным из анализа плотности распределения. Момент окончания участка 2 не может быть найден до того, как будут получены результаты планирования на следующем участке 3, где с помощью численного компьютерного расчета находится оптимальная траектория перехода к пониженной интенсивности потока продаж.

По результатам расчета находится величина денежных средств на предшествующем участке 2, необходимая для реализации плана перехода на участке 3. В результате планируемая величина денежных средств на участке 2 при необходимости корректируется.

Планирование на участке 4 аналогично случаю участка 2. В конце участка 4, в момент резкого подъема рынка, планируется переход к повышенному сбыту путем единовременной поставки партии товаров, что позволяет резко увеличить запас товаров и достичь увеличенной интенсивности потока продаж. Эта интенсивность не ограничена рынком и несколько больше, чем на участке 2 за счет прибыли и амортизации, имевших место на участках 3 и 4. Как и ранее, план продаж ниже, чем возможности сбыта без учета риска. В начале участка избыточные собственные средства изымаются в виде денежных средств, поскольку траектория на участке 3 планируется с переходом на возможный максимум денежных средств (см. раздел 5.1). В конце участка изъятые собственные средства полностью возвращаются, так как на последующем участке 5 рынок достаточно велик для их полного эффективного использования.

На участке 6 из-за роста финансирования и продаж достигается уровень оптимальной рентабельности. Из-за влияния ограниченной пропускной способности предприятия, что проявляется в виде нелинейности ПЗХ активов, дальнейшее наращивание собственных средств предприятия не целесообразно, поэтому продажи планируются от уровня оптимальной рентабельности с некоторым запасом на риск. Избыточные собственные средства, растущие из-за присоединения прибыли, на протяжении всего участка 6 изымаются из предприятия.

Планирование на участке 7 аналогично случаю участка 3.

Пример планирования рассмотрен в предположении резких, ступенчатых изменений рынка. В реальных прогнозах сезонных изменений продаж обычно присутствуют плавные колебания. Очевидно, что план (рис. 5.30) не будет изменяться вследствие иного вида функций прогноза продаж, если кривые рынка не накладываются на линии плана. Если же такое наложение имеет место, то методика планирования реализуется аналогично, с тем отличием, что может появляться последовательность участков малой продолжительности, примыкающих друг к другу, на которых линии рынка и плана идут наклонно, а расчет аналогичен участкам 2, 4 или 6 примера.

Пример составления плана функционирования типового предприятия был составлен с помощью компьютерной Excel-программы для участков 1–4, на полугодовом периоде. На участке 3 план составлен с помощью разработанного метода моделирования и оптимизации, а на остальных участках методика планирования реализована с помощью формул электронной таблицы. Так, на участке 1 формулы реализуют увеличение поставок, необходимое вследствие движения вверх точки пересечения ПЗХ (см. строку f_{pez}). На участках 2 и 4 с помощью формул осуществляется временное изъятие излишка собственных средств.

5.4. Компьютерные технологии реализации методов численного моделирования и оптимизации

Настоящий раздел посвящен вопросам разработки компьютерных технологий для нахождения оптимальных величин производственно-финансовых потоков предприятий на простейшем примере некоторой задачи планирования деятельности предприятия. Цель примера — иллюстрация решения задачи планирования систем производственно-финансовых потоков предприятий с применением разрабатываемых ниже методов имита-

ционного моделирования и оптимизации. Основу решения таких задач может составлять применение электронных таблиц. В настоящее время существует ряд известных программных продуктов типа электронных таблиц, таких, как Microsoft Excel и Lotus 1–2–3. Причина выбора электронной таблицы (в качестве основы для создания компьютерных технологий моделирования и оптимизации) состоит в том, что они являются общепринятым стандартом экономико-финансовых расчетов. Среди электронных таблиц из доступных на рынке Microsoft Excel самая простая в эксплуатации и в то же время самая мощная система электронных таблиц. Этот парадокс объясняется простотой использования элементов пользовательского интерфейса, которые обеспечивают доступ к средствам манипулирования данными. Excel всегда имел больше средств для анализа данных, чем другие системы электронных таблиц. Для решения задач оптимизации в Excel имеется надстройка *Поиск решения*, которая позволяет решать задачи линейного и нелинейного программирования. Excel также имеет встроенные средства для построения разнообразных диаграмм, являющиеся удобным средством представления данных.

Таким образом, Microsoft Excel является наиболее подходящим средством для решения задач планирования и прогнозирования систем внутрипроизводственных потоков предприятий.

Метод имитации с фиксированным шагом моделирования. Во втором разделе настоящей главы рассматривалась модель системы внутрипроизводственных потоков предприятия. В результате получена система дифференциальных уравнений, описывающая эту модель. Очевидно, полученные зависимости описывают нетривиальные процессы. Поэтому в большинстве случаев применение аналитических методов решения подобных систем дифференциальных уравнений невозможно. Такие системы уравнений следует решать на основе применения численных методов с применением компьютерных программ.

Система уравнений, описывающая некоторую модель внутрипроизводственных потоков, записывается вместе с определенными условиями, устанавливающими способ ее решения. Это система уравнений, которые регулируют изменяющиеся во времени взаимодействия совокупности переменных. Эта изменчивость предопределяет необходимость периодически решать уравнения для нахождения новых состояний системы. В основном система уравнений состоит из уравнений двух типов, соответствующих потокам и накопителям.

Для каждого момента времени может существовать специфическая последовательность вычислений, определяемая характером системы уравнений. В данном случае сначала рассчитываются величины накопителей, а затем интенсивности потоков. Для этого время квантуется на интервалы времени Δt , что позволяет аппроксимировать переменные величины с некоторой погрешностью (рис. 5.31). Интервалы времени должны быть достаточно короткими, чтобы можно было принять допущение о постоянстве величин накопителей и интенсивностей потоков на протяжении интервала, получив при этом удовлетворительное приближение к непрерывно изменяющимся величинам реальной системы. Это означает, что на решения, принятые в начальной точке интервала, не будут влиять изменения, происходящие в течение того же интервала. Новые значения величин накопителей рассчитываются на конец интервала, и по ним определяются новые интенсивности потоков для следующего интервала. Таким образом, выполняется переход от системы дифференциальных уравнений к системе конечно-разностных уравнений.

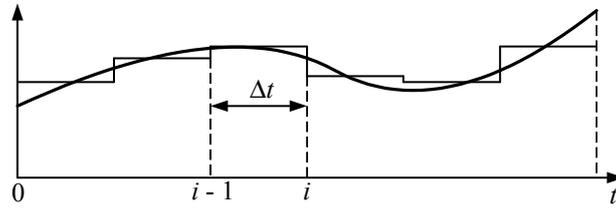


Рис. 5.31. Аппроксимация переменной величины с помощью отрезков

В принципе можно выбрать столь небольшие интервалы времени, что отрезки прямых, проведенных в пределах каждого интервала, будут сколь угодно близко приближаться к любой кривой (рис. 5.31). Чем короче и многочисленней будут интервалы, тем более полным будет приближение к кривой. Практически возможно выбирать интервал столь короткий, сколь это необходимо. Однако он должен быть таким, чтобы объем вычислений не превышал возможности применяемых программных средств.

Рассмотрим два последовательных момента времени $i-1$ и i . Момент i используется для обозначения текущего момента времени, а $i-1$ — момент, непосредственно ему предшествующий. Интервал $[i-1, i]$ только что истек, и информация о нем, как и о предыдущих периодах, может быть использована при решении уравнений. Информация о накопителях и интенсивностях потоков в последующее время вообще недоступна при решении уравнений в настоящий момент времени i .

