



Д.Ю. МУРОМЦЕВ, Ю.Л. МУРОМЦЕВ,  
В.М. ТЮТЮННИК, О.А. БЕЛОУСОВ

# ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ

УДК 621.396.6.001.57(08)

ББК ←844-03я73-5

М91

Рецензенты:

Доктор технических наук, доцент,  
начальник кафедры Тамбовского ВВАИУРЭ (ВИ)  
*И.И. Пасечников*

Доктор технических наук, профессор кафедры  
"Информационные процессы и управление" ТГТУ  
*В.А. Погонин*

Доктор экономических наук, профессор ТГТУ  
*В.В. Быковский*

М91 Экономическая эффективность и конкурентоспособность : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, Ю.Л. Муромцев, В.М. Тютюнник, О.А. Белоусов, – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 96 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0642-4.

Изложены основные положения конкурентного анализа: его структура, исследование параметров внешней среды, определение движущих сил, стратегический анализ издержек, оценка сравнительных показателей конкурентов и прогнозирование вероятных их действий, выделение ключевых факторов успеха.

Предназначено для студентов специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" и магистрантов направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств" при изучении дисциплин, связанных с эффективностью производства, а также при выполнении курсовых и дипломных проектов, магистерских диссертаций, в которых предусмотрен раздел технико-экономической оценки рыночного потенциала разработки.

УДК 621.396.6.001.57(08)

ББК ←844-03я73-5

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-2025.2007.8.*

ISBN 978-5-8265-0642-4

© ГОУ ВПО "Тамбовский государственный  
технический университет" (ТГТУ), 2007  
Министерство образования и науки Российской Федерации

**ГОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет"**

Д.Ю. МУРОМЦЕВ, Ю.Л. МУРОМЦЕВ,  
В.М. ПЮТЮННИК, О.А. БЕЛОУСОВ

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению 210200 – Проектирование и технология электронных средств*



---

Тамбов  
◆ Издательство ТГТУ ◆  
2007

Учебное издание

МУРОМЦЕВ Дмитрий Юрьевич,  
МУРОМЦЕВ Юрий Леонидович,  
ТЮТЮННИК Вячеслав Михайлович  
БЕЛОУСОВ Олег Александрович

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ**

Учебное пособие

Компьютерное макетирование М.А. Филатовой  
Редактор Т.М. Глинкина

Подписано в печать 30.10.07.  
Формат 60 × 84 / 16. 5,58 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 686

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективность развития национальной экономики страны в значительной степени определяется экономическим потенциалом ее производственных систем, их конкурентоспособностью и устойчивостью развития в условиях влияния факторов внешней среды на основе современных концепций управления бизнесом и математических методов, реализуемых на новых информационных технологиях. Особенно это важно в современных условиях в связи с адаптацией промышленных предприятий к динамике рыночной конъюнктуры под влиянием различных факторов неопределенности и риска. Современное производство представляет собой сложную динамическую систему потоковых процессов, характеризующуюся многочисленностью изменяемых параметров и переменных. Функционируя в условиях рыночных отношений, производственные системы находятся под влиянием различных типов внешних и внутренних возмущающих факторов, снижающих их эффективность. Факторы среды, имея неодинаковую степень структурированности, оказывают многообразное влияние на бизнес-процессы в производственной системе на различных уровнях формирования управленческих решений.

Тенденция развития промышленных предприятий, особенно выпускающих наукоемкую продукцию, показывает, что начинается переход от "бережливого" производства к так называемому "активному", которое обладает способностью успешно функционировать в плохо предсказуемых, быстро изменяющихся с элементами неопределенности условиях.

В настоящее время два основных фактора определяют развитие стран мирового сообщества – достаточность запасов сырьевых (энергетических) ресурсов и уровень разработок высокотехнологичной продукции (информационные технологии (ИТ), нанотехнологии и др.). Наличие и эффективное использование хотя бы одного из этих факторов является необходимым условием успешного развития страны в краткосрочном и среднесрочном плане (5 – 10 лет), однако недостаточным на далекую перспективу. С определенной степенью приближения это положение можно перенести на отдельные предприятия и крупномасштабные проекты. Для обеспечения конкурентоспособности предприятие должно обладать достаточными ресурсами (интеллектуальными, производственными и т.п.), а также непрерывно совершенствовать используемые ИТ. Востребованность проектируемых машин и агрегатов во многом определяется показателями энергопотребления и функциональными характеристиками, обеспечиваемыми современными ИТ.

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Опыт развитых стран показывает, что повышение конкурентоспособности достигается следующими мероприятиями.

1. Инвестированием средств в научно-технические исследования и конструкторские разработки.
2. Своевременным пересмотром корпоративных стратегий в зависимости от изменения конкурентной ситуации на международном рынке.
3. Уничтожением коммуникационных барьеров в пределах своей организации и признанием общности своих интересов с интересами других компаний и поставщиков.
4. Инвестированием средств в персонал и оборудование с целью улучшения производственных возможностей предприятия.
5. Воспитанием и обучением персонала, который является ценным ресурсом.
6. Повышением качества конструкторских разработок и модернизацией производственных процессов.

### 1.1. КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ И ТОВАРА

Термин "конкурентоспособность" в настоящее время является одним из наиболее распространенных применительно к национальной экономике, предприятиям, товарам и т.д. В настоящее время нет общепринятого определения конкурентоспособности. Этот термин широко используется не только применительно к товару и фирме, но и к стратегии отрасли, стране.

Конкурентоспособной считается страна, которая производит конкурентоспособные товары и услуги при свободных и справедливых рыночных условиях, поддерживает и увеличивает реальные доходы населения. Уровень конкурентоспособности национальной экономики страны характеризуется двумя основными показателями: уровнем экспорта (конкурентоспособная продукция на внешнем рынке) и уровнем импортозамещения (конкурентоспособная продукция на внутреннем рынке).

Конкурентоспособность предприятия (фирмы, организации) определяют следующие факторы:

- рентабельность производства;
- характер инновационной деятельности;
- уровень производительности труда;
- эффективность стратегического планирования и управления;
- способность к адаптации и др.

При оценке конкурентоспособности крупных корпораций важным критерием является удельный вес ее на мировом рынке определенного товара (услуг).

Отраслевая конкурентоспособность определяет конкурентоспособность той или иной отрасли. Например, новые индустриальные страны Азии (Южная Корея, Сингапур, Таиланд, Малайзия, и т.д.) создали конкурентоспособные отрасли по производству товаров массового спроса (одежда, обувь, бытовая электроника и др.), а также наукоемких изделий (персональные компьютеры, компоненты вычислительной техники и т.п.). Это позволяет им успешно конкурировать с Японией и Западной Европой. В конкурентную борьбу с ними интенсивно вступает Китай. Основными факторами для конкурентоспособности в развивающихся странах является качество, новизна, наукоемкость и интеллектуальность.

Конкурентоспособность предприятия рассматривается как относительная оценка преимуществ предприятия, его продуктов и услуг, которая позволяет с большей эффективностью удовлетворять потребности потребителей [1, 2].

Устойчивый рост и развитие любой организации, предприятия достигаются за счет ее способности учитывать изменения на рынке и проводить необходимые инновации, основанные на знаниях. Проведение инноваций означает способность фирмы полностью или частично отказаться от существующей организационной структуры и создать новую структуру с целью значительного улучшения характеристик процессов продукции и бизнес-процессов. Большое значение для проведения инноваций и обеспечения устойчивого роста фирмы имеют приобретение и управление знаниями.

Выделяют личные и организационные знания. Личное знание – это знание, приобретенное каждым отдельным сотрудником организации при обучении, повышении квалификации и т.д. На основе накопления личных знаний на фирме, анализа информации, полученной от потребителей, партнеров и работодателей формируются организационные знания.

Под конкурентоспособностью товара (product competitive) обычно понимают обобщенную его характеристику, которая позволяет выявлять преимущества совокупности свойств технического уровня и качества продукта перед аналогичными изделиями конкурентов [2].

Другими словами, конкурентоспособность товара – это степень его потребительской привлекательности по сравнению с товаром-аналогом на конкретном сегменте потребительского рынка. Привлекательность означает притягательность, способность располагать к себе, побудить обратить внимание на себя, вызвать положительное отношение для совершающего реальную покупку потребителя.

Устойчивое развитие предприятий в условиях рыночных отношений во многом определяют клиенты, конкуренция и коренные изменения или сокращенно три "К".

Клиенты (покупатели) имеют выбор и диктуют производителям, что им требуется, в какое время и за какую цену. Предприятиям необходимо учитывать конкретные и уникальные нужды потребителей. Единый массовый рынок перестал существовать, он распался на много частей в соответствии с группами различных клиентов.

В конкуренции также произошли существенные изменения. Если раньше предприятие добивалось успеха, производя приемлемые по качеству товары и предлагая их на рынке по наименьшей цене, то в настоящее время этого недостаточно. В современных условиях конкуренция значительно усилилась и приобрела многообразный характер. Так как рынок распался на части, которые имеют свои особенности, то возникла необходимость учитывать особенности разных рынков в конкурентной борьбе. На одних рынках использовать низкие цены, на других – высокое качество и послепродажное обслуживание.

Природа и характер изменений на рынке (у клиентов) и в конкуренции стали другими. Коренное отличие этих изменений от прежних состоит в том, что они стали постоянными и "всепроницающими". Для обеспечения конкурентоспособности предприятию необходимо непрерывно отслеживать происходящие изменения и оперативно адаптироваться к ним, решать задачи клиентоориентированности.

Под клиентоориентированностью понимают стратегию бизнеса, позволяющую за счет внедрения в работу принципов главенствования потребностей клиента получать дополнительную прибыль или конкурентные преимущества. Для решения проблем клиентоориентированности используются такие инструменты, как внимательность в общении, оперативность реагирования, обязательность выполнения обещаний, учет потребностей клиента, необходимость помнить о его выгодах, создавать положительные эмоции, обеспечивать удовлетворение от приобретения, подкреплять уверенность в правильном выборе и т. п.

Одним из наиболее важных инструментов решения проблемы клиентоориентированности является персоналоориентированность, т.е. выполнение всем персоналом организации всех принципов клиентоориентированности:

- внимательность, т.е. для ключевого сотрудника организации должна быть создана атмосфера, что он выполняет исключительно важную работу и его ценят; недопустимы ссылки на занятость из-за большого количества других сотрудников, дел, задач и т.п.;

- оперативность, т.е. нежелательно демонстрировать сотрудникам, что у вас нет ответа на поставленные вопросы и нет оперативного решения по их запросу, если только поступившие вопросы/запросы не являются чем-то исключительным и неординарным. И даже в этом случае должен быть оперативный ответ – с назначением конкретных сроков ответа на запрос;

- обязательность, обещания, данные сотруднику, должны быть выполнены в срок. Если это не получается, то необходимо объяснить причину задержки, принести извинения и назначить новый срок.

Многие американские компании достигли повышения конкурентоспособности, используя следующий подход. В течение длительного времени проводились исследования достижения конкурентов в разработке новых видов продукции, производственных операций, управления поставками. Затем определяются "функциональные эквиваленты", с помощью которых производится постепенное совершенствование лучших достижений конкурентов. Основное внимание при этом уделяется ускорению вывода новой продукции на рынки сбыта, повышению качества конструкторских разработок, повышению отдачи производственных мощностей (за счет сокращения стоимости обработки, затрат рабочего времени, расхода инструментов при одновременном повышении качества и гибкости производственного процесса). Немаловажное значение имеет адаптация новых методов взаимосвязи "потребитель – поставщик" и усовершенствование методов руководства, например, с помощью создания независимых советов директоров, которые имеют право увольнять менеджеров, неэффективно выполняющих свои обязанности.

## 1.2. КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ СТРАТЕГИИ

Для обеспечения конкурентоспособности организация должна использовать конкурентоспособную стратегию и планирование. Напомним, что стратегия представляет собой общий, всесторонний план достижения цели, а стратегическое планирование – набор действий и решений, принятых руководством, которые ведут к разработке конкретных стратегий, предназначенных для помощи организации в достижении своих целей.

В настоящее время широко используются три основных типа конкурентоспособных стратегий:

- 1) стратегия низких издержек;
- 2) стратегия дифференциации;
- 3) стратегия узкой специализации.

Эти стратегии удобно представить в виде матрицы Портера (рис. 1.1) [2]. Рассмотрим их подробнее.

Область конкуренции			
Широкая	1. Лидерство в снижении издержек	2. Лидерство в дифференциации продукции	
	3а. Особое внимание к снижению издержек	3б. Особое внимание к дифференциации	
Узкая			
	Низкий	Высокий	Организационный потенциал

**РИС. 1.1. КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ**

Стратегия низких издержек представляет собой направление политики фирмы, которая связывает достижение конкурентных преимуществ с обеспечением более дешевого производства и сбыта продукции, что обеспечивает ценовое преимущество над конкурентами.

Основными путями достижения преимуществ при использовании данной стратегии являются [2]:

- отказ от дорогостоящих сопутствующих услуг;
- создание более дешевых моделей продукции;
- использование дешевых источников сырья;
- совершенствование технологии производства;
- использование "опытной кривой", которая отражает связь между опытом, накопленным в производстве того или иного вида продукции (услуги), и издержками по его производству.

Чем определяется и от чего зависит конкурентоспособность продукции?

Современная теория конкурентоспособности выделяет два типа конкурентоспособных преимуществ:

- 1) более низкие издержки (БНИ);
- 2) специализация.

Под БНИ понимается не просто меньшая сумма затрат на производство (чем у конкурентов), а способность разработать, производить и сбывать товар более эффективно, чем конкуренты. Надо организовать с меньшими затратами и в более короткие сроки этапы жизненного цикла (ЖЦ) продукта от конструкторской разработки до продажи покупателю. Известно, что хорошая новинка может быть загублена некачественным производством и продажей.

Специализация это не сосредоточение на выпуске только определенного круга товаров, а способность удовлетворять особые потребности покупателей и получать за это премиальную цену, т.е. в среднем более высокую, чем у конкурентов. Надо научиться выделять в толпе конкурентов, предлагая товар, отличающийся либо высоким качеством при стандартном наборе параметров, либо нестандартным набором свойств, реально интересующим покупателя.

Стратегия дифференциации заключается в политике выделения фирмой своих продуктов (услуг) в качестве особых, отличных от конкурирующих продуктов, и тем самым в обеспечении автономного спроса на рынке.

Для этого используют следующие факторы:

1. Повышение качества и специфических потребительских свойств.
2. Надежность при эксплуатации.
3. Техническое лидерство (патентование).
4. Сопутствующие услуги при сбыте.

Стратегия узкой специализации – это лучшее, чем у конкурентов, обслуживание сегмента на рынке, а также дифференциация, т.е. разнообразие предлагаемого продукта, что достигается низкими издержками или предложениями более разнообразного товара.

Здесь основными путями достижения преимуществ являются:

- выбор рыночной ниши, где у покупателей есть особые требования или предпочтения;
- развитие уникальной способности обслуживать потребности целевого покупательского сегмента.

Большую роль при выборе стратегии имеет анализ бизнес-процессов в организации. Бизнес-процесс – это совокупность различных видов деятельности, в рамках которых на входе используется один или более видов ресурсов, и в результате этой деятельности на выходе создается продукт, представляющий ценность для потребителя.

Различают основные и обеспечивающие бизнес-процессы. Основные непосредственно связаны с процессом создания стоимости товара (закупка сырья и т.д.). К обеспечивающим относятся те, которые не увеличивают ценность продукта для потребителя, но они необходимы для функционирования (финансовый учет, управление кадрами и т.д.).

Развитие производственной стратегии связано с решением следующих задач:

- общий рынок разбивается на сегменты по группам продукции;
- определяются требования к продукции, структура спроса для каждой группы;

- определяются критерии "победителей заказа" каждой группы, т.е. критерии, выделяющие продукцию одной фирмы среди продукции других компаний (например, стоимость, качество и т.п.);
- определяются критерии "квалификаторов заказа" в каждой группе, т.е. критерии, с помощью которых определяется значимость каждого вида продукции как возможного кандидата для продаж (например, соответствие качества продукции требованиям, своевременное выполнение заказов и др.);
- критерии "победителей заказа" преобразуются в конкретные требования характеристикам процесса.

### 1.3. ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Следует различать показатели (критерии) эффективности общие (комплексные) и частные. Наиболее общим для предприятия (страны) критерием эффективности использования своих ресурсов является производительность (productivity).

Общий показатель производительности обычно рассчитывается по формуле

$$\Pi = \frac{\text{ПТ}}{\text{ИР}},$$

где ПТ – производительные товары или услуги (выход); ИР – все используемые ресурсы (вход). Выход может включать всю готовую продукцию, незавершенное производство, облигации, дивиденды и прочие доходы, а вход – затраты труда, материалов, энергии, капитала и другие затраты.

Производительность представляет собой относительный показатель и должен сравниваться с каким-либо другим. Для сравнения могут использоваться, например, показатели аналогичных предприятий отрасли или показатели своего предприятия за предыдущие годы.

Производительность оценивается выходом продукции за единицу рабочего времени (это все то, что приближает компанию к ее основной цели). Высокая производительность еще не означает благополучие (например, нет продаж продукции).

Частные показатели эффективности характеризуют соотношения выхода к каким-либо отдельным составляющим входа, например к затратам энергии, материалов и т.д. Во многих случаях производительность оценивают выходом продукции за единицу рабочего времени и другими показателями.

В качестве показателей эффективности предприятий обычно используются фондоотдача ФО, фондоемкость ФЕ, фондовооруженность ФВ, производительность труда ПТ, эластичность Э и др. Расчет перечисленных показателей производится по следующим формулам:

$$\text{ФО} = \frac{V_r}{\bar{C}_{\text{оф}}}; \text{ФЕ} = \frac{\bar{C}_{\text{оф}}}{V_r}; \text{ФВ} = \frac{\bar{C}_{\text{сс}}}{\bar{C}_{\text{оф}}}; \text{ПТ} = \frac{V_r}{\bar{C}_{\text{сс}}}; \text{Э} = \frac{\Delta \text{ПТ}}{\Delta \text{ФВ}}$$

где  $V_r$  – годовой объем работ, выполненных предприятием (в денежном или натуральном выражении);  $\bar{C}_{\text{оф}}$  – среднегодовая стоимость основных фондов с учетом их движения;  $\bar{C}_{\text{сс}}$  – среднесписочная численность работников, усредненная за год;  $\Delta \text{ПТ}$ ,  $\Delta \text{ФВ}$  – соответственно приращения производительности труда и фондовооруженности.

При решении задач замены производственного оборудования, проектирования продукции и других могут использоваться показатели экономической эффективности от повышения надежности нового оборудования или продукции. Эти показатели учитывают ущерб от простоев, связанных с отказами, затраты на ремонт и т.п., например, эффект (Э) от эксплуатации более надежного оборудования можно подсчитать по формуле

$$\text{Э} = N_o(C_n^o + C_p^o) - N_1(C_n^1 + C_p^1),$$

где  $N_o$ ,  $C_n^o$ ,  $C_p^o$  – среднее число отказов, потери от одного отказа и затраты на ремонт при использовании старого оборудования;  $N_1$ ,  $C_n^1$ ,  $C_p^1$  – соответствующие значения для нового оборудования.

В свете современных представлений "производительность – это все, что приближает компанию к ее основной цели" [1], а именно производству конкурентоспособной продукции и устойчивому развитию.

Для обеспечения устойчивого развития предприятия включают финансовые и операционные критерии эффективности.

К финансовым критериям относятся [1]:

- чистая прибыль в денежном выражении;
- прибыль на инвестированный капитал, характеризующая эффективность инвестиций обычно в процентах;
- поток денежных средств, что необходимо для оплаты текущих счетов.

Большое значение для реализации операционной стратегии имеют следующие критерии:

- денежные средства, полученные предприятием после продаж продукции (выручка);
  - товарно-материальные запасы, т.е. денежные средства, инвестированные предприятием в закупки для обеспечения последующих продаж;
- операционные расходы, т.е. денежные средства, затрачиваемые предприятием на преобразование товарно-материальных запасов в новые денежные поступления.

Основными критериями оценки значений показателей качества, определяющих конкурентоспособность продукции, являются ее технический уровень в сравнении с требованиями международных стандартов ИСО, МЭК и других

организаций, законодательных органов страны-импортера и специфических требований иностранного потребителя, уровень качества изготовления экспортной продукции, характеризующий ее способность сохранять эксплуатационные свойства в процессе ее использования, а также затраты на их поддержание.

Оценка конкурентоспособности основана на сравнении показателей полезности и затрат при эксплуатации нового образца с соответствующими показателями других образцов. При определении уровня конкурентоспособности продукции принято использовать стоимостной и параметрический методы.

При наличии полной информации о затратах уровень конкурентоспособности определяется стоимостным методом, т.е. отношением нового и базового значений интегрального показателя качества сравниваемых образцов по формуле

$$I = \frac{\Pi_n \cdot Z_b}{\Pi_b \cdot Z_n}, \quad (1.1)$$

где  $\Pi_n$  и  $\Pi_b$  – суммарный полезный результат эксплуатации соответственно нового и базового образцов за срок их службы;  $\frac{Z_b}{Z_n}$  – отношение полных затрат на приобретение и эксплуатацию соответственно базового и нового образцов, при этом

$$\frac{Z_b}{Z_n} = \frac{Z_{c,b} + Z_{э,b} T_b}{Z_{c,n} + Z_{э,n} T_n},$$

здесь  $Z_{c,n}$  и  $Z_{c,b}$  – единовременные затраты на приобретение соответственно нового и базового образцов;  $Z_{э,n}$  и  $Z_{э,b}$  – средние суммарные затраты на эксплуатацию соответственно нового и базового образцов;  $T_n$ ,  $T_b$  – время эксплуатации (срок службы) нового и базового образцов.

Если методы приведения эксплуатационных затрат отечественных и зарубежных образцов известны, то они могут учитываться при расчете по формуле (1.1).

При недостаточности информации об эксплуатационных затратах (иностранного варианта) рекомендуется применять параметрический метод определения индекса относительного интегрального показателя, пользуясь формулой:

$$I = \frac{p}{c\alpha_0 + \tau(r_i\alpha_i + \dots + r_n\alpha_n)}, \quad (1.2)$$

где  $p = \frac{\Pi_n}{\Pi_b}$  – отношение полезных результатов эксплуатации оцениваемого и базового образцов;  $c = \frac{Z_{c,b}}{Z_{c,n}}$  – отношение единовременных затрат потребителя на приобретение нового и базового образцов;  $\alpha_0$  – доля затрат на приобретение базового образца в составе полных затрат;  $\tau = \frac{T_b}{T_n}$  – отношение сроков службы нового и базового образцов;  $r_i = R_{in}/R_{ib}$  – относительное значение  $i$ -го показателя затрат;  $R_{in}$ ,  $R_{ib}$  – значение  $i$ -го показателя затрат соответственно нового и базового образцов в натуральных единицах, характеризующее соответствующую составляющую полных затрат;  $\alpha_i$  – доли  $i$ -го показателя затрат базового образца (выраженных в стоимостных единицах) в составе полных затрат.

При  $i \geq 1$  продукция конкурентоспособна на конкретном рынке, при  $i < 1$  – неконкурентоспособна на данном рынке.

Если известны не все расчетные значения единичных показателей, составляющих интегральный показатель, допускается определять их индексы экспертным методом. В результате оценки конкурентоспособности рассмотренного образца формируется одно из заключений: образец обладает достаточно высокой конкурентоспособностью, образец обладает недостаточной конкурентоспособностью или образец не обладает конкурентоспособностью (образец неконкурентоспособен). К указанным оценкам могут быть даны различные дополнения и уточнения. Например, данный образец обладает достаточно высокой конкурентоспособностью и может экспортироваться в развитые страны за свободно конвертируемую валюту; образец не обладает достаточной конкурентоспособностью и не может поставляться на экспорт.

Конечной целью принятия обоснованных проектных решений является обеспечение конкурентоспособности продукции и соответственно предприятия.

Оценка конкурентоспособности товара производится с использованием единичных, групповых и интегральных показателей конкурентоспособности продукции (ПКП).

Единичный ПКП  $q_i$  отражает процентное отношение уровня  $i$ -го технического и экономического параметра продукции к величине того же параметра образцового продукта-конкурента, удовлетворяющего потребителей на 100 %.

Групповой ПКП объединяет единичные показатели  $q_i$  по однородным группам параметров – технических ( $G_T$ ) и экономических ( $G_3$ ). При определении  $G_T$  и  $G_3$  используются весовые коэффициенты, получаемые методом экспертных.

В качестве интегрального ПКП обычно рассматривается отношение группового показателя  $G_T$  к  $G_3$ , т.е.  $J = G_T/G_3$ . Если  $J < 1$ , то анализируемое изделие уступает образцу, если  $J > 1$ , то превосходит.

Конкурентоспособность предприятия зависит от многих факторов – коммерческих, сбыта, технического обслуживания и др. Для сравнения двух предприятий в этом смысле применяется многоугольник конкурентоспособности, качественная картина которого представлена на рис. 1.2.

Показатели качества

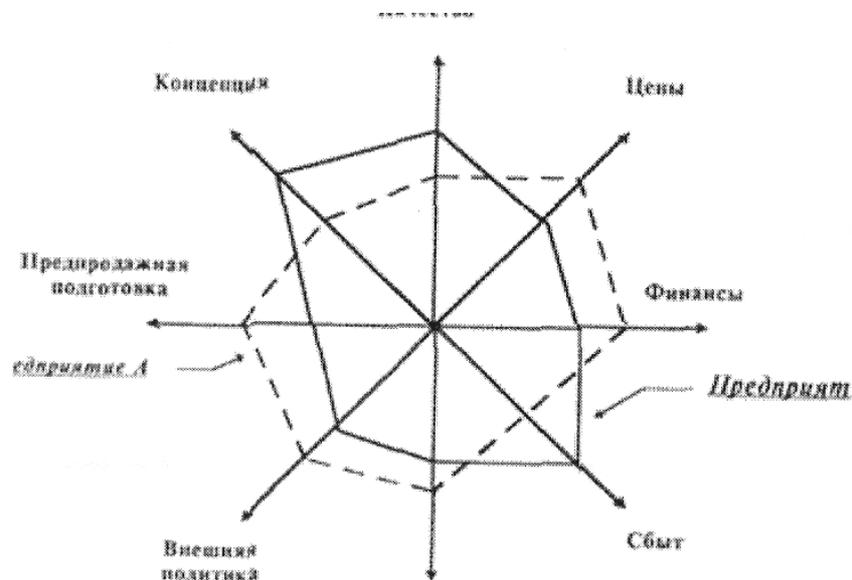


РИС. 1.2. МНОГУГОЛЬНИК КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

#### 1.4. КОНКУРЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

Группа методов и моделей, используемых в принятии решений по обеспечению конкурентоспособности, позволяет выполнять всесторонний конкурентный анализ продукции и предприятия. К этим методам и моделям относятся SWOT-анализ, анализ конкурентных сил (схема "пяти сил"), цепочка ценностей, карта стратегических сил, метод анализа жизненного цикла спроса технологий, выделение ключевых факторов успеха, бенчмаркинг, координирующе-стабилизирующий подход и др.

Для оценки положительных и отрицательных факторов внешней и внутренней среды предприятия достаточно простым и удобным инструментом является SWOT-анализ. Аббревиатура SWOT происходит от следующих слов:

- Strengths – сильные стороны предприятия, т.е. то, что оно хорошо делает;
- Weaknesses – слабые стороны предприятия, которые ставят его в невыгодное положение;
- Opportunities – возможности или конкурентные преимущества, которые предприятие предполагает получить в ближайшем будущем;
- Threats – угрозы, которые представляют опасность для нормального функционирования предприятия.

Результаты SWOT-анализа оформляются в виде матрицы, структура которой приведена на рис. 1.3. Пример заполненной матрицы для малого предприятия, начинающего заниматься разработкой программных средств в области энергосбережения, представлен на рис. 1.4.

Анализ конкурентных сил (АКС) производится с целью выявления и изучения возможных конкурентов, определения возможного сотрудничества, изучения покупательного спроса и т.п. Одним из широко используемых инструментов АКС является схема "Пяти сил" М. Портера (рис. 1.5) [3, 4].

На рис. 1.6 дан пример схемы для малого предприятия, которое рассматривалось методом SWOT-анализа.

	Положительные	Отрицательные	
	Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)	
Среда:	Анализ контролируемых факторов: технических, финансовых, организационных, рыночных		Внутренняя среда
	Анализ возможных ситуаций: экономической, политической, технологической, демографической (не могут контролироваться)		Внешняя среда
	Возможности (O)	Угрозы (T)	
	Положительные факторы	Отрицательные факторы	

В будущем

Если ценовая конкуренция является доминирующим фактором для успешной деятельности предприятия, то SWOT-анализ целесообразно дополнить схемой "цепочка ценностей" [2]. Эта схема помогает выполнить анализ ценовой политики применительно к основной (маркетинг, закупки, производство, продажа, обслуживание) и вспомогательной (развитие технологии, управление кадрами и т.п.) видам деятельности. На основе анали

**Рис. 1.3. Матрица SWOT-анализа**

за определяются издержки, возможные прибыль предприятия и запас конкурентоспособности. Эти показатели позволяют в зависимости от сложившейся ситуации на рынке (монопольная позиция, острая конкурентная борьба) принять обоснованное решение о выборе стратегии – увеличении прибыли или запаса конкурентоспособности.

Для выделения основных групп предприятий-конкурентов составляется карта стратегических групп. В одну группу включают предприятия, которые близки по ассортименту продукции, используемым технологиям, классам потребителей и т.д. Карта составляется таким образом, чтобы размещение группы отражало цену и качество товара (высокие, средние, низкие), а также категорию охватываемого рынка (местный, региональный, национальный и т.д.).

Положительные факторы                      Отрицательные факторы

Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
Внутренняя среда	
Наличие собственной технологии и НОУ-ХАУ. Инновационные навыки. Стоимостные преимущества. Высокий квалифицированный уровень кадров. Хороший опыт в области научных исследований. Ориентация на CALS-технологии и продукцию двойного назначения	Недостаточные финансовые ресурсы. Слабые навыки маркетинга. Плохой имидж на рынке. Недостаточный опыт работы с потребителями – крупными производителями энергоёмких объектов
Внешняя среда	
Внедрение разработки на различные массовые объекты. Расширение ассортимента (видов) продукции. Рост цен на энергоносители. Удешевление микропроцессорной техники и расширение функциональных возможностей	Наличие крупных фирм-конкурентов с большим опытом в области промышленной автоматизации. Большой интерес крупных фирм к разработкам в области энергосбережения. Возможность появления продуктов-заменителей
Возможности (O)	Угрозы (T)

Рис. 1.4. Фрагмент таблицы SWOT-анализа

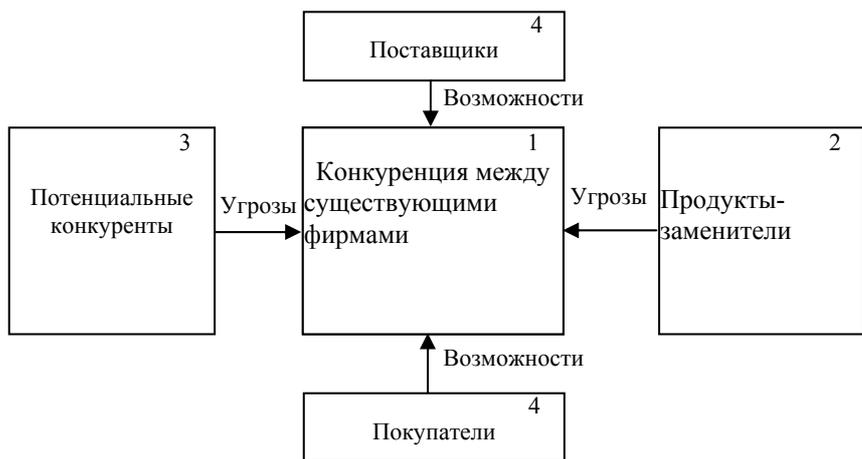


РИС. 1.5 СХЕМА «ПЯТИ СИЛ» ПОРТЕРА

Рис. 1.6. Пример схемы "пяти сил" Портера:

A – угроза продуктов-заменителей; B – угроза новых конкурентов;  
 C – возможности поставщиков; D – возможности покупателей

Важным инструментом анализа для принятия решения по определению объема продаж является метод анализа жизненного цикла спроса / предложений [2]. Метод использует кривую изменения объема продаж по Гомпарту с выделением следующих фаз цикла спроса технологий: зарождение (группа фирм борются за лидерство на рынке, острая конкуренция), ускорение роста (осталось на рынке несколько фирм, спрос опережает предложение), замедление роста (предложение начинает опережать спрос), зрелость (спрос насыщен, производственные мощности используются не полностью) и спад (снижение объема спроса).

При конкурентном анализе используется большое число разных по своей природе факторов, которые имеют разную степень влияния на конкурентоспособность продукции и предприятия в конкретной сложившейся ситуации. Эти факторы могут относиться к знаниям и технологии, навыкам, производству, распределению, маркетингу, организационной структуре и т.д. В настоящее время разработаны способы выделения так называемых ключевых факторов успеха (КФУ) [3]. Для

выделения КФУ приводятся анализы спроса (пожеланий потребителей), ситуации (конкурентных сил), издержек и т.д. Выделенные факторы ранжируются по важности и степени неопределенности. В результате определяется несколько основных факторов (обычно не более пяти), которые следует учитывать в первую очередь при выработке проектных и управленческих решений.

В условиях группового ведения проекта, т.е. когда несколько проектировщиков работают параллельно над созданием разных частей нового продукта, хорошо зарекомендовал себя "координирующе-стабилизирующий подход" (КСП) [3].

Основная идея КСП заключается в постоянной координации деятельности всех разработчиков, участвующих в создании одного продукта, и периодической стабилизации формируемых свойств и функций продукта по мере его развития. Альтернативой КСП является однократная проверка качества уже готового продукта.

В качестве технических приемов использования КСП фирмой Microsoft для эффективного управления работой большого количества команд при создании программного продукта применяются "промежуточный отчет" и "промежуточное тестирование".

Для анализа различных областей деятельности предприятия с целью совершенствования широкое применение находит технология конкурентного анализа, названная бенчмаркингом (Benchmarking) [5]. Обычно под бенчмаркингом понимают централизованно спланированные исследования, проводимые в результате осознания руководством предприятия необходимости улучшений в критических областях бизнеса [5]. Выделяют несколько видов бенчмаркинга: продуктовый, стратегический, внутренний (сравнительный анализ деятельности подразделений), функциональный и др. Процесс бенчмаркирования начинается с областей деятельности, которые важны для поддержания предприятия в конкурентоспособном состоянии.

В заключение данного раздела следует отметить, что при сопоставлении альтернативных вариантов какого-либо проекта с использованием разных методов получаемые результаты могут не совпадать. Кроме того, привлекаемые эксперты обычно имеют разные специальности и отдают предпочтения разным методам. Например, системные аналитики – SWOT-анализу и ключевым факторам успеха, экономисты – цепочке ценностей, специалисты в области маркетинга – кривой спрос / предложение и т.п. Маловероятно, что один эксперт хорошо владеет всеми методами и применяет их при каждой экспертизе. Поэтому при формировании группы экспертов целесообразно подобрать такой состав, при котором будут использованы несколько разных методов. Такая "диверсификация" позволяет более полно выполнить конкурентный анализ, учесть большое число разного рода факторов. Если получаемые несколькими методами результаты совпадают, то это существенно повышает достоверность принимаемого решения. Существуют следующие основные критерии, позволяющие повысить достоверность принятых решений.