Для целей численного решения основные уравнения модели разделены на две группы: группу уравнений накопителей или запасов и группу уравнений потоков. При рассмотрении какого-либо интервала времени в первую очередь решаются уравнения запасов, а затем полученные результаты используются в уравнениях потоков. Уравнения должны решаться для моментов времени, разделенных Δt . Уравнения относятся каждый раз к условным моментам времени $i-1$ и i , причем произвольно принимается, что i представляет собой текущий момент времени. Другими словами, принимается допущение, что в процессе решения как раз был достигнут момент времени i , но пока еще не были решены ни уравнения накопителей, ни уравнения потоков в момент времени i .

Уравнения запасов показывают, каким образом можно определить накопители в момент i , основываясь на знании накопителей и интенсивностей потоков в момент времени $i-1$. В момент времени i , когда решаются уравнения запасов, вся необходимая информация может быть получена и получается из предшествующего интервала времени. Уравнения потоков решаются в настоящий момент i после того, как решены уравнения запасов. Поэтому значения накопителей в текущий момент i могут служить исходными данными для уравнений потоков.

После определения запасов и интенсивностей потоков в момент i время «индексируется». Это означает, что положение точек $i-1$ и i сдвигается на один интервал времени вправо. Запасы и потоки, только что вычисленные для момента времени i , считаются теперь запасами в момент $i-1$. Текущий момент времени i сдвигается таким образом на один интервал времени продолжительностью Δt . Всю последовательность вычислений можно теперь повторить для определения нового состояния системы в момент времени более поздний, чем

для предшествующего состояния, на величину Δt . Интервал Δt должен быть достаточно коротким, чтобы его величина не влияла сколько-нибудь серьезно на результаты вычислений. Его следует выбирать по возможности максимально большим для того, чтобы не допускать увеличения загрузки компьютера там, где это не вызвано необходимостью.

Основное требование ограничения продолжительности интервала вытекает из характера построения системы уравнений. Запасы определяют потоки, а потоки определяют запасы. В большинстве рассматриваемых систем уравнений допустимый интервал между вычислениями будет определяться такими величинами, как оборачиваемость запаса, период отсрочки оплаты и т. п. То есть теми величинами, которые характеризуют сдвиг одной переменной величины относительно другой по оси времени. Интервал обязательно должен быть меньше любой из подобных величин, желательно, чтобы он был меньше половины наименьшей из них.

На последующем этапе создается программа в виде электронной таблицы, в которой содержатся уравнения переменных величин. Каждой переменной величине, то есть запасам и потокам, соответствует строка электронной таблицы. Каждый столбец таблицы представляет собой совокупность переменных величин за определенный момент времени. Таким образом, отдельная ячейка таблицы соответствует некоторой переменной величине в определенный момент времени (рис. 5.32).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			1	2	3	4	5	6
2								
3	f_{pos}	Поставки товаров в кредит	100	103,5744	72,37066	66,70059	61,54600	56,85999
4	r	Рынок	=ЕСЛИ(C1	=ЕСЛИ(D1	=ЕСЛИ(E1	=ЕСЛИ(F1	=ЕСЛИ(G1	=ЕСЛИ(H1
5	f_{pros}	Реализация товаров в с/с	=ПА!E3	=МИН(C6/	=МИН(D6/	=МИН(E6/	=МИН(F6/	=МИН(G6/
6	Z	Запас товаров	=ПА!E10	=C6+D3-D5	=D6+E3-E5	=E6+F3-F5	=F6+G3-G5	=G6+H3-H5
7	f_{opl}	Оплата поставок	=ПА!E\$3	=ПА!E\$3	=ПА!E\$3	=ПА!E\$3	=ПА!E\$3	=ПА!E\$3
8	D	Денежные средства	=ПА!E11	=C8+D5-D7	=D8+E5-E7	=E8+F5-F7	=F8+G5-G7	=G8+H5-H7
9	K	Кредиторская задолженность	=ПА!E12	=C9+D7-D3	=D9+E7-E3	=E9+F7-F3	=F9+G7-G3	=G9+H7-H3
10	S	Собственные средства	=ПА!E13	=-D6-D8-D3	=-E6-E8-E3	=-F6-F8-F3	=-G6-G8-G3	=-H6-H8-H3

Рис. 5.32. Моделирование переменных величин на основе электронной таблицы

Поскольку уравнения для каждой отдельной переменной величины в любой момент времени (за исключением некоторых случаев) одинаковы, формулы для этой переменной величины следует ввести один раз, а для остальных моментов времени уравнения можно

получить при помощи применения встроенного в электронную таблицу аппарата копирования формул с использованием относительной адресации. В связи с тем, что для начального момента времени не существует предшествующего, уравнения переменных величин для этого момента времени отличаются от уравнений тех же переменных величин для остальных моментов времени. Такие уравнения носят название уравнений начальных условий.

Как правило, в рассматриваемых моделях одна из переменных величин принимается в качестве управляющей переменной величины, то есть она может задаваться в виде совокупности ее значений на рассматриваемом периоде (на рис. 5.32 переменная величина «Поставки товаров в кредит»). В этом случае остальные переменные величины автоматически пересчитываются при изменении управляющей переменной величины. В результате может быть получен ряд численных решений системы уравнений.

Метод оптимизации с применением компьютерных средств. В предыдущем подразделе рассмотрен метод имитационного моделирования системы внутрипроизводственных потоков предприятия. Как правило, в реальных условиях требуется найти оптимальные величины этих потоков за некоторый промежуток времени, называемый периодом планирования, по некоторому критерию. То есть необходимо найти оптимальные процессы управляющих переменных (переменных управления). Остальные переменные величины будут считаться переменными состояниями.

Обозначим:

Y_j — переменная состояния, $j = 1, 2, \dots, m$;

X_i — переменная управления, $i = 1, 2, \dots, n$;

F — целевая функция, выраженная через Y_j и X_i ;

G — целевая функция, выраженная только через X_i ;

R_p — функция ограничения, выраженная через Y_j и X_i , $p = 1, 2, \dots, v$;

Q_p — функция ограничения, выраженная только через X_i .

Наиболее удобной формой модели рассматриваемой системы потоков была бы модель, в которой каждая переменная состояния выражалась бы как функция переменных управления. В такой форме модель системы потоков имеет вид

$$Y_j = f_j(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (5.82)$$

В том случае, когда целевая функция зависит от переменных состояния и управления, будем говорить, что она представлена в F-форме:

$$F = F(Y_1, Y_2, \dots, Y_m; X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (5.83)$$

Подставляя (5.82) в (5.83), можно исключить переменные состояния; в результате получим целевую функцию, которую назовем G-формой:

$$G = G(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (5.84)$$

Аналогичным образом в функции ограничения R_p переменные состояния могут быть исключены путем подстановки уравнения (5.82) в R_p , так что

$$R_p(Y_1, Y_2, \dots, Y_m; X_1, X_2, \dots, X_n) = Q_p(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

В этом случае задача сводится к оптимизации целевой функции

$$G = G(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

при ограничениях

$$Q_p(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0.$$

Поскольку в системе уравнений подобной (5.16)–(5.25) содержится ряд зависимостей нелинейного характера, то на практике часто бывает затруднительно выразить целевую функцию и функцию ограничений только через переменные управления. Поэтому в данном случае целесообразно не преобразовывать целевую функцию и функцию ограничений. Так как в процедуре поиска оптимального решения задачи будут применяться компьютерные средства, то такая форма записи выражения для целевой функции и функции ограничений будет вполне приемлемой.

Целевая функция — математическое выражение результата действия процесса. Ее также называют критериальной функцией или показателем качества.