Финансовые (для высшего уровня):

- 1) Чистая прибыль – абсолютная мера, р.
- 2) Прибыль на инвестированный капитал – относительная мера, характеризует эффективность инвестиций, %.
- 3) Поток денежных средств – показывает наличность, которая необходима для оплаты текущих счетов.

Операционные:

- 1) Выручка – денежные средства, полученные системой после продажи (объем проданной продукции).
- 2) Товарно-материальные запасы – все денежные средства, инвестированные системой в закупки, необходимые для обеспечения последующих продаж.
- 3) Операционные расходы – все денежные средства, затрачиваемые системой на преобразование товарно-материальных запасов в новые денежные поступления.

Целью фирмы может быть увеличение выручки при одновременном сокращении товарно-материальных запасов и операционных расходов. Для достижения целей необходимо использовать комплекс разных показателей.

## **2. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ**

Международный опыт показывает эффективность применения ряда подходов для обеспечения конкурентоспособности. К этим подходам в первую очередь относятся:

- реинжиниринг бизнес-процессов;
- бенчмаркинг;
- координирующе-стабилизирующий подход и др.

В качестве методов (инструментов), широко используемых при стратегическом планировании изменений на предприятии, используются:

- метод формирования состава направленной деятельности и их последовательности;
- управление по целям;
- управление проектами и рисками;
- всеобщее управление качеством и др.

### **2.1. РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

Термин "реинжиниринг" появился в начале 1990-х годов (Michael Hammer and James Champy. Reengineering the Corporation: Manifesto for Business Revolution. New York: Harper Business, 1993). Реинжиниринг рассматривается как обновление бизнес-процессов (БП) компаний с целью достижения коренных улучшений показателей их деятельности. Реинжиниринг предполагает использование преимуществ не только компьютерных технологий, но и технологий управления изменениями и людьми, это повышает эффективность управления предприятием. М. Хаммер определяет обновление как "фундаментальный пересмотр и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения существенного улучшения основных показателей их эффективности, таких как стоимость, качество, обслуживание и скорость". "Чтобы добиться успеха в обновлении, надо быть провидцем и авантюристом и уметь убеждать людей". Важнейшим двигателем обновления являются информационные технологии.

Таким образом, реинжиниринг рассматривается как фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения существенных улучшений в основных показателях современного бизнеса: затраты, качество, уровень обслуживания и оперативность. В этом определении основное внимание уделяется четырем словам. "Фундаментальный", т.е. реинжиниринг осуществляется для основополагающих вопросов, касающихся всей компании и характера ее деятельности. "Радикальный", т.е. перепроектирование затрагивает корневые положения, касающиеся структуры и методов работы. "Существенный", т.е. предполагается значительный рост результативности, серьезный прорыв. "Процессы", т.е. основное внимание уделяется процессам (бизнес-процессам), сосредоточению внимания на отдельных операциях.

Реинжиниринг БП (BPR – Business Process Reengineering) предусматривает создание новых и более эффективных БП без учета предшествующего развития, он может осуществляться как в рамках одной функции или одного подразделения, так и (и это основное) применительно к объединению функции на макроорганизационном уровне. Из этого следует:

- 1) реинжиниринг БП позволяет начать как бы с "чистого листа" (для этого требуется свободное мышление, не скованное рамками существующих систем и БП);
- 2) реинжиниринг БП ставит под вопрос многие общепринятые предположения, т.е. используются принципы "все подвергай сомнению";
- 3) реинжиниринг БП требует творческого начала и зависит от стиля мышления, например, использование возможности работы в домашних условиях, а не в офисе;
- 4) реинжиниринг БП не сводится только к рассмотрению используемой технологии, он включает и другие элементы – правильное применение принципов управления процессами, развитие методов управления качеством, современные методы мотивации и управления персоналом.

В соответствии с концепцией бизнес-процессов для повышения эффективности управления предприятием могут использоваться следующие методы: кросс-функциональное решение проблем; описание и управление процессами; внедрение процессорной организационной структуры и др.

Реинжиниринг бизнес-процессов базируется на следующих основных принципах (правилах) обновления [1].

1. Организация достижения результатов, а не выполнения заданий. В соответствии с данным принципом требуется объединять несколько специализированных заданий, которые раньше выполнялись разными людьми, в единую задачу. Эта задача должна выполняться отдельным работником или специальной группой и охватывать все этапы в процессе, качественное выполнение которых необходимо для достижения четко определенного результата.

2. Совершенствовать процесс должны те, кто создает результаты процесса. Другими словами, работа должна выполняться там, где достигается цель, и выполняться персоналом, самым близким к процессу, что позволяет уничтожать традиционные внутриорганизационные препятствия.

3. Внедрять процедуру обработки информации в ту работу, в ходе которой эта информация собирается, т.е. персонал, занимающийся сбором информации, должен ее обрабатывать. Это позволит устранить необходимость в сотрудниках, занимающихся проверкой и обработкой информации, снизить вероятность ошибки.

4. Относиться к географически разбросанным ресурсам как к централизованным. Интегрированные информационные технологии позволяют реально соединить децентрализованные операции и применить централизованное управление. Это позволит отдельным организационным единицам параллельно выполнять операции одного и того же задания и улучшить при этом общий контроль над деятельностью компании.

5. Объединять параллельные виды деятельности (процессы), а не их результаты, это позволит снизить издержки и сократить время ведения процесса в целом.

6. Следует принимать решения непосредственно в ходе работ и вводить контроль в сам процесс, т.е. процесс принятия решений должен быть частью процесса выполнения работы.

7. Получать новую информацию надо только один раз прямо в источнике. Это позволяет избегать ввода ошибочных данных и дорогостоящих повторных вводов информации. Информацию надо собирать и регистрировать в электронной базе данных информационной системы фирмы, это значительно уменьшает число ошибок и объем работы.

Следует отметить, что успех в реинжиниринге бизнес-процессов во многом зависит от уровня подготовленности культуры персонала. Это характеризуется: дисциплиной (все служащие должны стремиться без постороннего принуждения выполнять и даже перевыполнять свои обязанности); поддержкой, которая включает обучение, помощь и руководство; доверием, т.е. открытостью процессов управления; чувством равенства и соучастия в общем деле; в частности, наличием стимула рассматривать себя с точки зрения будущих возможностей.

Практика показывает, что для реорганизации (обновления) производственного предприятия успех может быть достигнут на основе выполнения следующих мероприятий:

- поиск и использование внешних исполнителей для одной или нескольких операций;
- устранение неэффективных производственных линий и сокращение числа производственных рабочих;
- уменьшение числа поставщиков;
- уменьшение числа уровней управления;
- организация новых операций для нужд потребителя или производственной линии;
- инвестирование в автоматизацию оборудования и информационные технологии;
- существенное совершенствование производственного потока на предприятии.

Основными этапами действий при обновлении (реинжиниринге) являются следующие.

1. Изложение доводов акции. Здесь в форме количественного и качественного изложения представляются проблемы и пути их решения. На данном этапе выделяются два основных аспекта:

- потребность в действиях (описание текущего состояния и причины, почему не можем в нем оставаться);
- формулировка виденья, т.е. описание, чем мы должны стать или в какое состояние должны перейти. Например, требуется сократить сроки выполнения проекта работ в два раза.

Целями совершенствования могут быть: сокращение издержек, времени вывода на рынок новой продукции; повышение уровня качества и удовлетворение запросов потребителей; улучшение базовых финансовых показателей.

О необходимости изменений руководитель организации сначала сообщает управленческому персоналу, затем всем остальным. Создается специальный комитет или команда по обновлению во главе с руководителем. За проектирование изменений и их внедрение отвечает специальная межфункциональная группа оценки процесса. Работы первого этапа ведутся непрерывно.

2. Выявление процесса (одного или нескольких), подлежащего обновлению. На данном этапе рассматриваются все основные процессы организации. При анализе бизнес-процессов надо постараться ответить на следующие вопросы.

- 1) Какие БП в настоящее время наиболее проблематичны?
- 2) Какие БП наиболее важны для фирмы, для реализации стратегии предприятия и оказывают наибольшее влияние на восприятие компании потребителями?
- 3) Какие БП, по всей вероятности, можно успешно обновить?
- 4) Каков прогнозируемый масштаб изменений и какие средства потребуются для их осуществления?
- 5) Насколько подготовлена группа, которая будет заниматься обновлением?
- 6) Насколько обязательны и верны идеи обновления владельцы процессов и их спонсоры?
- 7) Что именно устарело: сам процесс или используемая в нем технология?

Выбранный для обновления процесс должен иметь управляемые в рамках проекта размеры и четкие границы. Необходимо точно указать рамки текущих мероприятий по изменению процесса.

3. Оценка возможностей обновления. Этими возможностями могут быть внедрение ИТ или гуманитарно-организационные аспекты. Вклад ИТ в обновление процесса может заключаться в следующем:

- 1) автоматизация, т.е. исключение из процесса человеческого труда;
- 2) оперативный сбор и обработка информации о процессе для лучшего его понимания;
- 3) изменение последовательности (очередности) этапов процессов и обеспечение их параллельного осуществления;
- 4) улучшение контроля, т.е. постоянное отслеживание состояния и объектов процессов;
- 5) совершенствование методов анализа информации и процедур принятия решений на основе нового математического аппарата;
- 6) географический, т.е. координация процессов, осуществляемых на больших расстояниях (использование географического аспекта);
- 7) интеграционный аспект, т.е. координация различных заданий и процессов;
- 8) сбор и распределение интеллектуальных активов;
- 9) устранение промежутков и прерываний в процессе (объединяющий аспект) и др.

## 2.2. БЕНЧМАРКИНГ

Бенчмаркинг (Benchmarking) – это централизованно спланированные исследования, потребность в которых возникла в результате осознания персоналом фирмы необходимости улучшений в критических областях бизнеса [5]. В простейшем представлении бенчмаркинг можно рассматривать как систему взглядов для решения задач повышения конкурентоспособности, основанную на "сравнении с образцом".

Концепция бенчмаркинга (БМ) заключается в следующем:

- передовая технология конкурентного анализа;
- стремление к непрерывному совершенствованию;
- сам процесс совершенствования;
- непрерывный поиск новых идей и использование их на практике (следует заметить, что инновации это то, чего нет у конкурентов);

- деятельность не одного человека, а целой команды;
- деятельность, стратегически встраиваемая в бизнес-план компании.

Бенчмаркинг базируется на следующих принципах.

1. Концепция качества.
2. Необходимость учета несовершенства классической модели всеобщего управления качеством (КМ TQM).

Напомним, что базовыми положениями являются:

- необходимость постоянного улучшения;
- важность роли потребителя;
- групповая работа;
- процессный подход.

К основным недостаткам КМ TQM можно отнести следующие.

1. При оценке результатов внедрения TQM за основу берется степень выполнения поставленных целей и задач по сравнению с предыдущими результатами (до внедрения TQM). Таким образом, при планировании программы TQM оценивается неэффективность управления фирмой в прошлом.

Вместе с тем, при устранении имеющихся недостатков надо учитывать, что у конкурентов имеются преимущества, а значит, есть чему учиться и что перенимать. Существующая КМ TQM рекомендует ограниченный набор методов (инструментов) контроля и управления качеством, которые были эффективны до создания ИТ.

2. В настоящее время надо применять новые методы анализа, которые отсутствуют в КМ TQM, а также использовать возможности современных ИТ.

3. Важность бизнес-процессов (БП). Протекание БП важнее, чем процесс функционирования классических подразделений (бухгалтерия, плановый отдел и т.д.).

Фирма должна рассматриваться как система функционирования основных и второстепенных бизнес-процессов (ОБП, ВБП).

ОБП связаны с производством продукции или предоставлением услуг потребителю, обычно они связаны с работой всех (большинства) подразделений. Основная задача подразделений – это обслуживание БП. Обычно ответственность за протекание БП не закреплена за конкретным подразделением. Конечный результат БП – степень удовлетворенности потребителя. Концентрация внимания на БП позволяет выявить их глобальные недостатки (задержки, неполный контроль и т.д.).

Любой БП должен быть промаркирован, т.е. иметь несколько хорошо распознаваемых точек, по которым можно определить, насколько успешно протекает БП и насколько успешно работает фирма в данный момент времени, спланировать внедрение изменений, способных отслеживать будущие достижения фирмы в области совершенствования БП. Это позволяет проанализировать работу фирмы как открытой (наблюдаемой) системы.

4. Систематическое проведение внешнего БМ. Надо осознать необходимость непрерывного и всестороннего изучения как основных конкурентов фирмы, так и лучших примеров из мировой практики, осознать важность внутренних БП, а затем объединить эти два аспекта деятельности в единую систему, т.е. систематически, тщательно анализировать внутренние процессы, технологии, механизмы, сопоставляя их с внешними бенч-маркингами.

5. Объединение внешних и внутренних факторов в единую систему.

6. БМ – основа выживания. Без БМ выживание фирмы в условиях агрессивной внешней среды невозможно.

Необходимыми предпосылками успешной реализации концепции БМ являются следующие.

1. Одобрение руководства. На проведение первоначальных исследований обычно требуется от 2 до 18 месяцев при достаточно высоких затратах. Следует учитывать, что БМ не приносит быстрого результата. Руководству надо иметь терпение и лично осуществлять управление этими работами. В противном случае – разочарование.

2. Убежденность в необходимости изменений.

Руководство должно подавлять любые сопротивления изменениям.

В процесс внедрения концепций БМ необходимо вовлечь весь персонал, должна быть полная информированность сотрудников о сути концепции БМ.

3. Для получения максимальных результатов процесс должен быть четко спланирован, направлен, отслежен и проработан. Планирование БМ-проекта предполагает выполнение работ в следующей последовательности:

- 1) выбор предмета БМ и проведение внутреннего исследования;
- 2) выбор организации для сравнения (организации партнера);
- 3) сбор данных;
- 4) анализ и выявление возможных улучшений;
- 5) внедрение улучшений.

Обязательным атрибутом БМ является использование графического материала.

Рассмотрим содержание перечисленных работ более подробно.

1. Выбор предмета БМ и проведение внутреннего исследования.

На данном этапе ставятся следующие вопросы:

- куда мы хотим прийти (какова цель)?
- где находимся мы сейчас?

– что необходимо делать, чтобы добраться до цели?

Следует учитывать, что любая деятельность фирмы поддается измерению, т.е. может быть бенчмаркирована.

Начинать процесс БМ надо с тех областей деятельности, которые важны для устойчивого развития фирмы, для этого должен быть составлен список целей для выбора первоочередных улучшений. Как правило, к ним относятся: удовлетворимость покупателя; необходимость снижения производственных издержек (переход к низкозатратным производственным операциям) и т.д.

Приведенные формулировки слишком глобальны, их трудно оценить и измерить, поэтому требуется провести их детальное структурирование. Например, собрать данные о количестве жалоб покупателей, данные о количестве случаев гарантийного ремонта и т.п.

Объектами БМ могут быть: уровень запасов, незавершенное производство, уровень брака и т.д.

Необходимо иметь полную информацию об уровне издержек по каждому процессу и причинам их возникновения. Обычно применение универсальных моделей для БМ не дает желаемых результатов. Только тщательный анализ дает ответы на ключевые вопросы:

– почему компания-партнер (конкурентов) достигла значительных результатов в той или иной области;

– какие действия привели ее к этому результату.

При выборе предмета БМ ударение делается на первый вопрос – "куда ... ?", чаще всего здесь возникает большинство ошибок. Когда проанализированы все процессы, легко ответить на второй вопрос – "где ... ?". После этого становится ясно, в каких областях необходимо проводить БМ, т.е. ответить на третий вопрос "что ... ?".

При всем этом необходимо постоянно учитывать текущие требования рынка.

## 2. Выбор организации для сравнения.

На данном этапе работ следует учитывать, что выделяют различные виды БМ, основными из них являются следующие.

– Внутренний БМ, который заключается в проведении сравнений между подразделениями (цехами, филиалами) самой организации. К достоинствам этого БМ следует отнести простоту организации, работ их выполнения и сбора информации. Основным недостатком данного вида БМ состоит в том, что его выполнение не гарантирует получение оптимальных результатов.

– БМ с компанией-конкурентом. Этот вид бенчмаркинга является более сложным. Основная проблема здесь заключается в конфиденциальности необходимой информации. В связи с этим удается получить лишь часть информации, которая не дает полного представления о процессах в организации для сравнения. Вместе с тем, некоторые компании охотно предоставляют необходимую информацию.

– Функциональный БМ. В данном случае производится сравнение с организациями, не относящимися к внутриотраслевым, но хорошо осуществляющими функциональную деятельность, которая интересует фирму (хранение, транспортировку, обслуживание и т.п.). Достоинства данного вида БМ – легко определить лидера, нет проблем с конфиденциальностью, можно открыть много нового для себя. Недостатком является относительная сложность.

– Общий БМ. Здесь рассматриваются организации различных отраслей, этот вид БМ самый сложный, но и позволяет получить наиболее оптимальный результат.

При выборе вида БМ необходимо учитывать следующие факторы:

– предприятие-лидер рынка должен рассматривать только лучших представителей рынка (бизнеса);

– небольшая компания может выбрать любую успешно работающую организацию;

– выбирая вид БМ, надо учитывать уровень затрат на исследования, например, для малых предприятий организацию для сравнения целесообразно брать внутри отрасли.

В качестве рекомендации к выполнению работ второго этапа следует отметить, что время на поиск партнера надо ограничить.

## 3. Сбор данных.

При сборе данных, получаемых от организации для сравнения, необходимо использовать и другие источники информации в том числе косвенные.

К этим источникам следует отнести:

– отчеты, имеющиеся в БД, Internet;

– информацию исследовательских общественных и государственных организаций.

Любая вторичная информация требует проверки, кроме того, она, как правило, быстро устаревает. При этом большую роль играют личные контакты и неформальные подходы.

Перед визитами к партнерам следует проводить аналитическую работу со вторичной информацией: проведение обсуждений, подготовку анкет.

## 4. Анализ данных и выявление улучшений

Полученные данные делятся на две группы:

– показатели деятельности компании (для сравнения), т.е. что достигнуто;

– сведения о том, как и посредством каких методов (технологий) эти показатели достигнуты.

Каждый показатель первой группы сравнивается с показателем своей фирмы. При этом надо учитывать: насколько различаются сравниваемые компании; насколько применимы технологии компании-партнера.

В ходе анализа данных необходимо искать ответы на следующие вопросы:

1) Что надо предпринять, чтобы достичь (приблизиться) результатов компании-партнера?

2) Что надо сделать в первую очередь?

3) Что или кого надо для этого задействовать?

4) Сколько это будет стоить и сколько времени займет?

5) Каковы возможности применения новых технологий?

## 5. Внедрение улучшений.

На основе результатов, полученных при анализе данных, формируется группа для внедрения улучшений. При формировании состава группы учитываются:

- 1) кто является профессионалом в областях, связанных с улучшением на фирме?
- 2) кто ответственен за планирование будущего фирмы?
- 3) у кого есть полномочия для введения намеченных изменений?

С привлечением сформированной группы составляется детальный план процесса доработки и внедрения улучшений. При этом важно учитывать следующие обстоятельства: процесс улучшений – безграничен; бенч-маркинг – вечный двигатель процесса улучшения; в мире нет ничего постоянного, ничто не стоит на месте; на момент начала внедрения изменений, они уже устаревают; надо постоянно перепроверять установленные бенчмарки и продолжать поиск более совершенных партнеров и достойных примеров для подражания.

## 2.3. КООРДИНИРУЮЩЕ-СТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ПОДХОД

Суть координирующе-стабилизирующего подхода (КСП) (synchronizing and – stabilize) заключается в следующем: постоянная координация деятельности разработчиков, работающих параллельно над продуктом, и периодическая стабилизация разработанных свойств и функций продукта по мере его развития вместо однократного по окончании проекта (как было раньше).

В основе концепции КСП лежат следующие положения:

- командам и отдельным разработчикам предоставляется возможность работать творчески, относительно, независимо;
- постоянно координировать и время от времени стабилизировать процесс разработки нового продукта.

Для реализации этих положений используются следующие стратегии:

1) стратегия координации, направленная на повышение эффективности процесса разработки за счет развития функциональных возможностей рабочих групп и жесткого закрепления ресурсов;

2) стратегия стабилизации, которая обеспечивает постоянную синхронизацию процессов разработки нового продукта.

Для применения координирующе-стабилизирующего подхода существуют определенные предпосылки:

- любой продукт при его создании разбивается на модули;
- требуется объединять работу большого числа групп исполнителей и модулей;
- имеется проблема дополнительных потерь времени на координацию деятельности большого числа небольших групп разработчиков;
- технологии и нужды потребителей развиваются с большой скоростью, поэтому разработчики должны непрерывно вносить изменения в свои замыслы (особенно это проявляется на рынке программных продуктов);
- имеется необходимость эффективного управления изменениями;
- в проекте требуется учитывать ограничения по ресурсам (временным, финансовым и др.);
- надо уметь управлять большими коллективами также эффективно, как маленькими группами.

Например, фирма Microsoft для эффективного управления большим количеством команд применяет технический прием, который предусматривает один из вариантов контроля "промежуточный отчет" ("ежедневное формирование", "ночное формирование", "ноль-дефектный процесс"). Под формированием понимается процесс объединения частично завершенных (готовых) частей программного обеспечения (ПО), который позволяет определить, какие функции продукта не работают, какие существуют проблемы.

Чтобы сократить время на разработку и добиться лучших характеристик продукта, проводится промежуточное тестирование в ходе процесса разработки. В целях полного контроля процесса разработки нового продукта при работе над опытным образцом одновременно осуществляются циклы разработки, создания и рыночного тестирования продукта.

Процесс разработки нового продукта имеет спиралевидный характер, характеризуется спиралевидным повторением фаз проекта и одновременным развитием множественных разновидностей процессов.

Вследствие быстрого изменения в технологиях, приоритетах потребителей (трудности их определения) и других элементов рыночной среды неразумно пытаться разработать моновариант нового рыночного продукта, который будет пользоваться успехом у потребителей. Вместо этого, продвигаясь к завершению продукта, надо поддерживать несколько конструкторских, сформированных и отлаженных версий нового продукта. При этом используется метод "водопада".

В фирме Microsoft используются 6 стратегий при разработке нового продукта (НП).

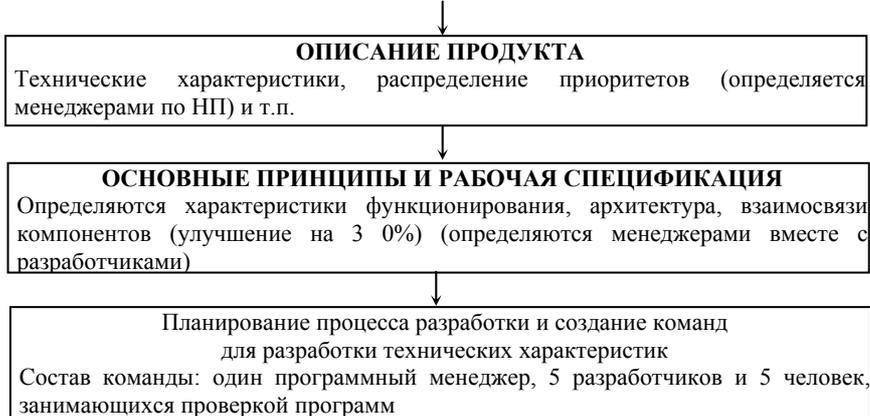
1. Стратегия концентрации на творческой деятельности персонала при жестком закреплении ресурсов. В основе стратегии лежат два положения:

- разработчикам предлагается подумать о том, за какие технические характеристики НП потребители готовы платить деньги;
- давление на процесс развития проекта оказывается посредством ограничения ресурсов – времени и высококвалифицированного персонала.

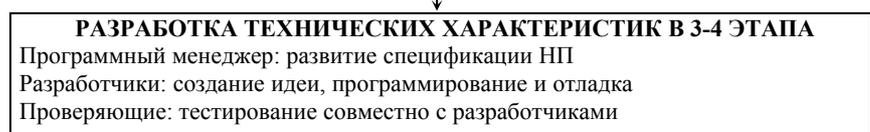
### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРАТЕГИИ ПОЗВОЛЯЕТ СНИЗИТЬ РИСК НЕВОСТРЕБОВАННОСТИ НП.**

Работа над проектом планируется на 1–2 года. Основные фазы и этапы выполнения работ приведены на рис. 2.1 [5].

## ФАЗА ПЛАНИРОВАНИЯ



## ФАЗА РАЗРАБОТКИ



## ФАЗА СТАБИЛИЗАЦИИ

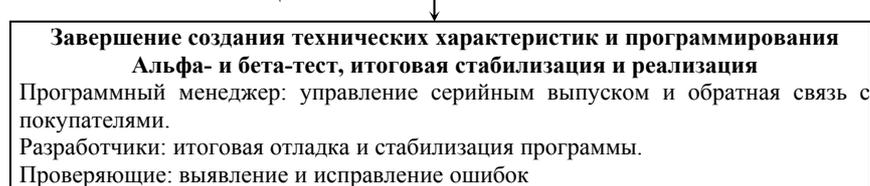


Рис. 2.1. Этапы работ над проектом

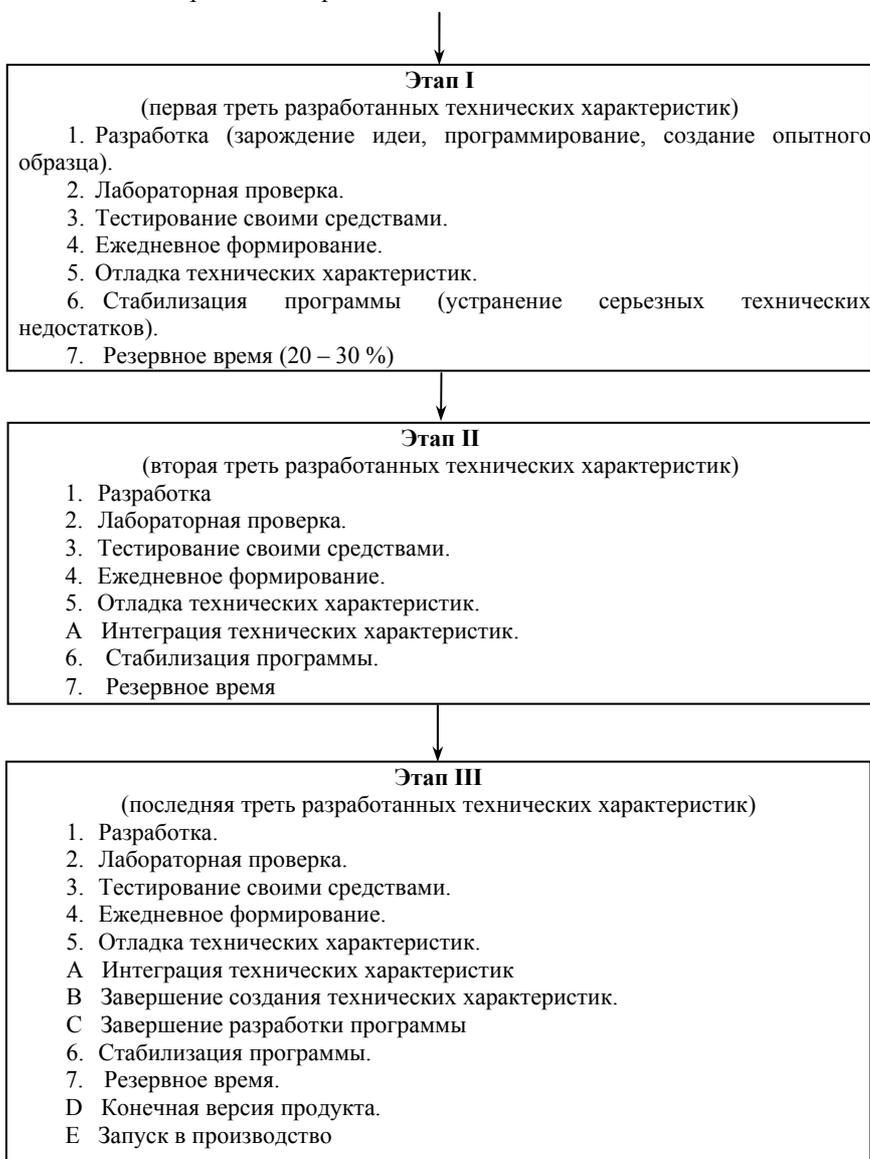


Рис. 2.1. Продолжение

На каждом этапе реализации проекта устанавливаются приоритеты технических характеристик, в результате чего сначала создаются наиболее важные компоненты продукта. Кроме того, на каждом этапе предусматривается дополнительное, резервное время, необходимое для экстренного решения возникающих неожиданно проблем.

Приступая к созданию НП, разработчики имеют лишь краткое описание его основных характеристик. Не существует полной, законченной спецификации и детально разработанного дизайна продукта, поскольку заранее невозможно определить все характеристики, какими должен обладать новый продукт.

Стратегия предоставляет команде возможность на всех этапах процесса разработки НП осуществлять нововведения и адаптировать разработанный НП к изменениям рыночной среды. Команды разработчиков после анализа поставленных перед ним задач самостоятельно (за 1 – 3 дня) разрабатывают календарный план-график работ. После этого менеджеры окончательно определяют необходимые для реализации проекта ресурсы.

2. Вторая стратегия заключается в том, что все действия по созданию НП необходимо проводить параллельно с постоянной координацией работ. Это необходимо для эффективного управления процессами разработки и реализации продукции.

Целью применения стратегии является жесткий контроль процесса разработки НП, но без попыток контролировать каждую рабочую минуту разработчиков.

Команды разработчиков должны строго выполнять следующие правила:

1) внесение изменений в разрабатываемые части проекта осуществляются в строго определенное время (например, 14 часов). Это облегчает сборку готовых компонентов НП вместе (например, к концу дня);

2) внесение разработчиками изменений, не составляющих концепции НП, обязывает их немедленно исправить ситуацию (аналогично, как в компании "Toyota", рабочие останавливают всю производственную линию в случае обнаружения дефекта в собираемой машине).

Тестирование новых версий продукта проводят различными группами потенциальных потребителей, а также пользователями "с улицы" для опробования в лабораторных условиях.

Команды разработчиков используют небольшой набор количественных показателей, позволяющих проследить, что нового намечается в проекте, принять решение, когда начать продвижение вперед внутри проекта, принять решение, когда выпускать НП на рынок.

Для отслеживания ежедневного прогресса в процессе создания НП рекомендуется использовать следующие показатели: количество обнаруженных ошибок; решения, принятые по их устранению, по удалению дублирующих компонентов; количество устраненных и подлежащих устранению ошибок, а также об отсрочках принятия решений.

Процесс интеграции большого числа групп при разработке программного обеспечения (ПО) встречает определенные трудности. Например, изменить компоненты программы достаточно просто, но крайне трудно определить их эффективность до процесса и проверки НП.

Фирма Microsoft использует следующие основные элементы подхода к НП:

1) ограничение масштаба проекта: четкое определение продукта, ограничения по времени и персоналу;

2) разделение НП на части (модули) по техническим характеристикам, функциям, подсистемам и объектам;

3) деление проекта на этапы (рис. 2.1).

4) создание малых групп и управление ими, эти группы обладают независимостью и ответственностью;

5) использование небольшого числа жестких правил для координации и синхронизации проекта, в том числе ежедневное формирование НП, немедленный поиск и исправление ошибок, поэтапная стабилизация;

6) хорошие коммуникации как внутри команд и функционирующих групп, так и между ними, этим достигается разделение ответственности персонала, единое место, общий язык программирования, стандартизированный инструментарий, единая культура;

7) гибкость производственного процесса, что необходимо для приспособления к меняющимся условиям, в том числе развитие специфических свойств продукта, наличие резервного времени, непрерывное развитие самого процесса.

Для решения проблемы ограничения чрезмерного разрастания проекта используются следующие управленческие действия:

1) четкое определение НП, для этого руководители устанавливают четкие границы того, что должен достигнуть проект;

2) менеджеры на основе информации от потребителей составляют описание НП с указанием стратегических целей проекта.

#### **РАЗРАБОТАННЫЙ ПРОЕКТ ДОЛЖЕН ИМЕТЬ ЯСНУЮ ЦЕЛЬ, КОТОРАЯ ПОМОГАЕТ:**

1) двигаться большой группе разработчиков в одном направлении;

2) решать, что надо делать, а что нет;

3) принимать решения о том, чем НП не должен стать.

Считается, что высокой степени точности реализации целей легче добиться во второй, третьей и более поздних версиях продукта, чем при создании абсолютно нового продукта. Обычно есть возможность расположить создаваемые ценности продукта по приоритетам.

3. Стратегия, направленная на ограничение численности персонала, занятого разработкой НП. Фирма Microsoft состоит из небольших компаний и исследовательских центров (по 300 – 400 человек). Команды состоят из специалистов в области программирования, тестирования, планирования производства и связи с пользователями. Внимание сотрудников концентрируется на создание продукции для сегодняшних рынков (а не разработку "технологий будущего") и тщательное

документирование процессов. Недостаток технической документации можно привести к необходимости заново принимать решения по общим вопросам.

4. Стратегия, направленная на ограничение времени на разработку НП. Стратегией предусматривается установка лимитов времени, это помогает разработчикам сконцентрироваться на совместном создании рабочей версии НП. Работа над проектом останавливается, если продукт уже "достаточно хорош", чтобы выйти с ним на рынок.

Решающую роль в разбиении больших команд на маленькие рабочие группы здесь играет архитектура продукта, т.е. возможность деления его на части.

Координация и синхронизация процесса разработки компонентов НП производится посредством ежедневного (еженедельного) их объединения, а также поэтапной стабилизации продукта, т.е. определения момента времени, в который разработчик должен приостановить работу над созданием новых характеристик и функций НП и заняться устранением ошибок.

5. Стратегия деления продукта на модули по свойствам и функциям.

Создаваемые продукты-приложения в данном случае разбивают на модули по свойствам, а операционные системы – на функциональные компоненты (подсистемы).

Свойства и компоненты будущих продуктов создаются отдельно, это позволяет разбить один большой проект на несколько маленьких в соответствии со структурой продукта.

После разработки компонентов они объединяются в единую систему и проверяются на совместимость. Для создания хорошо интегрированного продукта желательно, чтобы работало небольшое число малочисленных групп.

6. Стратегия разделения проекта на этапы (подпроекты). В соответствии с данной системой команды (группы) осуществляют полный цикл разработки НП от зарождения идеи до тестирования и стабилизации готового продукта.

Достоинством данной стратегии является то, что менеджерам не приходится контролировать проекты, в которых одновременно формируется огромное число технических характеристик, и работы продолжают 1,5 – 2 года. Вместо этого контролируются подпроекты с несколькими характеристиками, выполняемые за 2–3 месяца.

В качестве недостатка стратегии необходимо отметить, что поэтапный подход требует больше времени по сравнению с однократным объединением и проверкой.