Процесс оптимизации должен сводиться к решению уравнений, которые можно использовать для нахождения переменных управления, оптимизирующих целевую функцию. Уравнения, которые выражают переменные оптимального управления через требуемые параметры работы, называются уравнениями оптимального управления.

Ограничения на переменные состояния и переменные управления либо ограничивают область допустимых значений переменных состояния и переменных управления, либо устанавливают дополнительные зависимости между переменными состояния и переменными управления. При оптимизации реальных процессов ограничения имеются всегда. В некотором смысле ограничения на переменные состояния и переменные управления можно считать расширением модели процесса. Это связано с тем, что ограничения определяют зависимость между переменными состояния и переменными управления, а также допустимую область протекания процесса.

Ограничения играют большую роль при оптимизации. Например, линейная целевая функция, применяемая при линейном программировании, вообще не имеет экстремума, если отсутствуют ограничения. С другой стороны, ограничения на переменные управления обычно отрицательно сказываются на качестве оптимального процесса.

В рассматриваемой модели в качестве управляющих переменных могут использоваться такие величины, как поставки товаров в кредит, получение/возврат банковских ссуд, график запуска производства и т. п. В соответствии с предложенным выше методом имитационного моделирования управляемая переменная представляет собой последовательность ее значений в разные моменты времени. Поскольку оптимизации подлежит процесс (управляемая величина), эти значения оптимизируются как совокупность независимых скалярных величин. На рис. 5.33 представлена схема проведения оптимизации с применением поискового оптимизатора, встроенного в электронную таблицу.

Укрупненно процедуру проведения поиска оптимального решения можно представить следующим образом. На начальном этапе задаются некоторые начальные значения варьируемых (управляющих) переменных. Затем проверяется выполнение заданных ограничений.

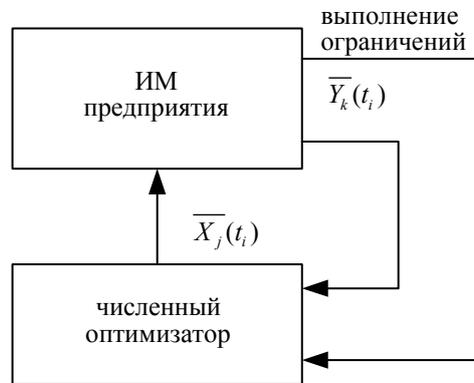


Рис. 5.33. Структурная схема численной оптимизации с применением компьютерных средств:

$\bar{X}_j(t_i)$ — значение j -й переменной управления в момент времени t_i ,

$\bar{Y}_k(t_i)$ — значение k -й переменной состояния в момент времени t_i .

Если все ограничения выполняются, то производится расчет значения целевой функции. Затем управляющие переменные изменяются некоторым образом с целью получения «лучшего» значения критериальной функции, после чего производится новая проверка выполнения ограничений.

Если какое-либо ограничение не выполняется, то значения управляющих переменных изменяются с тем, чтобы все ограничения выполнялись.

Далее описанные действия повторяются до тех пор, пока не будет получено либо наилучшее решение, либо заключение о несходимости модели, либо заключение об отсутствии области допустимых значений управляющих переменных, то есть о невозможности одновременного выполнения всех ограничений. Последние два случая могут быть связаны с неправильной постановкой задачи или с некорректными исходными данными.

Описанная процедура поиска оптимального решения используется во встроенном в Excel поисковом оптимизаторе *Поиск решения* (Solver). Это средство обладает достаточно развитыми возможностями, такими, как задание множества управляющих переменных, выбор метода поиска решения, что делает его приемлемым для решения задач оптимизации.

Для применения оптимизатора, встроенного в электронную таблицу, необходимо:

- построить имитационную модель внутрипроизводственных потоков предприятия так, как это было показано в предыдущем параграфе;
- ввести формулу расчета целевой функции в соответствующую ячейку электронной таблицы на том же листе, где представлены рассчитываемые величины;
- настроить поисковый оптимизатор, то есть указать ячейки, содержащие варьируемые величины, ячейку с целевой функцией, задать ограничения и, возможно, изменить параметры оптимизатора (погрешность вычислений, оценка, метод вычисления производных и т. п.);
- запустить оптимизатор.

Пример задачи планирования производственно-финансовых потоков предприятия.

Рассмотрим приведенную во второй главе задачу планирования деятельности гипотетическо-

го простейшего предприятия. Ниже эта задача будет решаться на основе применения разработанных методов моделирования и оптимизации. На рис. 5.34 приведена поточно-финансовая структура рассматриваемой модели функционирования простейшего предприятия.

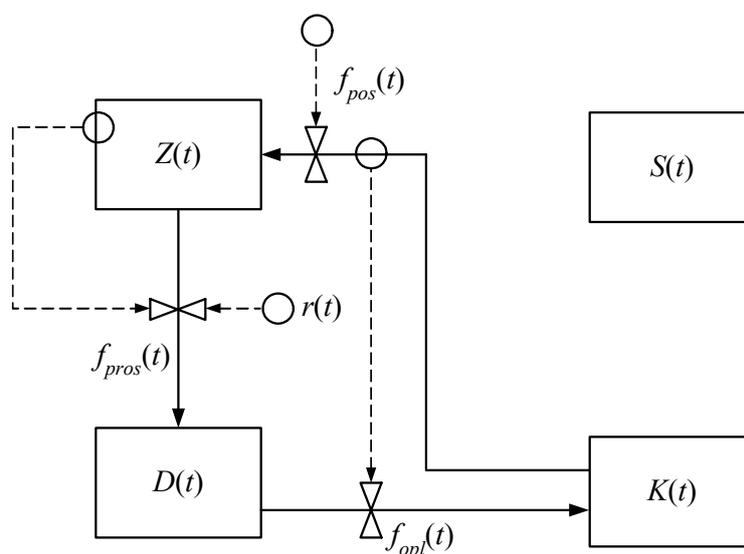


Рис. 5.34. Поточно-финансовая структура модели функционирования простейшего предприятия:

$Z(t)$ — запас товаров в ценах приобретения, $D(t)$ — денежные средства, $K(t)$ — кредиторская задолженность, $S(t)$ — собственные средства, $f_{pos}(t)$ — поставки, $f_{pros}(t)$ — продажи, в себестоимости приобретения товаров, $f_{opl}(t)$ — оплата поставок, $r(t)$ — рыночная среда

Такая модель, как было показано в первом разделе настоящей главы, описывается системой уравнений (5.16)–(5.25). Эта система уравнений моделирует непрерывные величины, поэтому для решения рассматриваемой задачи методом имитации и оптимизации ее постановка требует уточнения.

Запишем уравнения, описывающие приведенную структуру в соответствии с рассмотренным выше методом имитационного моделирования. Разобьем период планирования деятельности предприятия $[t_0, t_{pl}]$ на отрезки «единичной» длины Δt . Поскольку предполагается, что период планирования составляет порядка одного года, то за отрезок «единичной» длины примем, например, одну неделю. В результате проведенного разбиения мы получим N таких отрезков. Обозначим индекс единичных отрезков через i . Таким образом, $i = \overline{1..N}$. Рассмотрим переменные величины запасов и потоков в некоторые моменты $i-1$ и i внутри интервала планирования. Будем считать, что текущим моментом времени является момент времени i .

Поставки оплачиваются с отсрочкой на период T_k . Поэтому функция оплаты $f_{opl}(t)$ — это функция поставок, сдвинутая вправо по оси времени на период T_k . Для упрощения расчетов будем считать, что единицы измерения T_k , T_z и единичных отрезков совпадают. Тогда

$$f_{opl\ i} = f_{pos\ i - T_k} \quad (5.85)$$

Выручка от продаж накапливается в виде денежных средств и расходуется на оплату поставок, а также вся прибыль изымается из оборота в виде дивидендов. Поэтому на ПФС предприятия не изображены потоки прибыли и дивидендов.