Однако рассматриваемый подход позволяет маленьким и большим командам действовать гибко и в случае необходимости беспрепятственно вносить изменения в замыслы. Это обеспечивается ежедневной синхронизацией действий разработчиков и многократной стабилизацией основных частей НП в ходе реализации проекта.

В завершении данного раздела следует отметить, что:

1. Координирующе-стабилизирующий подход применим для проектов во всех отраслях, особенно быстроразвивающихся производствах, а также "нетехнических", например перевод с иностранного языка и т.п.

Наиболее целесообразно его использовать там, где создаются многократные версии продукта, а также, когда между членами команды происходит частый электронный обмен спецификациями или результатами испытаний.

2. В любом производстве надо ограничивать масштаб продуктового проекта по таким ресурсам, как время и кадры. Это заставляет разработчиков концентрировать усилия на скорейшей разработке нового рыночного продукта.

3. Необходимо искать пути разделения сложного системного продукта на модули (подсистемы, компоненты).

4. Команды разработчиков работают более эффективно, если у них достаточно независимости, чтобы выдвигать новые замыслы, вносить изменения в уже существующие, т.е. надо создавать условия, при которых участник команды как бы работает в одиночку.

5. Менеджер проекта должен следить за строгим выполнением правил, обязывающих разработчиков взаимодействовать так часто, как это необходимо в целях координации работы.

6. Проект должен быть гибким, чтобы предусмотреть возможности для развития спецификаций НП и улучшения процесса производства, а также иметь резервное время для решения непредвиденных проблем. Это позволит адаптироваться к быстро меняющейся рыночной среде и ориентироваться на пожелания потребителей, полученные в ходе процесса разработки нового продукта.

### **3. МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Важное место в обеспечении конкурентоспособности и устойчивого развития предприятий занимают методы моделирования и, в частности, компьютерного моделирования. С использованием математических моделей решается широкий комплекс задач, связанных с оптимизацией процессов, прогнозированием развития ситуаций, оценкой рисков, принятием решений и других. Наиболее важными моделями на первых этапах моделирования являются концептуальные модели и модели бизнес-процессов.

#### **3.1. КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Концептуальная модель отражает элемент структуры организации и ее связи с потребителями. На ее основе определяются целевой рынок, ключевое производство и операционные возможности. Выбор целевого рынка является сложной задачей, в результате решения которой предприятие может полностью изменить направление своей деятельности, например, отказаться от сегмента рынка, который не приносит дохода. Под ключевыми операционными возможностями или

областью компетенции понимают навыки и приемы, отличающие предприятие от его конкурентов. Возможности предприятия включают технологию, применяемые системы и персонал.

Для успешного решения задач управления предприятием создается интегрированная информационная среда (ИИС) в виде совокупности распределенных баз данных, содержащих сведения об изделиях, производственной среде, ресурсах и процессах предприятия. ИИС должна обеспечивать сохранность, корректность, актуальность и доступность данных персоналу, участвующему в осуществлении жизненного цикла (ЖЦ) изделия. ИИС создается на основе концептуального описания предметной области и объединяет разнородные по природе и форме информации модели, необходимые для управления предприятием.

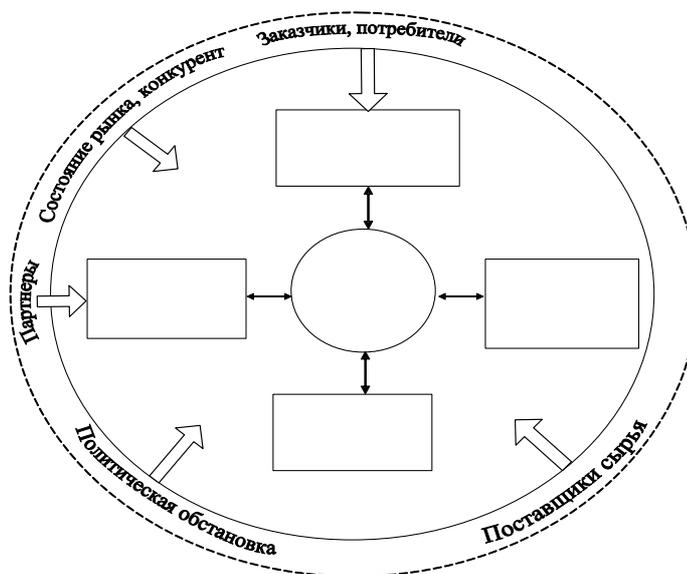
В общем случае под управлением предприятием понимается особый вид бизнес-процесса, в ходе которого определяются цели предприятия, собирается и анализируется информация о ходе производственных процессов, принимаются решения и выполняются действия, необходимые для достижения целей. Множество варьируемых параметров в алгоритмах управления позволяет улучшать динамические свойства предприятия за счет поиска областей эффективных значений в процессе машинных экспериментов с моделями, содержащимися в ИИС.

Модель предметной области, созданная на концептуальном уровне, позволяет глубже проникнуть в процессы, происходящие на каждом из этапов жизненного цикла изделия, и тем самым повысить достоверность использования средств моделирования. Концептуальная модель предметной области создается на основе баз данных (БД), баз знаний (БЗ), экспертных систем (ЭС) и других средств компьютерного моделирования [6]. На рис. 3.1 представлена упрощенная схема модели предметной области производственной системы.

Модели данных, определяющих изделие, представляют собой совокупность информационных объектов и правил их взаимодействия, необходимых для полного его описания, в том числе его геометрии, топологий, свойств и т.д., используемых на всех стадиях ЖЦ. В свою очередь информационный объект рассматривается как совокупность данных и программного кода, которая обладает свойствами и методами, позволяющими определенным образом обрабатывать данные.

Понятие "информационная модель" широко используется для описания реальных объектов. Эта модель представляет собой совокупность данных и отношений между ними и предназначена для описания различных свойств реального объекта, которые интересуют разработчика модели и потребителя [6].

Концептуальная модель должна отражать организационную структуру предприятия. Под структурой обычно понимают совокупность составляющих систему компонентов и устойчивых связей между ними. В каждой производственной системе имеется несколько различных структур, в том



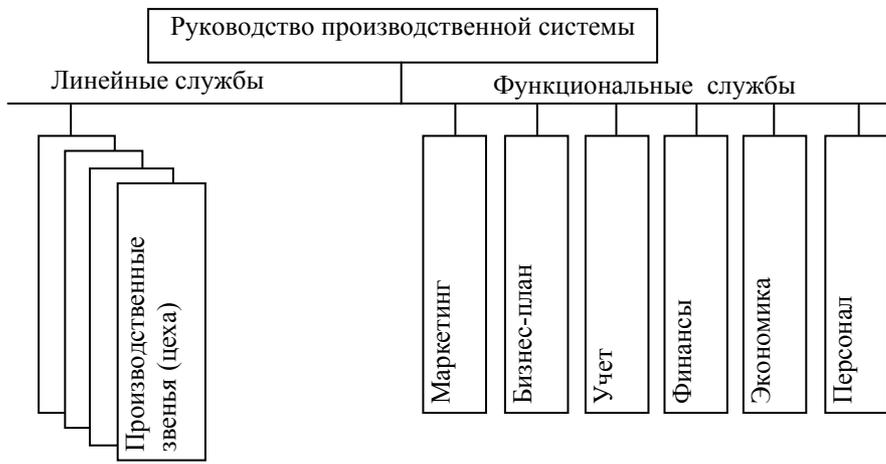
**Рис. 3.1. Концептуальная модель предметной области:**  
 СП – сырьевые потоки; ЭП – экономические потоки;  
 ИП – информационные потоки; БП – бизнес-процессы

числе линейная, которая характеризует производственную деятельность; функциональная, она объединяет подразделения с управляющими функциями (маркетинг, финансы и т.д.); структура центров планирования (бизнес-план и маркетинг) и структура центров учета (финансы). Эти структуры в различных вариантах порождают организационные структуры предприятия. Заметим, что организационная структура в некотором смысле представляет собой альтернативу штатному расписанию. Основными видами организационных структур являются: линейно-функциональная, дивизиональная (от division – подразделение) и матричная [6]. Схемы этих структур представлены соответственно на рис. 3.2 – 3.4.

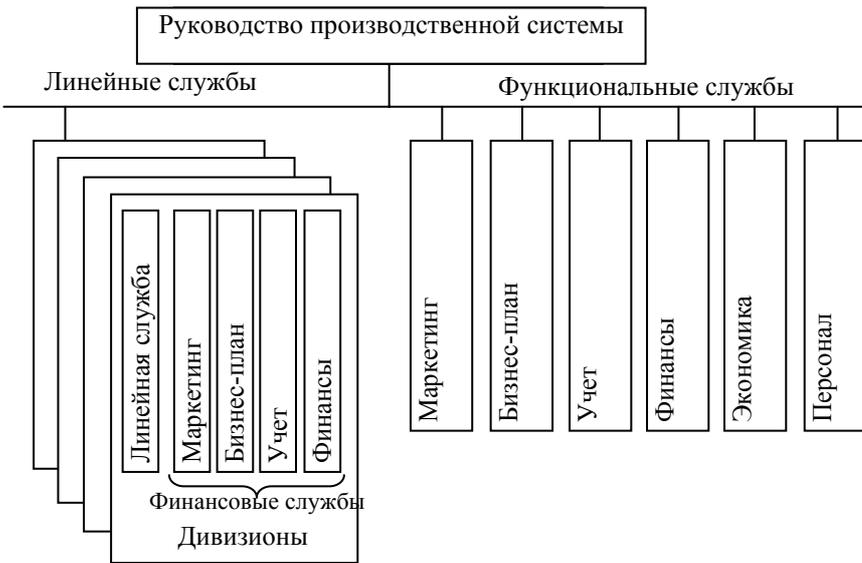
Линейно-функциональная и дивизиональная структуры наиболее широко распространены на практике.

Основными характеристиками линейно-функциональной структуры являются следующие:

- эффективность в стабильных условиях рынка;
- сравнительно низкие затраты на управленческий персонал;



- специализация и компетентность;



- быстрое решение простых проблем, находящихся в компетенции одной функциональной службы;
- ориентация на действующие технологии и сложившийся рынок;
- ориентация на ценовую конкуренцию.

Дивизиональная структура более приспособлена к условиям конкурентной среды. Ее характеристиками являются:

- гибкость, т.е. эффективность в динамичной среде;
- оперативность принятия решений;
- междисциплинарный подход;
- быстрое решение сложных межфункциональных проблем;
- ориентация на новые рынки и технологии;
- ориентация на неценовую конкуренцию.



**Рис. 3.4** Схема варианта матричной структуры:

○ – матричные группы (виртуальные подразделения)

Матричная организационная структура управления представляет собой наиболее современный и эффективный тип структуры (рис. 3.4). Здесь по вертикали осуществляется управление линейными (производственными) и функциональными службами, а по горизонтали – управление программами и проектами (программно-целевой деятельностью). Руководитель соответствующей программы (проекта) работает со специалистами, которые подчинены линейным руководителям. Линейный руководитель решает, кто и как будет выполнять ту или иную работу.

Достоинствами матричной структуры являются:

- активизация деятельности работников;
- распределение функций управления между работниками программ и начальниками линейных (функциональных) подразделений;
- вовлечение руководителей и специалистов в активную творческую деятельность.

К недостаткам этой структуры можно отнести следующее:

- матричные группы не являются устойчивыми образованиями;
- работники часто перемещаются из одной группы в другую;
- отмечается частая смена руководителей и повышенный уровень конфликтности.

Для каждой организационной структуры предприятия имеется своя специфика задач управления и соответствующих моделей. Например, для эффективного функционирования предприятий, имеющих линейно-функциональную или дивизиональную структуру, большое значение имеют задачи планирования и управление запасами. Для предприятий с матричной структурой важную роль играют задачи управления проектами и рисками. Для предприятий с любой структурой, выпускающих наукоемкие изделия, требуется оперативное решение задач управления конфигурацией.

### 3.2. МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Необходимым инструментом совершенствования производственных систем и технологических процессов является функциональное моделирование бизнес-процессов.

Под бизнес-процессом понимается совокупность взаимосвязанных ресурсов и деятельности, которые преобразуют вход процесса (материалы, финансы, энергия, информация) в соответствующий выход. Основная цель процесса – добавление ценности продукта при минимальных затратах.

Следует заметить, что общепринятого определения термина "бизнес-процесс" пока нет. Предполагается, что бизнес-процессы одного подразделения объединены общей задачей, заключающейся в оказании услуг, например, в виде изготовления и поставки продукта. При этом оказание услуг осуществляется согласно единой процедуре [2].

Функциональная модель бизнес-процессов представляет собой многоуровневую систему взаимосвязанных диаграмм, содержащую полное описание процессов жизненного цикла продукта, с выделением узлов действий (блоков), входов, выходов, управлений (условий) и требуемых механизмов (ресурсов). Каждый узел характеризует действие (процесс, работу, функцию, операцию) по переработке информационных или материальных ресурсов и обозначается прямоугольником (рис. 3.5). Вход представляет собой то, что перерабатывается процессом (стрелка слева прямоугольника), а выход – результат переработки (стрелка справа). Управлением служит информация, необходимая для выполнения процесса (стрелка сверху). Механизмы обеспечивают выполнение (реализацию) процесса, т.е. оборудование, персонал и т.д. (стрелка снизу).

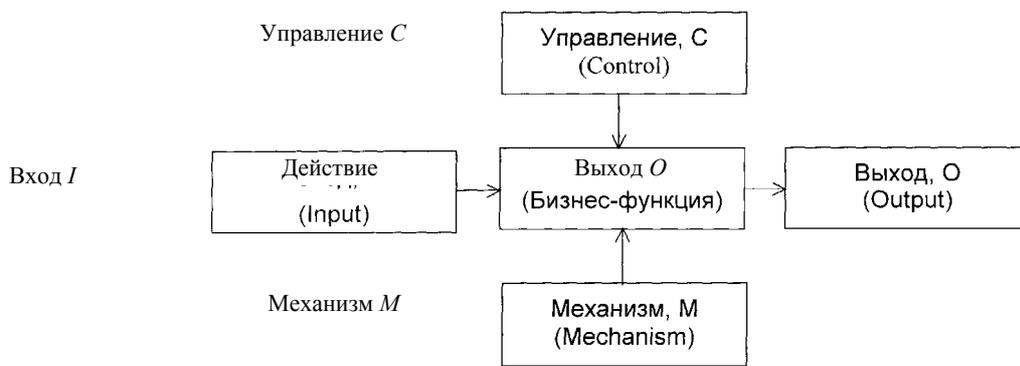


Рис. 3.5. Схема узла функциональной модели

Построение и вид функциональной модели бизнес-процессов регламентируются на международном уровне федеральными рекомендациями США FIPS PUB 183 и стандартом IDEF(0) – Integrated Definition for Process Modeling, первоначально разработанным ВВС США. В них описываются метод (язык), правила и методика структурированного графического описания бизнес-процессов.

Разработка любой сложной, в том числе программной, системы должна начинаться с функционального анализа и моделирования системы в целом и всех ее подсистем вплоть до неделимых элементов. Для этой цели разработана методология IDEF0, представляющая собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной структуры сложных иерархических систем.

Основной принцип, заложенный в функциональное моделирование систем, состоит в их пошаговой нисходящей декомпозиции до уровня, необходимого для моделирования. При этом на всех уровнях используются функциональные блоки, принадлежащие к одному и тому же классу, который можно назвать "объект-функция". В экспертном программировании в качестве суперкласса используется объект-функция IDEF0.

Если обозначить  $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$  – вектор входных переменных;  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  – вектор выходных переменных;  $F$  – вектор-функцию, реализуемую механизмом, то мы получим выражение объект-функции, эквивалентное традиционному математическому:

$$Y = F(X).$$

Однако, в отличие от математических функций, допускающих использование в качестве переменных только числовые величины, в объект-функциях могут использоваться как числовые, так и нечисловые переменные.

Все стрелки в диаграммах IDEF0 имеют метку, т.е. стрелочную надпись, в качестве которой могут использоваться либо идентификаторы, либо наименования переменных.

При построении диаграмм в IDEF0 функциональные блоки соединяются с помощью стрелок, идущих от выхода одного блока к входу и (или) управлению другого. Такая диаграмма с точки зрения искусственного интеллекта представляет собой семантическую сеть, т.е. граф с помеченными с помощью идентификаторов или наименований вершинами (объект-функциями) и ребрами. С математической точки зрения, диаграмма эквивалентна сложной функции:

$$Y = \Phi(F_1(X_1), F_2(X_2), \dots, F_k(X_k)).$$

При построении функциональной модели используется метод декомпозиции, т.е. сначала описывается общее действие получения продукта (нулевой уровень), затем общее действие раскладывается на несколько основных крупных действий (первый уровень), далее каждое крупное действие описывается с помощью более мелких операций (второй уровень) и т.д. Соответственно раскладываются управления и механизмы при переходе от крупных структур к более мелким.

Важной особенностью функционального моделирования бизнес-процессов является то, что описание строится вокруг действий, а не вокруг организационной структуры. Функциональная модель показывает непосредственных участников бизнес-процессов, элементы оргструктуры предприятия, задействованные в получении продукции, работы, выполняемые различными подразделениями и оборудованием.

Построение функциональной модели рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- идентификация основных видов деятельности, представление их в форме иерархической структуры;
- описание входных элементов каждого процесса (I1, I2, ...);
- описание преобразования входов под воздействием процесса в выходные элементы (O1, O2, ...);
- описание элементов управления (C1, C2, ...), в качестве которых могут быть инструкции, руководства, расписания, графики, стандарты и т.п.;
- описание механизмов или ресурсов (M1, M2, ...), используемых для реализации бизнес-процессов.