Интенсивность потока продаж в модели зависит от рыночного спроса $r(t)$ и величины запаса товаров $Z(t)$. Считается, что продажи не могут превышать рыночные ограничения, а также максимальную величину, которую позволяет текущий запас товаров:

$$f_{prosi} \leq r_i \quad (5.86)$$

$$f_{prosi} \leq \frac{Z_i}{T_z}, \quad (5.87)$$

где T_z — показатель оборачиваемости запаса товаров, измеряемый в единицах времени.

В соответствии с формализованной постановкой задачи, выполненной во второй главе, в качестве переменных управления выбраны две величины: поставки и реализация. Поскольку целью рассматриваемого решения задачи является иллюстрация применения методов имитационного моделирования и оптимизации, то для более ясного понимания использования этих методов за переменную управления примем только интенсивность поставок. Тогда для исключения неоднозначности в определении интенсивности реализации примем допущение о том, что эта величина является минимальной из двух величин: $r(t)$ и $Z(t)/T_z$. Другими словами,

$$f_{pros i} = \min(r_i, Z_i / T_z). \quad (5.88)$$

Согласно методологии ПФС количественные связи между содержимым блоков и интенсивностями потоков задаются в следующем виде: скорость изменения содержимого блока равна разности интенсивностей входящих и исходящих потоков:

$$Z_i = Z_{i-1} + f_{pos i-1} - f_{pros i-1}, \quad (5.89)$$

$$D_i = D_{i-1} + f_{pros i-1} - f_{opl i-1}, \quad (5.90)$$

$$K_i = K_{i-1} + f_{opl i-1} - f_{pos i-1}, \quad (5.91)$$

$$S_i = S_{i-1}. \quad (5.92)$$

Как следствие (5.92), можно записать следующее:

$$S_i = -S_{уст} = \text{const}. \quad (5.93)$$

В связи с тем, что, согласно методологии ПФС, активы представляют собой неотрицательные величины, а источники средств — неположительные, имеем

$$Z_i \geq 0, \quad (5.94)$$

$$D_i \geq 0, \quad (5.95)$$

$$S_i < 0, \quad (5.96)$$

$$K_i \leq 0. \quad (5.97)$$

Поскольку по условию задачи поставляемые поставщиками и реализуемые покупателям товары не могут быть возвращены обратно, то

$$f_{posi} \geq 0 \quad (5.98)$$

$$f_{prosi} \geq 0. \quad (5.99)$$

Функция потока оплаты поставок представляет собой сдвинутую вправо по оси времени на период T_K функцию поставок. В силу неотрицательности последней

$$f_{opli} \geq 0. \quad (5.100)$$

Поскольку в начальный момент существования предприятие располагало только собственными средствами, равными денежным, то

$$D_0 = S_{уст}, Z_0 = K_0 = 0. \quad (5.101)$$

С учетом (5.89)–(5.91) и (5.101) получаем баланс активов и источников средств:

$$Z_i + D_i - S_{уст} + K_i = 0. \quad (5.102)$$

Функционирование предприятия описывается системой уравнений (5.85), (5.88) — (5.102) и рассматривается на плановом периоде $[t_0, t_{pl}]$, где t_0 и t_{pl} — моменты времени начала и окончания периода соответственно (или $i = 1..N$, где N — число отрезков единичной длины, на которые разбит интервал планирования), а также тремя величинами — параметрами предприятия — $S_{уст}$, T_K и T_Z .

Существенным обстоятельством является факт влияния процесса функционирования до некоторого момента на процесс функционирования после этого момента. Такое влияние возникает, поскольку в данный текущий момент оплачиваются предшествующие поставки. Поэтому процесс функционирования предприятия после начала планового периода зависит от процесса функционирования на отрезке до начала планового периода. Следовательно, возникает необходимость задать состояние предприятия до момента t_0 не как значения интенсивностей потоков и содержимого накопителей, а как специальным образом определяемый и задаваемый исходный процесс функционирования. Таким процессом естественно считать функционирование в условиях постоянства потоков и содержимого накопителей — стабильное, невозмущенное функционирование. По этим же причинам в задаче планирования следует потребовать перевода производственной системы в новое стабильное состояние. Если невозмущенность функционирования после момента t_{pl} не потребовать, то увеличение рентабельности при постоянстве собственных средств возможно при увеличении поставок на отрезке $[t_{pl} - T_K, t_{pl}]$, так как оплата этих поставок потребуется уже после оконча-

ния планового периода, что не повлияет на рентабельность (поскольку критерий рентабельности рассчитывается лишь для данного планового периода).

Обратимся теперь к анализу параметров стабильного функционирования. Связь величины содержимого накопителя $K(t)$ с интенсивностями входных и выходных потоков в условиях стабильности можно выяснить на основе представления о времени полного обновления этого содержимого. По определению стабильного функционирования все потоки равны и, в частности, входной поток блока $K(t)$ равен выходному. Обозначим интенсивность этих потоков в стабильном функционировании новой переменной величиной f . Тогда содержимое блока $K(t)$ полностью обновляется за время T_K , так как это время отсрочки оплаты поставок:

$$K_i = -f T_K, \quad (5.103)$$

(знак «минус», поскольку источники средств представляются неположительными величинами).

Для начального состояния системы потоков соотношение (5.103) будет выполняться автоматически в силу задания начальных условий (как будет показано ниже). Для конечного состояния уравнение (5.103) следует задать как ограничение, налагаемое на систему потоков. Кроме того, по условию стабильного функционирования следует задать постоянство интенсивности потока поставок на отрезке $[t_{pl} - T_K, t_{pl}]$

$$f_{posi} \Big|_{i \in [N - T_K, N]} = f_{posN} = \text{const}. \quad (5.104)$$

Из этого ограничения следует, что к моменту времени $t = t_{pl}$ или при $i = N$ интенсивность потока оплаты $f_{opl N}$ будет равна $f_{pos N}$ в силу уравнения (5.85). Поэтому ограничение на равенство потока поставок и их оплаты в момент $t = t_{pl}$ задавать не нужно.

Чтобы система потоков находилась в стабильном состоянии, следует задать ограничение (5.103), где в качестве f принимается величина $f_{pos N}$, а также равенство $f_{pos}(t)$ и $f_{pros}(t)$ в момент $t = t_{pl}$

$$f_{pros N} = f_{pos N}. \quad (5.105)$$

Таким образом, уточненная постановка задачи выглядит следующим образом: для производственной системы (рис. 5.34) найти план поставок на плановом периоде, обеспечивающий максимум продаж, при условиях:

- 1) до начала планового периода производственная система находилась в известном состоянии стабильного функционирования;
- 2) после окончания планового периода производственная система находится в некотором состоянии стабильного функционирования;
- 3) спрос на товары скачкообразно изменяется в момент времени внутри планового периода.

Так как производственная система с «памятью» в силу (5.85), то состояние предприятия в начале периода планирования можно задать значениями пяти переменных величин:

$Z_0, D_0, K_0, f_{pos\ 0}, f_{pros\ 0}$, и совокупностью значений функции оплаты поставок на отрезке $[t_0, t_0 + T_k]$: $f_{opli} \Big|_{i \in [1, T_k]}$.

В формализованном виде задачу можно представить следующим образом:

Дано:

- 1) параметры предприятия T_z, T_k и $S_{уст}$;
- 2) начальное состояние предприятия: $Z_0, D_0, K_0, f_{pros\ 0}, f_{pos\ 0}$ и $f_{opli} \Big|_{i \in [1, T_k]}$;
- 3) рынок на периоде планирования $r_i \Big|_{i \in [1, N]}$.

Найти:

$f_{prosi} \Big|_{i \in [1, N]}$, удовлетворяющие уравнениям (5.85), (5.88)–(5.102) и обеспечивающие

максимум продаж: $\sum_{i=1}^N f_{prosi} \rightarrow \max$ при выполнении ограничений (5.94)–(5.100), (5.103)–(5.105).

Таким образом, уточнена формализованная постановка задачи для применения метода имитации и оптимизации, что позволяет применить Excel для ее численного решения.

Решение задачи планирования функционирования предприятия методом имитационного моделирования и оптимизации. На основании приведенной формализованной постановки задачи возможно ее численное решение методом имитационного моделирования и оптимизации. Для этой цели разрабатывается электронная таблица, содержащая три основных листа: лист исходных данных (параметров — ПА), лист расчета производственно-финансовых потоков (*Потоки*) и лист графиков (*Графики*) для визуализации получаемых решений.

Лист «Параметры». На листе ПА (рис. 5.35), в верхней части таблицы находятся параметры, значения которых можно изменять с клавиатуры (за исключением T_k , изменение которого требует корректировки формул расчета потоков). В нижней части таблицы находятся рассчитываемые параметры, значение которых получаются с помощью Excel-формул по значениям параметров из верхней части таблицы.

Рассмотрим эти параметры подробнее. Момент ступенчатого изменения рынка t_1 — номер недели, в начале которой ожидается резкое изменение рыночного спроса (в данном случае падение). В связи с предположением, что до начала периода планирования предприятие функционировало в стабильных условиях, то до этого момента интенсивности всех потоков равны между собой. Эта величина представляет собой начальную интенсивность потоков f_0 . C_1 и C_2 — максимальные значения потока продаж, соответствующие рыночному спросу в периоды времени до и после изменения спроса соответственно. T_k — период отсрочки оплаты поставок. T_z — норма оборачиваемости запаса. И, наконец, последний задаваемый параметр — D_0 / Z_0 — доля начальной величины денежных средств в начальной величине запаса товаров.

Обозначение	Наименование	Единицы измерения	Значение
t_1	Момент ступенчатого изменения рынка	Недели	15
f_0	Начальная интенсивность потоков	Тыс.руб./нед.	100
C_1	Нормальная интенсивность рынка	Тыс.руб./нед.	100
C_2	Уменьшенная интенсивность рынка	Тыс.руб./нед.	10
T_K	Срок консигнации	Недели	7
T_z	Оборачиваемость запаса товаров	Недели	11
D_0 / Z_0	Начальный остаток д/средств в долях от начального запаса товаров	б/разм	0,06
Рассчитываемые параметры			
Z_0	Начальный запас товаров	Тыс.руб.	1100
D_0	Начальный остаток д/с	Тыс.руб.	66
K_0	Начальная кредиторская задолженность	Тыс.руб.	-700
S_0	Начальные собственные средства	Тыс.руб.	-466

Рис. 5.35. Лист «Параметры»

Перейдем к рассчитываемым параметрам. Начальный запас товаров Z_0 рассчитывается в соответствии с (5.89) как произведение начальной интенсивности потоков, то есть интенсивности потока продаж, на норму оборачиваемости запаса:

$$Z_0 = f_0 T_z \quad (5.106)$$

Начальная величина денежных средств равна произведению начальной величины запаса товаров на долю денежных средств от него:

$$D_0 = Z_0 D_0 / Z_0 \quad (5.107)$$

Начальная величина кредиторской задолженности определяется в соответствии с (5.103):

$$K_0 = -f_0 T_K \quad (5.108)$$

Начальная величина собственных средств находится из уравнения баланса (5.102):

$$S_0 = -Z_0 - D_0 - K_0 \quad (5.109)$$

Лист «Потоки». На листе «Потоки» (рис. 5.36) выполняется расчет происходящих процессов при помощи механизма формул. Формулы — суть рабочего листа Excel. Формулы выполняют работу (то есть производят вычисления), которая раньше выполнялась

вручную или на калькуляторе. Без формул использование электронного рабочего листа, подобного Excel, не давало бы никаких преимуществ.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_{pos}	Поставки товаров в кредит	100	103,6	72,37	66,7	61,55	56,86	52,6	10	10	10
r	Рынок	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
f_{pro}	Реализация товаров в с/с	100	100	100	97,81	94,98	91,94	88,76	85,47	78,61	72,37
Z	Запас товаров	1100	1104	1076	1045	1011	976,3	940,2	864,7	796,1	733,7
f_{opl}	Оплата поставок	100	100	100	100	100	100	100	100	103,6	72,37
D	Денежные средства	66	66	66	63,81	58,8	50,74	39,5	24,97	0	-0
K	Кредиторская задолженность	-700	-704	-676	-643	-604	-561	-514	-424	-330	-268
S	Собственные средства	-466	-466	-466	-466	-466	-466	-466	-466	-466	-466
	Реализация за плановый период	1468									

Рис. 5.36. Лист «Потоки»

Формулы могут выполнять как простые действия, включая сложение, вычитание, умножение и деление, так и сложные вычисления. С помощью формул можно также работать с текстом. После того как пользователь введет формулу в какую-либо ячейку, на рабочем листе обычно сразу появляется результат. Чтобы просмотреть саму формулу, необходимо выделить соответствующую ячейку. Тогда формула появится в строке формул. Чтобы получить возможность просмотра и редактирования формулы на рабочем листе, следует два раза щелкнуть соответствующую ячейку или выделить ее и нажать клавишу <F2>.

Формулы в Excel всегда начинаются со знака равенства (=) и могут включать числовые и буквенные величины (константы), знаки арифметических операций, операций сравнения, операций с текстом, функции, скобки, данные ячеек и имена, а также встроенные формулы, называемые функциями, например, СУММ() или SUM().

Ссылки на ячейки позволяют использовать в формулах содержимое других ячеек. Ссылки могут быть установлены на любую часть любого рабочего листа, и одна и та же ссылка может участвовать в любом количестве формул. Ссылка на ячейку всегда содержит заголовок строки и столбца. Например, ячейка на пересечении столбца А и строки 1 имеет ссылку А1. Ссылка на активную ячейку видна в поле имен у левого края строки формул.

Область расчета потоков содержит формулы для расчета значений потоков и накопителей. Время планового периода квантуется, и таким образом, выполняется переход от

непрерывных функций времени к дискретным величинам, а также от производных к конечно-разностным уравнениям. В качестве кванта времени принимается одна неделя. В каждый момент времени состояние производственной системы задается соответствующими значениями потоков и накопителей. Каждая строка листа «Потоки», согласно методу моделирования, соответствует какой-либо одной переменной величине, все величины представлены как последовательности значений с шагом в одну неделю. Самая верхняя строка — порядковые номера недель. Значения переменных величин в очередную неделю, как правило, рассчитываются по значениям других переменных величин в данную или предыдущую неделю, а также по значениям параметров с листа ПА. Поэтому в формулах расчета аргументами являются ссылки на ячейки в относительных адресах и, в случае параметров, абсолютные ссылки на листе ПА.

В Excel можно указать положение ячейки с помощью относительной или абсолютной ссылки. По умолчанию для указания адресов ячеек в Excel применяются относительные ссылки. Это означает, что ссылки на ячейки изменяются при копировании формулы на новое место. Например, на листе «Потоки» в ячейку D6 введена формула $=C6+D3-D5$. Все ссылки, находящиеся в ней, относительны. Обычно в формулах желательно применять относительные ссылки на ячейки.