Информационные структуры и данные, используемые в функциональной модели, описываются и графически изображаются с помощью информационной модели. Информационная модель отражает структуру баз данных и информационные потоки с позиций семантики, т.е. описания данных в контексте их взаимосвязи с другими данными. Конструктивными элементами этой модели являются сущности, изображаемые блоками, отношения между сущностями, которые обозначаются линиями, соединяющими блоки, и атрибуты (имена внутри блоков).

Построение информационной модели регламентируется стандартом IDEF/1X (FIPS 184) – Integrated Definition for Information Modeling.

## 4. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Успех деятельности большинства предприятий и, прежде всего, производящих высокотехнологичную продукцию – радиоэлектронные средства, вычислительную технику, программные продукты, системы управления и связи, во многом определяется способностью оперативно и качественно разрабатывать проекты. Проектные службы фирм, занимающих ведущие позиции в своих отраслях, используют широкий арсенал методов и средств, чтобы опередить конкурентов в создании новой продукции и расширении рынка сбыта. Этот арсенал включает информационные технологии маркетинга, управления проектами и рисками, повышения качества и параллельного ведения проектов, в том числе при территориальном рассредоточении проектных групп, использование ЭВМ, функциональное и информационное моделирование, создание интеллектуальных архивов проектов и многопрофильных коллективов, защиту информации, стандартов по управлению проектами и т.д.

#### 4.1. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ

Любой проект представляет собой последовательность взаимосвязанных операций (решаемых задач), направленных на достижение конкретного значительного результата, например, создание нового продукта, выполнение работ по реинжинирингу и т.п.

Особенностями высокотехнологичных проектов являются: наличие неопределенностей и рисков, высокая стоимость (большие затраты), многоэтапность и значительное время выполнения работ, командный состав исполнителей, невозможность гарантированного получения ожидаемого результата, необходимость использования компьютерных технологий и методов параллельного проектирования. Большинство проектов выполняется в условиях конкурса (тендера), в этом случае успех достигается, если результат проектирования имеет ценность выше, чем у конкурентов, и он появляется "в нужное время в нужном месте".

Проект, рассматриваемый как процесс, имеет жизненный цикл (ЖЦ). Основными этапами (фазами) жизненного цикла проекта являются: мотивация и формирование концепции, проведение научно-исследовательских работ (планирование создания продукта), проектирование, производство (изготовление), внедрение (инсталляция) и завершение (закрытие). Результаты работ одного этапа используются для выполнения последующего. После завершения каждой фазы проекта принимаются ключевые решения.

Управление проектом охватывает процедуры контроля, планирования, распределения и регулирования ресурсов (трудовых, материальных, оборудования) с учетом различных ограничений (технических, бюджетных и временных) на всех этапах жизненного цикла проекта. Наиболее ответственной процедурой является принятие ключевых проектных решений при формулировке целей, формировании команды, утверждении пакета работ, рассмотрении целесообразности продолжения работ и др.

В общем случае задача управления проектом формулируется следующим образом.

Задаются:

- информация, относящаяся к инициации (мотивации) начала работ по проекту;
- ограничения на процесс проектирования (временные, материальные и др.);
- основные требования к предмету (объекту) проектирования;
- имеющиеся ресурсы для выполнения проекта.

Требуется:

- выбрать методологию (стандарт) выполнения проекта;
- сформировать команду исполнителей;
- последовательно выполнить этапы проектирования, решая на каждом этапе задачи по обеспечению максимума вероятности получения успешного конечного результата, или своевременно прекратить работы во избежание излишних затрат.

На выбор методологии и стратегии управления проектом оказывают влияние вид объекта и цели выполнения проекта, характер неопределенностей и рисков, возможность использования информационных технологий и параллельного проектирования.

Важнейшими компонентами, которые должны постоянно учитываться на всех этапах ЖЦ проекта являются риск и затраты.

Под риском проекта обычно понимается вероятность того, что цели проекта не будут достигнуты и его выполнение не принесет ожидаемых результатов. Риск зависит от большого числа факторов, обусловленных недостаточной информацией или случайной природой явлений, от которых зависит успех проекта. К этим факторам относятся нестабильность экономической и политической ситуации, действия конкурентов, не абсолютная надежность производства, ошибки

персонала и т.д. Затраты на проект учитывают все виды деятельности и используемые ресурсы в денежной оценке, они могут быть определены методом функционально-стоимостного анализа.

В зависимости от особенностей проекта и ситуации на предприятии возможны следующие основные задачи проектирования:

- 1) задача минимизации риска при ограничении на затраты;
- 2) задача минимизации затрат при ограничении на величину риска;
- 3) задача на удовлетворение ограничений по затратам и риску.

При оценке рисков рекомендуется:

- больше доверять конкретным фактам, а не абстрактным идеям;
- выражать факты в количественной форме, связанной с применением конкретных процедур измерения, а не с помощью слов и эмоций;
- осознавать, что наблюдения всегда ведутся над частью целого и поэтому результаты содержат ошибки и отклонения;
- только в результате многочисленных наблюдений можно выявить устойчивую тенденцию, представляющую собой надежную информацию.

Как риск проекта, так и затраты на проектирование зависят от числа рассматриваемых альтернативных вариантов на стадиях ЖЦ проекта. При этом основным способом снижения риска является увеличение числа вариантов, однако затраты в данном случае возрастают.

Поэтому для управления проектами необходимо использовать модели процесса проектирования, учитывающие число вариантов на каждом этапе ЖЦ.

Модели затрат и риска проекта рассмотрим при следующих предположениях:

- ЖЦ проекта включает предпроектную стадию и  $s$  стадий проектирования;
- число и состав рассматриваемых вариантов на  $i$ -й и  $j$ -й стадиях могут различаться, т.е.  $V_i \neq V_j$ ,  $i, j = \overline{1, s}$ ,  $i \neq j$ ;
- общие затраты на проект могут рассматриваться как сумма затрат на отдельных стадиях ЖЦ;
- риск проекта оценивается по формулам умножения вероятностей сложных событий.

Если на  $j$ -м этапе разрабатывается множество альтернативных вариантов  $V_j$ , то общие затраты на выполнение проекта  $z_{\Pi}$  равны

$$z_{\Pi} = z_0 + \sum_{j=1}^s \sum_{v_i \in V_j} z_j(v_i) + \sum_{j=0}^s z_j^3, \quad (4.1)$$

где  $z_0$  – затраты на выполнение предпроектной стадии;  $z_j(v_i)$  – затраты на выполнение работ по варианту  $v_i$  на  $j$ -й стадии;  $z_j^3$  – затраты на проведение сеанса экспертизы при завершении  $j$ -го этапа.

В случае, когда затраты на все варианты  $j$ -го этапа одинаковы, формула (4.1) принимает вид

$$z_{\Sigma} = z_0 + z_0^3 + \sum_{j=1}^s (\omega_j z_j + z_j^3), \quad (4.2)$$

где  $\omega_j$  – число вариантов, рассматриваемых на  $j$ -м этапе.

В общем составляющие затрат  $z_j^3$ ,  $j = \overline{1, s}$  зависят от числа вариантов  $\omega_j$ .

В предположении, что события, заключающиеся в успешном выполнении работ по вариантам и стадиям, являются независимыми, для определения риска проекта  $Q_{\Pi}$  может быть использована следующая формула

$$Q_{\Pi} = 1 - (1 - q_0) \prod_{j=1}^s \left( 1 - \prod_{i \in V_j} q_j(v_i) \right), \quad (4.3)$$

где  $q_0$  – риск для предпроектной стадии;  $q_j(v_i)$  – риск варианта  $v_i$  на  $j$ -й стадии.

Если риски на  $j$ -й стадии одинаковы для всех вариантов  $v_i \in V_j$ , то

$$Q_{\Pi} = 1 - (1 - q_0) \prod_{j=1}^s (1 - q_j^{\omega_j}). \quad (4.4)$$

Формулы (4.1), (4.3) составляют основу модели процесса проектирования, учитывающей различные варианты на этапах ЖЦ проекта. Из этих формул видно, что с увеличением числа рассматриваемых вариантов затраты  $z_{\Pi}$  увеличиваются пропорционально числу вариантов. Зависимость  $Q_{\Pi}$  от  $\omega_j$  более сложная, с ростом числа вариантов риск проекта уменьшается по зависимости, близкой к гиперболической.

В целом процесс проектирования можно описать функциональной моделью в формате IDEF0, дополненной узлами принятия решений.

Основу функциональной модели описания процессов на различных стадиях проектирования с использованием принципа динамической вариативности (ДВ) составляют узлы из двух блоков – блока действия (Д) и блока принятия решения (ПР) или сеанса экспертизы, а также входы (I), выходы (O), управления (C), механизмы или ресурсы (M), критерий и метод (Q), эксперты (S) и результаты решения (R). Схема одного узла модели приведена на рис. 4.1.

#### 4.2. МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОЙ АЛЬТЕРНАТИВНОСТИ

Основная идея принципа динамической вариантности (альтернативности) заключается в следующем. На первом этапе проектирования формируется множество (группа) альтернативных вариантов, которые начинают разрабатываться параллельно. После каждого этапа производится сеанс экспертизы и принимается решение о приоритетности вариантов и составе группы.

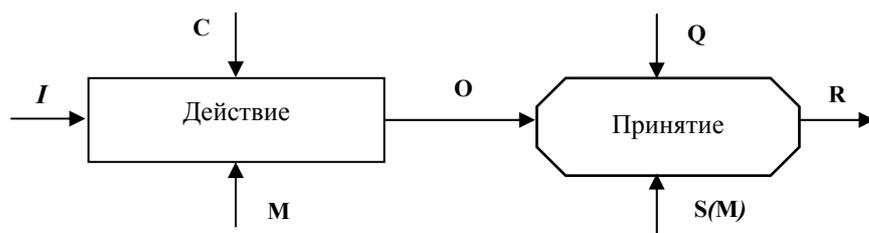


Рис. 4.1 Схема узла модели принятия решения

##### **Принцип динамической вариантности (ДВ) базируется на следующих предпосылках:**

- 1) на каждой фазе выполнения проекта рассматривается несколько альтернативных вариантов;
- 2) состав группы альтернативных вариантов после завершения очередной фазы может изменяться;
- 3) в качестве основного критерия при сравнении вариантов рассматривается вероятность достижения успеха (получения желаемого результата);
- 4) для каждой фазы ЖЦ характерны свои признаки генерации вариантов, например, способы действия объекта, техническое исполнение, учет возможных состояний функционирования и т.д.;
- 5) исключение "неперспективных" вариантов производится условно, в случае необходимости к ним можно возвращаться и продолжить их разработку;
- 6) исходные данные задачи проектирования по мере поступления новой информации в ходе жизненного цикла проекта корректируются, и часть расчетов пересматривается (по принципу обратной связи).

При проведении сеансов экспертизы необходимо учитывать, что наблюдения ведутся лишь над частью целого, поэтому результаты содержат ошибки и отклонения; следует больше доверять конкретным фактам, а не абстрактным идеям; стремиться выражать факты в количественной форме, связанной с применением конкретных процедур измерения, а не с помощью слов и эмоций; устойчивые тенденции можно выявить только в результате многочисленных наблюдений, опирающихся на надежную информацию.

Данные предпосылки соответствуют многим рекомендациям для выполнения ответственных проектов, например: "все подвергай сомнению", "опора на факты", "оптимальное решение на каждом шаге не гарантирует общего оптимального результата", "рассматриваемое число вариантов ограничено возможностями (ресурсами) предприятия", "окончательный результат в ходе проектирования неизвестен".

Повышение вероятности успеха проектирования при использовании принципа ДВ достигается за счет следующих факторов:

- непосредственное рассмотрение нескольких вариантов;
- возможность изменения состава группы альтернативных вариантов по результатам выполнения отдельных этапов;
- анализ вариантов и принятие решения после каждого этапа;
- использование информации, поступающей в ходе проектирования, например, о характеристиках проектируемого продукта у возможных конкурентах;
- пересмотр ранее принятых решений на основе новой информации, существенной для проекта;
- применение нескольких критериев при сопоставлении вариантов.

Рассматриваемый метод учитывает два аспекта динамики выполнения проекта. Во-первых, на каждой стадии может изменяться число и состав альтернативных вариантов. Во-вторых, на протяжении времени проектирования (оно может составлять несколько месяцев и даже лет) могут изменяться различного рода параметры, относящиеся к постановке задачи и формулировке целей в связи с поступлением информации из внешней среды, например, о значениях ключевых компонентов объекта проектирования, их важность и т.д.

Применение метода ДВ рассмотрим на следующем примере.

Объектом проектирования является система управления прецизионной шестисекционной печью, используемой в производстве позисторов. Мотивацией проекта является большое энергопотребление, высокий процент брака и относительно низкая надежность нагревательных элементов печи (графитовых стержней).

Основными стадиями проектирования системы управления являются: маркетинговые (предпроектные) исследования, формирование концепции, идентификация модели объекта (научно-исследовательская работа (НИР)), эскизный проект (разработка алгоритмического обеспечения) и техническое проектирование (выбор аппаратных средств и программирование).

Модифицированная функциональная модель этих работ приведена на рис. 4.2. Рассмотрим подробно каждый этап проектирования, т.е. действия  $D_j$  и принятия решений  $PP_j$ ,  $j = \overline{0, 4}$ .

$D_0$  – выполнение предпроектной стадии. На основе имеющейся информации  $J_0$  разрабатывается ориентир проектирования системы управления в виде массива ключевых компонентов проекта (ККП):

$$K_{оп} = (k_э^{оп}, k_{бр}^{оп}, k_{нд}^{оп}, k_{ок}^{оп}),$$

где  $k_э^{оп}$ ,  $k_{бр}^{оп}$ ,  $k_{нд}^{оп}$ ,  $k_{ок}^{оп}$  – коэффициенты, учитывающие соответственно снижение затрат энергии и брака (%), повышение надежности (%) и окупаемость системы управления (лет).

Управлениями  $C_{01}$ ,  $C_{02}$  при разработке ККП являются технико-экономическая документация печи и методика разработки ККП, а основными ресурсами  $M_{01}$  – персонал службы маркетинга и  $M_{02}$  – Internet.

Учитывая неопределенность на рынке сбыта продукции возможны две ситуации функционирования печи:  $h_1$  – нормальное функционирование, т.е. печь загружена более 50 % календарного времени;  $h_2$  – низкая загруженность печи (< 30 %). Эти условия характеризуются следующими значениями:

$$h_1: p(h_1) = 0,6, \quad K_{оп}(h_1) = (4; 6; 5; 2);$$

$$h_2: p(h_2) = 0,4, \quad K_{оп}(h_2) = (5; 8; 5; 2,5).$$

Таким образом, выход блока  $D_0$  содержит значения  $K_{оп}(h_i)$ ,  $p(h_i)$ ,  $i = 1, 2$ .

**PP<sub>0</sub>**. Для принятия решения на продолжение работ требуется оценить вероятность  $P_0$  успешного выполнения проекта. С этой целью определяются вероятность  $P_{оп}$  правильности выбора ОП, весовые коэффициенты компонентов  $(c_1, c_2, c_3, c_4)$  и доли  $d_k(h)$  массивов  $K_{оп}(h)$ , которые имеют достаточные основания для улучшения.

Эти значения определяются как средние на основе высказываний экспертов ( $S_{01}$ ) и обработки результатов с использованием АРМ проектировщика ( $S_{02}$ ) в соответствии с методикой проведения экспертизы  $Q_0$ . В нашем случае

$$P_{оп} = 0,95; \quad c_1 = 0,35; \quad c_2 = c_4 = 0,3; \quad c_3 = 0,05;$$

$$d_k(h_1) = c_1 + c_2 + c_4 = 0,95; \quad d_k(h_2) = c_1 + c_4 = 0,65;$$

$$\bar{d}_k = d_k(h_1)p(h_1) + d_k(h_2)p(h_2) = 0,83,$$

$$P_0 = \bar{d}_k P_{оп} \approx 0,79.$$

При расчете  $d_k(h_1)$  предполагалось, что имеются предпосылки для достижения значений  $k_э^{оп}$ ,  $k_{бр}^{оп}$ ,  $k_{ок}^{оп}$ , а при расчете  $d_k(h_2) - k_э^{оп}$ ,  $k_{ок}^{оп}$ .

Полученная вероятность  $P_0 = 0,79$  (результат  $R_0$ ), достаточно высока и работы следует продолжить, риск примерно составляет 21 %.

$D_1$ . Разработка концепции и формирование множества альтернативных вариантов системы управления. В результате обследования печи и существующей системы управления в виде шести систем автоматического регулирования (САР) температуры в секциях разработана структура дерева, формирующего варианты  $v_i$  новой системы управления (рис. 4.3).

Здесь ветвь, образующая подмножество вариантов с символом  $A$ , т.е.  $v_1 = \overset{\Delta}{AMIPPK}$ ,  $v_2 = \overset{\Delta}{AMIPK}$  и т.д., предусматривает разработку устройств энергосберегающего управления динамическими режимами нагрева и остывания печи, а также определения оптимальных режимов, обеспечивающих повышение качества продукции при сохранении существующих САР. Таким образом, варианты ветви  $A$  относятся к категории "мягкого" реинжиниринга.

Варианты ветви  $B$  предусматривают создание новой системы оптимального управления для режимов нагрева (остывания) и стабилизации температуры. Это варианты "жесткого" реинжиниринга. Таким образом, множество  $V_1$  содержит 16 вариантов, различающихся, кроме вида реинжиниринга (А и В), моделями динамики ( $M1$  – модели в форме одного дифференциального уравнения,  $M2$  – модели в форме дифференциальных уравнений с разрывной правой частью), стратегиями реализации оптимального управления (ПП – программная, Пз – позиционная, т.е. с обратной связью по фазовым координатам) и аппаратными средствами (ПК – используется компьютер, К – контроллер).

В общем случае на каждом уровне иерархии (дерева) может рассматриваться большее число элементов, например, модели  $M1$  различаются порядком дифференциального уравнения и т.д.

Для блока  $D_1$  (рис. 4.2) управлениями являются:  $R_0$  и  $C_1$  – техническая документация; входами – информация  $J_1$  о моделях, стратегиях и аппаратных средствах; основным механизмом  $M1$  – персонал службы автоматизации; выходом  $O_1$  – множество вариантов  $V_1$  и значения массивов ККП в форме "тройственных" оценок – нижняя граница ( $K^H$ ), наиболее вероятное значение ( $\tilde{K}$ ) и верхняя граница ( $K^B$ ). Эти оценки имеют обобщенный характер для двух групп вариантов  $V_A$  с мягким реинжинирингом и  $V_B$  – с жестким и обозначаются соответственно

$$K_A = (K_A^H, \tilde{K}_A, K_A^B), K_B = (K_B^H, \tilde{K}_B, K_B^B).$$

**ПР<sub>1</sub>**. Эксперты должны согласиться или скорректировать "тройственные" оценки ( $k_{ин}^v, \tilde{k}_i^v, k_{ив}^v$ ),  $v \notin \{V_A \cup V_B\}$  вариантов. В случае поступления дополнительной информации во время выполнения 1-го этапа работ могут быть изменены вероятности  $p(h)$ ,  $h \in \{h_1, h_2\}$ , значения  $K_{оп}(h)$ , а также введены новые ситуации.

Возможные исходы принятия решения на данном этапе:

– группы вариантов  $V_A$  и  $V_B$  остаются для последующего рассмотрения, если

$$\tilde{K}_A \sim \bar{K}_{оп}, \tilde{K}_B \sim \bar{K}_{оп}, \tilde{K}_A \sim \tilde{K}_B; \quad (4.5)$$

– остается только множество вариантов  $V_A$ , если

$$\tilde{K}_A \sim \bar{K}_{оп}, \tilde{K}_B < \bar{K}_{оп}(h_1), \tilde{K}_B < \bar{K}_{оп}(h_2), \tilde{K}_A > \tilde{K}_B; \quad (4.6)$$

– остается только множество вариантов  $V_B$ , если

$$\tilde{K}_B \sim \bar{K}_{оп}, \tilde{K}_A < \bar{K}_{оп}(h_1), \tilde{K}_A < \bar{K}_{оп}(h_2), \tilde{K}_A < \tilde{K}_B; \quad (4.7)$$

– группа вариантов  $V_A$  и  $V_B$  отклоняются для создания новых вариантов, если

$$\exists i \in \{\text{э, бр, нд, ок}\}: \left\{ (k_i^{оп}(h_1) \cup k_i^{оп}(h_2)) \in [k_{ин}^v, k_{ив}^v] \vee \left\{ (k_i^{оп}(h_1) \cup k_i^{оп}(h_2)) \in [k_{ин}^v, k_{ив}^v] \right\} \right\}; \quad (4.8)$$

– работы по проекту прекращаются как неперспективные, если

$$\left\{ (k_i^{оп}(h_1) \cup k_i^{оп}(h_2)) \notin [k_{ин}^A, k_{ив}^A] \right\} \wedge \left\{ (k_i^{оп}(h_1) \cup k_i^{оп}(h_2)) \notin [k_{ин}^B, k_{ив}^B] \right\}, \quad \forall i \in \{\text{э, бр, нд, ок}\}; \quad (4.9)$$

где  $k_{ин}^v (k_{ив}^v)$  – минимальное (максимальное) значение  $i$ -го компонента  $K_A^H (K_A^B)$  или  $K_B^H (K_B^B)$ ; знак  $\notin$  в (4.9) следует понимать в том смысле, что все значения интервала  $[k_{ин}^v, k_{ив}^v]$ ,  $v \in \{V_A \cup V_B\}$  "хуже" любого  $k_i^{оп}(h)$ ,  $h \in \{h_1, h_2\}$ .

На основе значений ( $K_{оп}^v, \tilde{K}_v, K_v^B$ ),  $v \in \{V_A, V_B\}$ ,  $K_{оп}(h)$ ,  $h \in \{h_1, h_2\}$  и соотношений (4.5) – (4.9) эксперты назначают тройственные оценки риска ( $q_{н}^v, \tilde{q}^v, q_{в}^v$ ) для реализации вариантов  $V_A$  и  $V_B$ . Эти риски используются для подсчета общих рисков по формулам:

$$\tilde{Q}_1^v = [1 - (1 - Q_{оп}) (1 - \tilde{q}^v)] \cdot 100\%; Q_{оп} = 1 - P_{оп}; \quad Q_{1,j}^v = [1 - (1 - Q_{оп}) (1 - q_j^v)] \cdot 100\%, j \in [н, в], v \in \{V_A, V_B\}. \quad (4.10)$$

Используя полученные значения  $Q_1^A, Q_{1,н}^A, Q_{1,в}^A, \tilde{Q}_1^B, Q_{1,н}^B, Q_{1,в}^B$ , принимается решение по результатам выполненных работ на этапе формирования концепции.

Пусть выполняется условие (4.5) и ( $q_{н}^A = 0,02, \tilde{q}^A = 0,03, q_{в}^A = 0,05$ ), ( $q_{н}^B = 0,04, \tilde{q}^B = 0,05, q_{в}^B = 0,07$ ), тогда в соответствии с формулами (4.10)

$$\tilde{Q}_1^A = 1 - 0,95 \cdot 0,97 = 0,0785 (7,85\%), Q_{1,н}^A = 6,9\%, Q_{1,в}^A = 9,75\%, \quad \tilde{Q}_1^B = 9,75\%, Q_{1,н}^B = 8,8\%, Q_{1,в}^B = 11,65\%.$$

На основе рассмотрения рисков и учитывая, что стоимость работ следующего этапа незначительно зависит от числа рассматриваемых вариантов, лицо, принимающее решение (ЛПР), считает целесообразным продолжить исследования с  $V_1 = V_A \cup V_B$ .

Таким образом, для сеанса экспертизы ПР<sub>1</sub> входами являлись – множество вариантов  $V_1$  и информация  $K_A, K_B$ , управлением  $Q_1$  – методика принятия решений, ресурсами – персонал ( $S_{11}$ ) и АРМ проектировщика ( $S_{12}$ ), выходом  $R_1$  – решение о множестве вариантов  $V_1$ .

**D<sub>2</sub>** – выполнение НИР с целью идентификации модели динамики, выявления связей между входными и выходными переменными, определения оптимальных режимов.

На основе спланированных, проведенных и обработанных экспериментов данных получены два вида модели динамики  $M_1, M_2$ . Модель  $M_1$  в форме одного дифференциального уравнения 3-го порядка, модель  $M_2$  – многостадийная, отдельные стадии описываются различными дифференциальными уравнениями 2-го порядка. Точность модели  $M_2$

несколько выше. С учетом  $M_1$  и  $M_2$  множество  $V_2$  представляет собой объединение четырех альтернативных подмножеств:

$$V_2 = V_{AM1} \cup V_{AM2} \cup V_{BM1} \cup V_{BM2}.$$

Кроме того, выделены факторы, которые существенно влияют на показатель  $k_{\text{ср}}$ , вместе с тем не обнаружено факторов, имеющих тесную связь с компонентой  $k_{\text{нд}}$ . На основе этого пересматриваются значения  $K_{\text{оп}}(h_1)$ ,  $K_{\text{оп}}(h_2)$ , компонента  $k_{\text{нд}}$  из массива ККП исключается. Новые значения  $K_{\text{оп}}(h)$ ,  $h \in \{h_1, h_2\}$  равны

$$h_1 : p(h_1) = 0,6, K_{\text{оп}}(h_1) = (5; 8; 2),$$

$$h_2 : p(h_2) = 0,4, K_{\text{оп}}(h_2) = (6; 10; 2,5).$$

Соответственно изменяется состав и значения компонентов массивов  $\tilde{K}_v, K_{v,n}, K_{v,b}$ ,  $v \in V_2$ .

Спецификация входов ( $I_2$ ), управлений ( $C_2$ ), механизмов ( $M_2$ ) и выходов ( $O_2$ ) для блока  $D_2$  содержит описание:

- входы – множество вариантов  $V_1$  и информация  $J_2$ ;
- управление  $C_2$  – методика идентификация модели;
- механизмы  $M_{21}$  – оборудование и приборы для проведения экспериментов,  $M_{22}$  – программный модуль идентификации моделей динамики,  $M_{23}$  – персонал;
- выход  $O_{21}$  – модели динамики,  $O_{22}$  – множество вариантов  $V_2$ .

**ПР<sub>2</sub>**. Основными задачами принятия решения на данном этапе является сравнительный анализ подмножеств вариантов  $V_{AM1}, V_{AM2}, V_{BM1}, V_{BM2}$  и оценка для них значений риска.

Используя значения  $(K_{v,n}, \tilde{K}_v, K_{v,b})$ ,  $v \in V_2$  и  $K_{\text{оп}}(h)$ ,  $h \in \{h_1, h_2\}$  методом Парето-оптимизации эксперты формируют множество  $V_2^n = \{V_{AM2} \cup V_{BM1} \cup V_{BM2}\}$  и по аналогии с ПР<sub>1</sub> (см. (4.10)) определяются риски  $\tilde{Q}_2^v, \tilde{Q}_{2,j}^v$ ,  $j \in \{n, b\}$ ,  $v \in V_2^n$ , которые для этих вариантов получились приемлемыми.

Таким образом, по результатам сеанса экспертизы ПР<sub>2</sub> число рассматриваемых на следующих этапах вариантов сокращается с 16 до 12. Спецификация входов,  $Q_2, S_2$  и  $R_2$  для ПР<sub>2</sub> содержит

- входы – модели динамики  $M1, M2$  и множество вариантов  $V_2^n$ ;
- управление  $Q_2$  – методики Парето-оптимизации и расчета рисков;
- ресурсы  $S_2$  – персонал группы экспертов и программное обеспечение модуля принятия решений;
- выход  $R_2$  – подмножества вариантов  $V_{AM2}, V_{BM1}, V_{BM2}$ .

**Д<sub>3</sub>**. На этапе эскизного проектирования выполняются анализ оптимального управления (ОУ) с целью определения возможных видов функций ОУ и стратегий реализации управления, а также оценки величины эффекта энергосбережения.

Возможные значения эффекта энергосбережения для вариантов  $v \in V_2^n = V_{AM2} \cup V_{BM1} \cup V_{BM2}$  оцениваются с использованием программных модулей экспертной системы "Энергосберегающее управление динамическими объектами". Исследования производятся с учетом возможных изменений напряжения сети и различных видов продукции.

Спецификация компонентов  $I_3, C_3, M_3, O_3$  для  $D_3$  содержит:

- входы – варианты системы  $V_2^n$  и информация  $J_3$ ;
- управление  $C_3$  – методика анализа энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования;
- механизмы  $M_{31}$  – АРМ проектировщика с экспертной системой,  $M_{32}$  – персонал;
- выход  $O_{31}$  – алгоритмы управления, использующие программную стратегию (ПР), и алгоритмы с позиционной стратегией (Пз).

**ПР<sub>3</sub>**. Для принятия решения при завершении эскизного проекта заполнялась матрица эффективностей по основному компоненту, т.е. проценту экономии энергозатрат  $k_3$ . В табл. 4.1. занесены средние значения  $k_3$  для трех состояний функционирования:  $H_1$  – выпускается одна номенклатура продукции при стабильном напряжении сети;  $H_2$  – одна номенклатура продукции и возможны колебания (отключения) сети;  $H_3$  – выпускается продукция разных видов, что требует изменения заданий на температурный режим. Учитывая, что следующий этап технического проектирования требует значительных трудозатрат, необходимо существенно сократить число вариантов системы.

Данные табл. 4.1. обрабатываются разными методами – равной вероятности (критерий  $q_{\text{рв}}$ ), Гурвица ( $q_{\text{Г}}$ ), Шаньявского ( $q_{\text{ш}}$ ) и Максимиана ( $q_{\text{мм}}$ ). Рассчитанные значения критериев (при весовом коэффициенте  $c = 0,5$  для  $q_{\text{Г}}$  и  $q_{\text{ш}}$ ) приведены в правой части табл. 4.1.

В соответствии с используемыми критериями наиболее предпочтительными следует считать варианты  $v \in \{V_{BM2, ПР} \cup V_{BM2, ПЗ}\}$ . Таким образом, число вариантов сокращается до четырех (см. рис. 4.3).

Спецификация входов,  $Q_3, S_3, R_3$  для ПР<sub>3</sub> содержит:

- входы – алгоритмы управления для вариантов  $V_3 = V_2^n$ ;
- управление  $Q_3$  – методика принятия решений в условиях неопределенности;

Таблица 4.1

ВАРИАНТЫ	Состояния функционирования			q <sub>рв</sub>	q <sub>г</sub>	q <sub>ш</sub>	q <sub>мм</sub>
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>				
$V_{AM2, ПР} \cup V_{AM2, ПЗ}$	6	5	7	6	6	5,5	5
$V_{BM1, ПР} \cup V_{BM1, ПЗ}$	7	8	12	9	9,5	8	7
$V_{BM2, ПР} \cup V_{BM2, ПЗ}$	9	11	10	10	10	9,5	9

- ресурсы  $S_3$  совпадают с  $S_2$ ;
- выход  $R_3$  – подмножество вариантов  $V_3^* = V_{BM2, ПР} \cup V_{BM2, ПЗ}$ .

Матрице эффективностей (табл. 4.1) соответствует следующая матрица упущенных возможностей для определения критерия Сэвиджа (табл. 4.2)

Таблица 4.2

Варианты	Состояния функционирования			r <sub>i max</sub>	q <sub>c</sub>
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>		
$V_{AM2, ПР} \cup V_{AM2, ПЗ}$	3	6	5	6	4
$V_{BM1, ПР} \cup V_{BM1, ПЗ}$	2	3	0	3	2,5
$V_{BM2, ПР} \cup V_{BM2, ПЗ}$	0	0	2	2	1

В соответствии с используемыми критериями наиболее предпочтительными следует считать варианты  $v \in \{V_{AM2, ПР} \cup V_{AM2, ПЗ}\}$ .

**Д<sub>4</sub>.** В результате выполнения этапа технического проектирования должен быть разработан вариант системы управления, пригодной для окончательной реализации. Используя возможности экспертной системы и SCADA-системы Трейс–Моуд, разрабатывается полное алгоритмическое и программное обеспечение для вариантов СОУ  $v_{13} - v_{16}$  (рис. 4.4). Варианты  $v_{13}, v_{15}$ , использующие компьютер, обладают большими функциональными возможностями, чем варианты  $v_{14}, v_{16}$  (на контроллерах). Вместе с тем, последние варианты дешевле, для них меньше срок окупаемости. Варианты  $v_{15}, v_{16}$  имеют несколько выше точность соблюдения технологического регламента.

Спецификация компонентов Д<sub>4</sub>:

- выход – варианты  $V_3^*$  и информация  $J_4$ ;
- управление  $S_4$  – методики проектирования алгоритмического и программного обеспечения;
- механизмы  $M_{41}$  – АРМ проектировщика с экспертной системой и SCADA-системой;  $M_{42}$  – персонал;
- выход  $O_4$  – документация на варианты  $v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}$ .

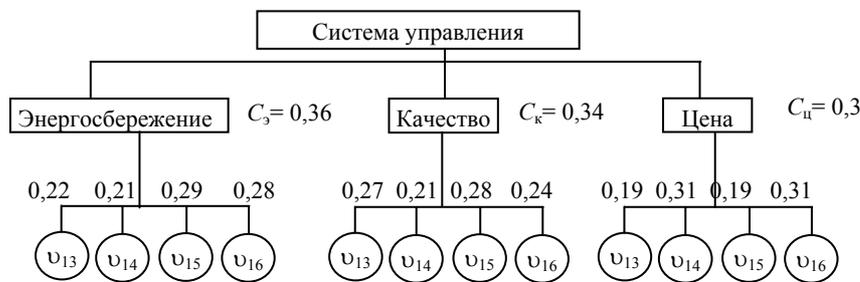


Рис. 4.4. Структура иерархии

**ПР4.** Задачей сеанса экспертизы является выбор из четырех вариантов одного для практического внедрения. Для принятия решения использован метод иерархического анализа, в качестве критериев учитываются энергосбережение ( $k_3$ ), снижение доли брака ( $k_{бр}$ ) и затраты ( $k_{ок}$ ). Структура иерархии и результаты промежуточных расчетов для этого случая приведены на рис. 4.4. Расчет рейтингов вариантов показывает:  $R(v_{13}) = 0,228$ ,  $R(v_{14}) = 0,24$ ,  $R(v_{15}) = 0,2566$ ,  $R(v_{16}) = 0,2754$ .

Таким образом, в качестве оптимального варианта выбирается вариант  $v_{16}$ , в котором используются модель  $M_2$ , позиционная стратегия (Пз) и техническое средство – контроллер.

Спецификация компонентов ПР4: выход – документация на варианты  $v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}$ ; управление  $Q_4$  – методика принятия решений в условиях

определенности; ресурсы  $S_4$  – совпадает с  $S_2$ ; выход  $R_4$  – документация на вариант  $v_{16}$ .

Таким образом, рассмотренный пример показывает, что использование принципа динамической вариантности расширяет возможности управления высокотехнологичными проектами за счет перераспределения состава альтернатив на стадиях жизненного цикла, более полного использования поступающей информации и эволюции методов принятия решений по мере уменьшения неопределенности при проектировании.