После копирования формул относительные ссылки будут указывать на другие ячейки так, чтобы сохранить прежние отношения в соответствии с новым местоположением.

Обычно необходимо, чтобы ссылки на ячейки изменялись при копировании, но иногда эти изменения нежелательны. Если требуется скопировать формулу, в которой есть ссылки, которые не должны подстраиваться к новому положению, следует использовать абсолютные ссылки.

При использовании стиля A1 абсолютные ссылки обозначаются знаком доллара (\$) перед буквой столбца и перед цифрой строки. В стиле R1C1 номер строки и столбца не заключается в квадратные скобки. Можно задавать ссылки, в которых не меняется только столбец или только строка.

На листе «Потоки» в формулах в строке 5 для ссылки на оборачиваемость запаса используются абсолютные ссылки, записываемые как ПА!\$E\$7 (стиль A1). Формула в ячейке D5 введена вручную ($=МИН(C6/ПА!$E$7;D4)$), затем она была скопирована в ячейку D6. При копировании изменились только два члена, а ссылка на ячейку оборачиваемости запаса осталась неизменной.

Можно сослаться на другие листы рабочей книги включением в формулу ссылки на лист. Например, чтобы сослаться на ячейку E8 листа ПА, необходимо ввести в формулу ПА!\$E\$8. Если имя листа содержит пробелы, нужно заключить ссылку на лист в кавычки.

Можно также воспользоваться мышью для ввода ссылки в ячейку или диапазон на другом листе рабочей книги. Для этого следует начать вводить формулу в ту ячейку, где должен быть результат, а затем щелкнуть по ярлычку листа, содержащего ячейку или диапазон, на которые нужно сослаться. Затем необходимо выделить ячейку или диапазон. В строке формул появляется полная ссылка, включая ссылку на лист. Если в имени листа имеются пробелы, Excel заключает ссылку на лист в одиночные кавычки. Далее следует закончить формулу и нажать клавишу <Enter>. Таким образом вводятся формулы на листе «Потоки», ссылающиеся на ячейки в листе ПА.

Применение относительной адресации позволяет вводить формулы в один столбец какой-либо недели, а формулы для всех остальных недель получать копированием. С помощью команд *Копировать* (Copy), *Заполнить* (Fill) и множества других команд для копирования и заполнения вместо ввода каждой формулы на лист можно вводить сразу несколько формул и копировать или вставлять их в другие ячейки. Можно даже одновременно копировать формулу и формат.

Чтобы заполнить смежные ячейки данными или формулами с помощью мыши, нужно уметь пользоваться *маркером заполнения* (fill handle). Маркер заполнения — это черный квадрат в нижнем правом углу выделенной ячейки или диапазона.

Заполнение области формулами с относительными ссылками дает тот же результат, что и копирование или вставка. Даже если формула ссылается на другие рабочие книги, Excel автоматически выполняет соответствующую подстройку.

Для копирования ячеек с номерами недель следует ввести в первую и во вторую ячейки номера недели 1 и 2 соответственно. Затем необходимо выделить эти две ячейки и протащить маркер заполнения вправо до нужной ячейки.

Формулы для расчета переменных величин в самую первую неделю вводятся особым образом и отличаются от формул для других недель, так как для первой недели нет предшествующей.

Начальные значения активов и источников средств представляют собой значения рассчитываемых параметров с листа ПА, то есть начальное значение запасов товаров — Z_0 , денежных средств — D_0 , кредиторской задолженности — K_0 и собственных средств — S_0 . Начальные значения интенсивностей всех потоков — поставок товаров, их оплаты и реализации — равны величине начальной интенсивности потоков f_0 с листа ПА.

Первая колонка — названия рассчитываемых потоков. Эта колонка, а также верхняя строка с номерами недель представляют собой закрепленную область для того, чтобы номера недель и названия потоков не исчезали при прокручивании листа. Для получения этого результата необходимо сначала разделить лист на области, а затем закрепить их. Для этого следует воспользоваться известными приемами работы в Excel.

Значения величин и ячейки с формулами, требующие специального ввода, выделены цветом, что следует понимать как предупреждение проявлять осторожность при внесении изменений.

Общий вид формул расчета величин на листе «Потоки» согласно методу имитационного моделирования:

$$f_k^i = f_k^i(z^{i-1}, f^{i-1}), k = 1, 2, \dots, P, \quad (5.110)$$

где f_k^i — интенсивность k -го потока в i -ю неделю, z_r^i — величина r -го «запаса» (то есть разновидности средств или источников средств) в i -ю неделю,

$$z^{i-1} = (z_1^{i-1}, z_2^{i-1}, \dots, z_R^{i-1}) \quad (5.111)$$

$$f^{i-1} = (f_1^{i-1}, f_2^{i-1}, \dots, f_P^{i-1}),$$

где R — количество наименований «запасов», P — количество потоков, I_r — множество индексов потоков, входящих в или выходящих из r -го «запаса».

Выражение (5.110) означает, что значение потока в i -ю неделю рассчитывается по значению «запасов» и потоков в предыдущую неделю. Выражение (5.111) означает, что значение «запаса» рассчитывается по значению этого же запаса в предыдущую неделю и значениям потоков в данную неделю.

Компьютерная программа составлена для случая функции сбыта, когда выражение расчета потока продаж в системе уравнений записывается в виде уравнения (5.88), то есть, применяя Excel-формулу, получим

$$f_{pros\ i} = \text{МИН}(Z_i / T_z; r_i), \quad (5.112)$$

где T_z — оборачиваемость запаса товаров, постоянная величина.

В компьютерной программе, на листе «Потоки» величины получены следующим образом:

- рынок r_i — по формуле ЕСЛИ(№ недели < t_1 ; C_2 ; C_1), где № недели — номер недели в соответствующем столбце в строке порядковых номеров недель, t_1 — номер недели, в начале которой резко изменяется рынок, C_1 и C_2 — интенсивности рыночного спроса до и после его изменения;
- реализация товаров — по формуле (5.112);
- запас товаров, денежные средства и кредиторская задолженность — по формуле (5.111);
- оплата поставок — по формуле (5.85), т. е. значения в этой строке представляют собой значения из строки поставок товаров в кредит со сдвигом вправо на T_k недель (значения строки в первые T_k недель равны начальной интенсивности потоков f_0);
- собственные средства — по формуле (5.102).

Значения средств и потоков на первом шаге, то есть в первую неделю, взяты из листа ПА, из f_0 , Z_0 , D_0 , K_0 и S_0 .

Ячейка реализации за плановый период — критерий оптимальности, который рассчитывается как сумма значений потока продаж за плановый период.

Лист «Графики». На данном листе содержится графическое представление получаемых результатов. Диаграммы также облегчают визуальное наблюдение изменений процессов при изменениях значений параметров с клавиатуры.

Программный продукт Excel позволяет создавать высококачественные диаграммы. При этом существенную помощь оказывают встроенные форматы. Можно полностью настроить любую диаграмму вручную, добавив пояснительный текст, стрелки, заголовки, легенду, изменив затенения, заливку, узоры и обрамления. Если диаграмма печатается на лазерном принтере или плоттере, ее качество конкурирует с качеством диаграмм специализированных фирм.

При создании диаграммы можно использовать *Мастера диаграмм* (Chart Wizard), который осуществляет поэтапное руководство процессом построения диаграммы. Во многих случаях Excel может строить диаграмму по выделенным данным. Для этого существуют определенные правила размещения данных, которые определяют, в каких ячейках

находятся данные для *оси категорий* (category axis) X , в каких — названия, какие ячейки используются для меток *легенды* (legend). В большинстве случаев правила соответствуют стандартному размещению данных, поэтому Excel может строить диаграммы без постороннего вмешательства. Настроить диаграмму можно с помощью многочисленных команд для диаграмм.

Диаграммы в Excel включают много объектов, каждый из которых можно выделять и изменять отдельно.

В Excel можно построить два типа диаграмм: внедренные диаграммы и диаграммы на отдельных листах диаграмм. Внедренные диаграммы создаются на рабочем листе рядом с таблицами, данными и текстом (рис. 5.37). Внедрение диаграмм имеет смысл при создании отчетов, для демонстрации диаграмм рядом с данными, по которым они построены.

Для рассматриваемого случая диаграммы зависимостей величин запасов и интенсивностей потоков от времени удобно построить на отдельном листе *Графики*, расположив их, по возможности, друг под другом, получая, таким образом, эпюры процессов. Такое расположение диаграмм позволяет совместно анализировать процессы изменения величин накопителей и интенсивностей потоков.

Оба типа диаграмм легко строятся с помощью *Мастера диаграмм*. Мастер диаграмм руководит процессом создания диаграммы шаг за шагом и дает возможность перед завершением процесса просмотреть диаграмму и внести в нее необходимые изменения.

Последнее диалоговое окно *Мастера диаграмм* позволяет добавить к диаграмме легенду или удалить ее. Легенда представляет собой прямоугольник на диаграмме, содержащий ключ (значок, цвет, узор) и метку (текст, в большинстве случаев — название ряда данных) для каждого ряда данных. Легенду целесообразно добавлять к диаграммам активов и источников средств, где представлено более одной зависимости.

После закрытия последнего диалогового окна Excel внедряет созданную диаграмму в выделенную область рабочего листа (рис. 5.37).

При помощи диаграмм можно в некоторых случаях изменять значения исходных данных, таких, как интенсивности поставок. Для этого следует последовательно два раза щелкнуть мышью маркер изменяемых данных. После этого следует захватить маркер появившейся рамки указателем мыши (указатель преобразуется в двуглавую стрелку) и перетащить его до достижения нужной величины. Затем автоматически будут перестроены все диаграммы, формулы рядов которых зависят от измененного значения. Такой прием позволяет проводить анализ «что если» с визуальным контролем получаемых результатов.

Применение поискового оптимизатора. Надстройка Excel *Поиск решения* (Solver) позволяет решать нелинейные задачи оптимизации. Программа не только находит решение, но и гарантирует, что оно будет наилучшим. При этом можно указать набор ячеек с изменяемыми значениями, множество имеющихся ограничений, а также одну ячейку, значение которой должно быть максимальным, минимальным или равным некоторой величине. Надстройка добавляется с помощью команды *Сервис, Надстройка* (Tools, Add-Ins), а используется при выборе команды *Сервис, Поиск решения* (Tools, Solver).

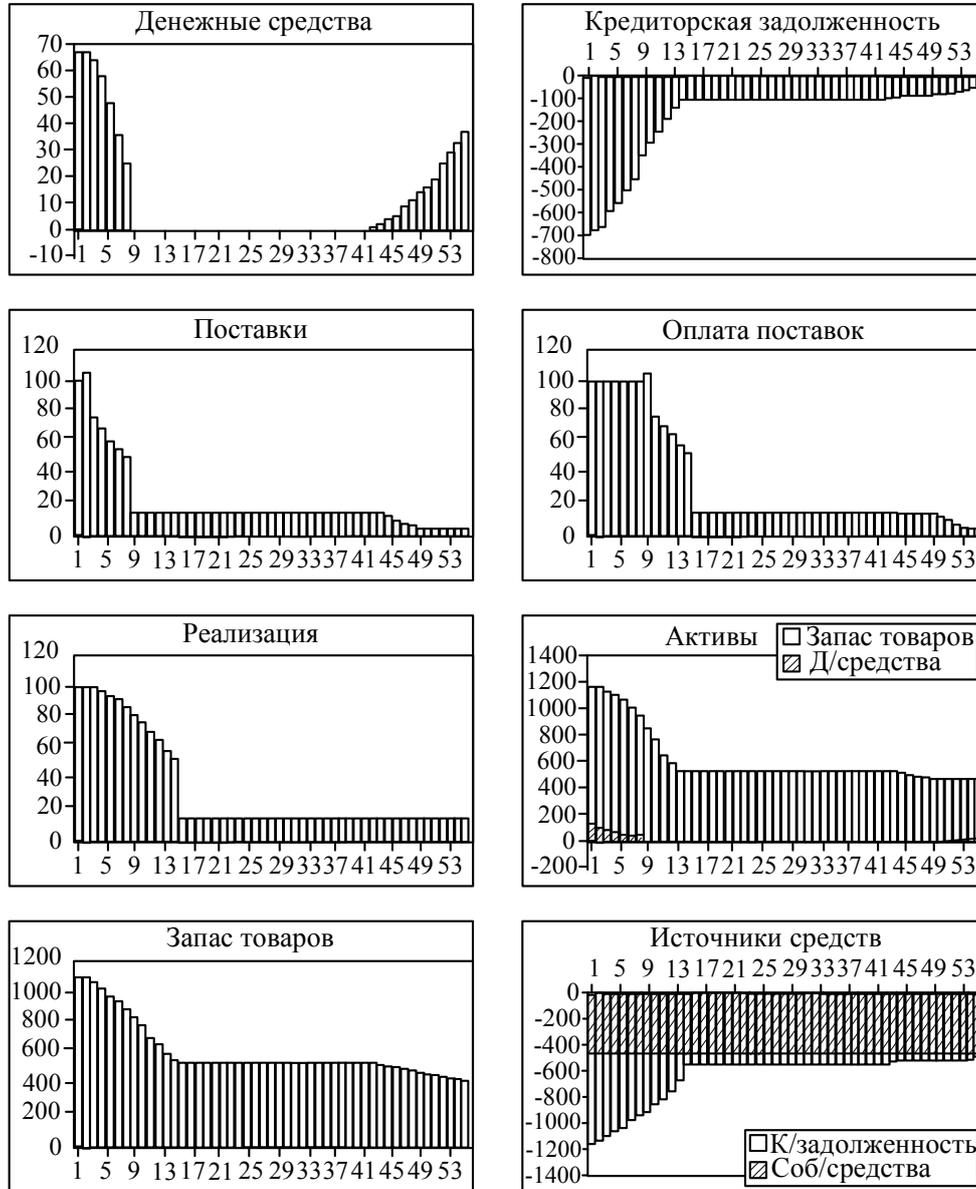


Рис. 5.37. Средства, источники и потоки средств

Задачи, лучше всего решаемые данным средством, имеют три аспекта.

Во-первых, имеется единственная цель, например максимизация прибыли или минимизация расходов.

Во-вторых, имеются ограничения, выражающиеся, как правило, в виде неравенств, например, величины поставок товаров неотрицательны.

В-третьих, имеется набор входных значений, непосредственно или косвенно влияющих на ограничения и на оптимизируемые величины.

Можно изменить параметры работы *Поиска решения*, например, поменять метод поиска ответа, ограничить время поиска, задать другую точность вычислений. При нажатии в диалоговом окне *Поиск решения* (Solver Parameters) на кнопку *Параметры* (Options) появляется диалоговое окно *Параметры поиска решения* (Solver Options). Установки по умолчанию подходят для большинства задач.

В данном случае критерием оптимальности является максимум суммарных продаж за плановый период. На основании приведенной выше формализованной постановки задачи в качестве варьируемых переменных задается множество значений функции поставок на плановом периоде. Для того чтобы найти наилучшее решение, следует выполнить следующие действия:

1. Выделить оптимизируемую ячейку (суммарные продажи за плановый период).
2. Выбрать команду *Сервис, Поиск решения* (Tools, Solver). Загружается надстройка (если не была загружена при запуске Excel), и появляется диалоговое окно *Поиск решения*.
3. В поле *Установить целевую ячейку* (Set Target Cell) уже находится ссылка на выделенную на первом шаге ячейку.
4. Установить тип взаимосвязи между целевой ячейкой и решением путем выбора переключателя в группе *Равной* (Equal To) (в данном случае *Максимальному значению* — Max).
5. Перейти в поле *Изменяя ячейки* (By Changing Cells) и указать смежные ячейки, которые должны изменяться в процессе поиска наилучшего решения. В данном случае это ячейки, соответствующие поставкам товаров в кредит на интервале $[t_0, t_{pl}]$, то есть ячейки $DS3:BF4$.
6. Нажать кнопку *Добавить* (Add), чтобы ввести ограничения задачи. Откроется диалоговое окно *Добавление ограничения* (Add Constraint).
7. Ввести ограничение неотрицательности денежных средств. Находясь в поле *Ссылка на ячейку* (Cell Reference), следует указать ячейки $DS8:BF8$, нажать клавишу <Tab> или щелкнуть по стрелке раскрывающегося списка и выбрать знак отношения, то есть $> =$.
8. Таким же образом добавить остальные ограничения.
9. Нажать кнопку *Параметры* (Options), в появившемся диалоговом окне *Параметры поиска решения* (Solver Options) установить флажок *Неотрицательные значения* для задания соответствующего ограничения для значений интенсивностей поставок и нажать кнопку ОК.
10. Нажать кнопку *Выполнить* (Solve). По окончании поиска решения появится диалоговое окно результатов.
11. Выбрать переключатель *Сохранить найденные значения* (Keep Solver Solution), чтобы сохранить найденные значения или переключатель *Восстановить исходные значения* (Restore Original Values), чтобы вернуть значения, которые были на рабочем листе. С помощью этого диалогового окна можно сформировать также отчет о найденных результатах.

В данном случае следует выбрать переключатель *Сохранить найденные значения* (Keep Solver Solution) и нажать кнопку ОК. Полученное решение представлено на рис. 5.37. Значение суммарной реализации за плановый период составило 1468 тыс. руб.

Таким образом, получено решение задачи нахождения оптимального плана поставок товаров по критерию максимума продаж или максимума полученной прибыли от реализации товаров в случае изъятия полученной прибыли из оборота в виде дивидендов.

Основные положения по применению компьютерных технологий численного моделирования и оптимизации. Они состоят в выполнении следующих операций:

- переход от системы дифференциальных уравнений к конечно-разностным (выбор шага квантования времени, его обоснование и запись системы конечно-разностных уравнений);
- запись Excel-формул для переменных величин в начальный момент времени;
- запись Excel-формул для переменных величин в некоторый момент времени;
- копирование Excel-формул переменных величин с целью получения их формул для остальных моментов времени;
- запись Excel-формул для тех переменных величин, которые задаются специальным образом (например, рынок);
- запись Excel-формулы критерия оптимальности;
- задание варьируемых ячеек электронной таблицы;
- задание ограничений;
- задание ячейки, содержащей формулу расчета критерия оптимальности;
- настройка параметров оптимизатора (задание метода поиска, оценки, точности вычислений и т. д.);
- запуск оптимизатора и получение результатов.

Литература к главе 5

1. Балабанов И.Т. Риск-менеджмент. — М.: Финансы и статистика, 1996. — 192 с.
2. Бестужев-Лада И.В. Окно в будущее: Современные проблемы социального прогнозирования. — М.: Мысль, 1970. — 269 с.
3. Волгин В.В. Запасные части: особенности маркетинга и менеджмента. — М.: Ось-89, 1997. — 128 с.
4. Гаврилец Ю.Н. Социально-экономическое планирование: Системы и модели. — М.: Экономика, 1974. — 174 с.
5. Гвозденко А.А. Основы страхования. — М.: Финансы и статистика, 1998. — 304 с.
6. Загоруйко Н.Г. Эмпирическое предсказание. — Новосибирск: Наука, 1979. — 124 с.
7. Ковалев В.В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности. — М.: Финансы и статистика, 1996. — 432 с.
8. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс: Принципы, проблемы и политика. В 2 т.: Пер. с англ. 11-го изд. — М.: Республика, 1992.
9. Научно-методические аспекты анализа аварийного риска / Горский В.Г., Моткин Г.А., Швецова-Шиловская Т.Н. и др. — М.: Экономика и информатика, 2002. — 260 с.
10. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. — М.: Мир, 1975.
11. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. — М.: Наука, 1979. — 296 с.
12. Орлов А. И. Задачи оптимизации и нечеткие переменные. — М.: Знание, 1980. — 64 с.
13. Орлов А.И. О перестройке статистической науки и ее применений // Вестник статистики, 1990, № 1, с. 65–71.
14. Орлов А.И. Сценарии социально-экономического развития России до 2007 г. — Журнал «Обозреватель — Observer». 1999. No.10 (117). С. 47–50.
15. Орлов А.И., Федосеев В.Н. Менеджмент в техносфере. — М.: Академия, 2003. — 384 с.
16. Орлов А.И. Эконометрика. — М.: Экзамен, 2004. — 576 с.
17. Орлов А.И. Менеджмент. Учебник. — М.: Изд-во «Изумруд», 2005. — 298 с.
18. Павлов В.А., Рыбаков С.М. Методология поточно-сетевых финансового анализа деятельности предприятия // Риск. — 1997. — № 5. — С. 64–68.
19. Первозванский А.А., Первозванская А.Н. Финансовый рынок: расчет и риск. — М.: Инфра-М, 1994.
20. Пиндайк Р., Рубинфельд Д. Микроэкономика. — М.: «Экономика» — «Дело», 1992.
21. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. — М.: Наука, 1982.
22. Сидельников Ю.В. Теория и организация экспертного прогнозирования. — М.: ИМЭМО АН СССР, 1990. — 196 с.
23. Тейл Г. Эконометрические прогнозы и принятие решений. — М.: Статистика, 1971. — 488 с.
24. Управленческий учет / Под ред. В. Паляя и Р. Вандер Вила. — М.: ИНФРА-М, 1997. — 480 с.
25. Финансовый менеджмент: теория и практика: Учебник. / Под ред. Е.С. Стояновой. — М.: Изд-во Перспектива, 1997. — 574 с.
26. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика): Пер. с англ. / Под ред. Д.М. Гвишиани. — М.: Прогресс, 1971. — 340 с.

Литература

27. *Френкель А.А.* Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда. — М.: Экономика, 1972. — 190 с.
28. *Хонгрен Ч.Т., Фостер Дж.* Бухгалтерский учет: управленческий аспект: Пер. с англ. / Под ред. Я.В. Соколова. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 416 с.
29. *Хорн Ван Дж.К.* Основы управления финансами: Пер. с англ. / Гл. ред. серии Я.В. Соколов. — М.: Финансы и статистика, 1997. — 800 с.
30. *Чернов В.А.* Анализ коммерческого риска. — М.: Финансы и статистика, 1998. — 128 с.
31. *Четыркин Е.М.* Статистические методы прогнозирования. — М.: Статистика, 1977.
32. *Четыркин Е.М.* Методы экономических расчетов. — М.: Гамма, 1992.
33. *Янч Э.* Прогнозирование научно-технического прогресса. — М.: Прогресс, 1990. — 568 с.