### 4.3. МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

#### 4.3.1. Принятие решений с использованием байесовского подхода и экспертных оценок

Применение современных пакетов, систем и технологий, например, ERP, e-CRM, SCM, XML<sup>1</sup> и других, не снимает полностью неопределенность для лица, принимающего окончательное решение, от которого может зависеть успех фирмы или проекта. Для снижения вероятности ошибок при оперативном решении ответственных задач предлагается итерационный алгоритм, представляющий собой комбинацию метода экспертных оценок и байесовского подхода [1, 2].

Пусть требуется из множества  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  вариантов решений, показатели эффективности которых примерно одинаковы, выбрать наиболее целесообразный  $v^*$  для реализации.

Обработка результатов работы "узкой" группы экспертов показала, что их мнения не могут быть признаны согласованными (коэффициент конкордации низок) и среди рассматриваемых вариантов нет выделяющегося "лидера".

Идея алгоритма заключается в последовательном привлечении дополнительных экспертов и подсчета для каждого проекта  $v \in V$  средней апостериорной вероятности того, что этот проект является оптимальным. Работа продолжается до тех пор, пока средняя апостериорная вероятность одного из проектов  $v_a$  множества  $V$  не будет существенно выше, чем для альтернативных проектов. При соблюдении некоторых условий на возможные исходы последующих экспертиз данный проект  $v_a$  считается оптимальным.

Результат работы каждого дополнительно привлекаемого эксперта рассматривается как исход проведенного опыта, и расчет апостериорной вероятности производится по формуле Байеса, т.е.

$$P(H_i / A_{(j)}) = \frac{P(A_{(j)} / H_i)P(H_i)}{\sum_{i=1}^n P(A_{(j)} / H_i)P(H_i)}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (4.11)$$

<sup>1</sup> ERP – Enterprise Resource Planning (планирование ресурсов предприятий), e-CRM – electronic Customer Relationship Management (электронное управление взаимоотношениями с клиентами), SCM – Supply Chain Management (управление цепочками поставок), XML – eXtensible Markup Language (технология для бизнес-приложений).

где  $H_i$  – предположение (гипотеза) о том, что вариант  $v_i$  является оптимальным;  $A_{(j)}$  – результат экспертизы (событие) об оптимальности варианта  $v_j$ ;  $n$  – число рассматриваемых вариантов (мощность множества  $V$ );  $P(H_i), P(H_i / A_{(j)})$  – априорная и апостериорная вероятности гипотезы  $H_i$ , соответственно;  $P(A_{(j)} / H_i)$  – вероятность события  $A_{(j)}$ , если имеет место гипотеза  $H_i$  (правдоподобие).

Будем полагать, что событие  $A_{(j)}$  произошло, если вариант  $v_j$  очередной эксперт расположил на 1-е место при  $n = 2 \dots 3$ , и на 1-е или 2-е место при  $n > 3$ .

Если произошло событие  $\bar{A}_{(j)}$ , то апостериорная вероятность  $P(H_i / \bar{A}_{(j)})$  рассчитывается по формуле, аналогичной (4.11), т.е.

$$P(H_i / \bar{A}_{(j)}) = \frac{P(\bar{A}_{(j)} / H_i)P(H_i)}{\sum_{i=1}^n P(\bar{A}_{(j)} / H_i)P(H_i)}, \quad (4.12)$$

где  $P(H_i / \bar{A}_{(j)})$  – апостериорная вероятность гипотезы  $H_i$  при событии  $\bar{A}_{(j)}$ .

По результатам работы очередного  $k$ -го эксперта рассчитываются усредненные апостериорные вероятности по формуле

$$\bar{P}_k(H_i / \mathbf{A}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P(H_i^k / \tilde{A}_{(j)}), \quad i, j = \overline{1, n} \quad (4.13)$$

$$\mathbf{A} = \{\tilde{A}_{(j)}, j = \overline{1, n}\},$$

где  $\tilde{A}_{(j)}$  – событие, связанное с проверкой гипотезы  $H_j^k$ , т.е. того, что  $k$ -й эксперт вариант  $v_j$  поставит на первые места, для части слагаемых суммы имеет место  $A_{(j)}$ , для другой –  $\bar{A}_{(j)}$ .

Вероятности  $P(H_i), P(H_i / A_{(j)}), P(H_i / \bar{A}_{(j)}), \bar{P}_k(H_i / \mathbf{A})$  естественно удовлетворяют условию полноты группы событий, т.е.

$$\sum_{i=1}^n P(H_i) = 1, \sum_{i=1}^n P(H_i / A_{(j)}) = 1, \sum_{i=1}^n P(H_i / \bar{A}_{(j)}) = 1, \sum_{i=1}^n \bar{P}_k(H_i / \mathbf{A}) = 1$$

и  $P(A_{(j)} / H_i) + P(\bar{A}_{(j)} / H_i) = 1, i, j = \overline{1, n}$ .

В качестве оптимального варианта  $v^*$  после  $k$ -й экспертизы берется тот, для которого вероятность, рассчитанная по формуле (4.13), максимальна и выполняется условие, что некоторое наперед заданное число  $m$  последующих экспертиз не изменяет соотношения

$$\bar{P}_{k+m}(H(v^*) / \mathbf{A}) = \max_{v_i \in V} \{\bar{P}_{k+m}(H(v_i) / \mathbf{A})\}, \quad (4.14)$$

где  $H(v^*)$  – гипотеза об оптимальности варианта  $v^*$ ,  $H(v_i) = H_i$ .

При использовании байесовского подхода для решения подобных задач важную роль играет формализация правила "остановки" в процессе проведения экспертиз. С одной стороны, своевременное прекращение итераций экономит средства, затрачиваемые на проведение экспертиз. С другой стороны, необходима уверенность, что дальнейшее привлечение экспертов не приведет к кардинальному изменению усредненной апостериорной вероятности и принятию другого варианта для реализации.

Наиболее естественно решение об "остановке" принимать по двум показателям: числе  $m$  дополнительных экспертов, высказывания которых могут изменить выбор оптимального варианта, и вероятности  $P_m$  того, что результаты высказываний этих экспертов приведут к изменению варианта, т.е. гипотезы, для которой усредненная апостериорная вероятность максимальна.

Определение показателей  $m$  и  $P_m$  произведем при следующих допущениях:

- 1) в множестве  $V$  можно выделить два лидирующих варианта  $v_a$  и  $v_b$ ;
- 2) проведена обработка мнений  $k$  экспертов, при этом варианту  $v_a$  отдавалось предпочтение (исход  $A$ )  $k_a$  раз ( $k_a \leq k$ ) и варианту  $v_b$  (исход  $B$ ) –  $k_b$  раз ( $k_b < k_a$ ), т.е. по результатам  $k$  итераций вариант  $k_a$  считается предпочтительным (вероятность  $\bar{P}_k(H(v_a) / \mathbf{A})$  – максимальна);
- 3) в качестве вероятностей исходов  $A$  и  $B$  принимаются оценки

$$P_a = \frac{k_a}{k}; P_b = \frac{k_b}{k}, \quad (4.15)$$

причем вероятность  $P_a > 0,5$ ;

- 4) исходы  $A$  и  $B$  при последующих высказываниях экспертов являются независимыми и совместимыми;
- 5) очередность исходов в  $m$  экспертизах не влияет на конечный результат.

При данных допущениях имеет место следующая лемма.

Лемма 1. Если

$$\bar{P}_k(H(v_a)/A) > \bar{P}_k(H(v_b)/A) \text{ и } k_a > k_b,$$

то соотношение

$$\bar{P}_{k+m}(H(v_a)/A) > \bar{P}_{k+m}(H(v_b)/A) \quad (4.16)$$

становится возможным при

$$m \geq (k_a - k_b) + 1. \quad (4.17)$$

Доказательство леммы непосредственно следует из формулы Байеса (4.11) и принятых допущений.

Для определения вероятности  $P_m(b)$ , характеризующей возможность неравенства (4.16), используем комбинацию моделей Бернулли для повторяющихся испытаний.

Лемма 2. Если имеет место  $\bar{P}_k(H(v_a)/A) > \bar{P}_k(H(v_b)/A)$ ,  $k_a > k_b$ , и  $m \geq 2$  (4.7), то вероятность выполнения неравенства (4.6) при минимальном значении  $m$  определяется формулой

$$P_m(b) = (1 - P_a)^m P_b^m. \quad (4.18)$$

Равенство (4.18) означает, что все  $m$  привлекаемых дополнительно экспертов выскажутся отрицательно относительно варианта  $v_a$  (исходы  $\bar{A}$ ) и положительно относительно  $v_b$  (исходы  $B$ ). Формула (4.18) непосредственно следует из распределения вероятностей возможных сложных событий при  $m$  испытаниях, в которых события  $A$  и  $B$  могут принимать по два исхода с разными вероятностями. Такое распределение при использовании моделей Бернулли для событий  $A$  и  $B$  имеет следующий вид:

$$P_m(b) = \left( \sum_{v=0}^m C_m^v P_a^v (1 - P_a)^{m-v} \right) \times \left( \sum_{v=0}^m C_m^v P_b^v (1 - P_b)^v \right), \quad (4.19)$$

где  $C_m^v = \frac{m!}{v!(m-v)!}$ ,  $C_m^m = 1$ ,  $C_m^0 = 1$ .

Следует заметить, что вероятности  $P_a$ ,  $P_b$  (см. (4.15)) необходимо корректировать после каждой итерации.

### 4.3.2. Метод Шортлифа-Бьюкенена

Использование формулы Байеса требует знаний априорных и условных вероятностей, для оценки которых необходимы статистические данные. При этом встречаются следующие трудности: большая трудоемкость получения представительной выборки, особенно в случае многомерных распределений; необходимость принятия решений в условиях редко повторяющихся ситуаций, наблюдение за которыми требует длительного времени; изменение характера распределений и взаимосвязи между данными и ситуациями со временем, особенно для экономических показателей развивающихся предприятий и др. Стендфордская теория фактора уверенности или модель (метод) Шортлифа и Бьюкенена (МШБ) позволяет делать оперативные выводы на основе неполных знаний. Для этого вместо сбора представительной выборки собираются и обрабатываются мнения экспертов и ЛПР, которые затем интерпретируются в вероятностном смысле.

Преимущество МШБ по сравнению с системой условных вероятностей, применяемых при байесовском подходе, заключается в следующем [6]:

- возможно использование фундаментальных знаний и теоретических закономерностей;
- возможно применение опытного знания для рассмотрения малых групп экономических объектов, имеющих разные классы проблемных ситуаций, для которых нет достаточного статистического материала;
- легкость модификации алгоритма решения, так как продукционные правила не связаны эксплицитно одно с другим и нет необходимости строить заранее структурированное дерево решений;
- изменение правил и добавление новых не требует анализа сложных взаимосвязей с другими частями системы исходных данных и промежуточных результатов;
- облегчается поиск потенциальных конфликтов и несовместимостей в базе знаний;
- используются простые механизмы объяснений вычислительного процесса;
- можно информировать пользователей только о той части процесса решения, которая ему необходима.

Важную роль в МШБ играют понятия меры уверенности и меры неуверенности.

• Мера (measure) уверенности или доверия (believe)  $MB$  в соответствии с равенством  $MB[h, x] = \alpha$  означает, что степень или мера уверенности в некоторой гипотезе  $h$ , основанная на свидетельстве  $x$ , есть  $\alpha$ . Гипотеза  $h$  может заключаться в предпочтительности одного из альтернативных вариантов  $v$  проектного решения.

$MB$  рассматривается не как формальная оценка, которую эксперт (или ЛПР) добавляет к заключениям типа "вероятно, это так", "почти наверняка, это так" и т.п.

• Мера неуверенности или недоверия (distrust)  $MD$  или  $MD[h, x] = \beta$  означает, что степень или мера неуверенности в  $h$ , основанная на свидетельстве  $x$ , есть  $\beta$ .

Стендфордская теория фактора уверенности основывается на следующих предположениях. Во-первых, в методах, использующих классические положения теории вероятности, при оценке экспертом истинности некоторого отношения

(например, значением 0,8) не учитывается, что отношение может быть и ложным. Здесь правило равенства единице суммы вероятностей отношения и его отрицания не распространяется на все ситуации.

Во-вторых, во многих случаях при абдуктивном выводе "знание самих правил немного важнее, чем знание алгебры для вычисления их достоверности".

Абдукция является необоснованным правилом вывода, означающим, что заключение необязательно истинно для каждой интерпретации, при которой истинны предпосылки.

Значения MB и MD, как и для вероятности, всегда должны находиться в интервале [0, 1]. Свидетельства могут быть не только наблюдаемыми, но и гипотезами. Например,  $MB[h_1, h_2]$  есть мера увеличения уверенности в гипотезе  $h_1$  при условии, что гипотеза  $h_2$  является истинной.

Одно и то же свидетельство  $x$  не может выступать как в пользу, так и против гипотезы, т.е.

$$\text{если } MB[h, x] > 0, \text{ то } MD[h, x] = 0; \quad (4.20)$$

$$\text{если } MD[h, x] > 0, \text{ то } MB[h, x] = 0. \quad (4.21)$$

Если гипотеза  $h$  не зависит от свидетельства  $x$ , т.е. условная вероятность  $P(h/x)$  равна априорной вероятности  $P(h)$ , то

$$MB[h, x] = MD[h, x]. \quad (4.22)$$

Определение MB и MD производится с использованием соотношений

$$MB[h, x] = \begin{cases} 1, & \text{если } p(h) = 1; \\ \frac{\max\{p(h/x), p(h)\} - p(h)}{1 - p(h)}, & \text{если } p(h) < 1; \end{cases} \quad (4.23)$$

$$MD[h, x] = \begin{cases} 1, & \text{если } p(h) = 0; \\ \frac{\min\{p(h/x), p(h)\} - p(h)}{-p(h)}, & \text{если } p(h) > 0, \end{cases} \quad (4.24)$$

где  $p(h)$  – априорная вероятность гипотезы  $h$ ;  $p(h/x)$  – условная вероятность  $h$  при свидетельстве  $x$ .

Вероятность  $p(h)$  отражает уверенность эксперта в истинности гипотезы  $h$  в любой момент времени, а  $1 - p(h)$  – оценка неуверенности эксперта в истинности  $h$ . Если  $p(h/x) > p(h)$ , то  $x$  увеличивает уверенность эксперта в  $h$ . Если  $p(h/x) < p(h)$ , то  $x$  уменьшает уверенность в  $h$  (и увеличивает неуверенность в истинности  $h$ ).

Для расчета MB и MD допускается использование упрощенных формул

$$MB[h, x] = \frac{p(h/x) - p(h)}{p(h)}, \text{ если } p(h/x) > p(h); \quad (4.25)$$

$$MD[h, x] = \frac{p(h) - p(h/x)}{p(h)}, \text{ если } p(h/x) < p(h). \quad (4.26)$$

Наряду с MB и MD в МШБ используется также коэффициент или фактор уверенности CF (certainty factor), вычисляемый по формуле

$$CF[h, x] = MB[h, x] - MD[h, x], \quad CF[h, x] \in [-1; 1] \quad (4.27)$$

или

$$CF[h, x] = \begin{cases} \frac{p(h/x) - p(h)}{1 - P(h)}, & \text{если } P(h/x) \geq P(h); \end{cases} \quad (4.28)$$

$$\begin{cases} \frac{p(h/x) - p(h)}{p(h)}, & \text{если } p(h/x) < p(h), \end{cases} \quad (4.29)$$

при этом  $p(h) \neq 0; 1$ .

Например, гипотеза  $h$  – стабильная доходность предприятия региона. Априорная вероятность на основе статистических данных составляет  $p(h) = 0,6$  (для предприятия без указания его профиля). Пусть в качестве свидетельства  $x$  рассматривается, что предприятие производит электронную продукцию и  $p(h) = 0,8$ . В этом случае в соответствии с формулами (4.23, 4.24)

$$MB[h, x] = \frac{\max\{0,8; 0,6\} - 0,6}{1 - 0,6} = 0,5; \quad MD[h, x] = \frac{\min\{0,8; 0,6\} - 0,6}{-0,6} = 0;$$

$$CF[h, x] = 0,5 - 0 = 0,5.$$

Следует заметить, что при данном подходе

$$CF[h, x] + CF[\bar{h}, x] \neq 1, \quad (4.30)$$

здесь  $\bar{h}$  – отрицание  $h$ .

К основным свойствам мер MB и MD относятся следующие:

1) если  $h$  – достоверная гипотеза, то

$$p(h/x)=1, \quad MB[h,x]=1, \quad MD[h,x]=0, \quad CF[h,x]=1; \quad (4.31)$$

2) если достоверно  $\bar{h}$  (отрицание  $h$ ), то

$$p(\bar{h}/x)=1, \quad MB[h,x]=0, \quad MD[h,x]=1, \quad CF[h,x]=-1; \quad (4.32)$$

3) в случае недостатка свидетельств

$$MB[h,x]=0, \quad MD[h,x]=0, \quad CF[h,x]=0, \quad (4.33)$$

т.е. здесь свидетельство  $x$  не подтверждает гипотезу  $h_0$  и не отвергает ее.

В случае упорядоченного наблюдения двух свидетельств сначала  $x_1$  и затем  $x_2$  расчет MB и MD производится по формулам.

$$MB[h, x_1 \wedge x_2] = \begin{cases} 0, & \text{если } MD[h, x_1 \wedge x_2] = 1; \\ MB[h, x_1] + MB[h, x_2](1 - MB[h, x_1]); & \\ \text{если } MD[h, x_1 \wedge x_2] \neq 1; & \end{cases} \quad (4.34)$$

$$MD[h, x_1 \wedge x_2] = \begin{cases} 0, & \text{если } MB[h, x_1 \wedge x_2] = 1; \\ MD[h, x_1] + MD[h, x_2](1 - MD[h, x_1]); & \\ \text{если } MB[h, x_1 \wedge x_2] \neq 1; & \end{cases} \quad (4.35)$$

$$CF[h, x] = \frac{p(h/x) - p(h)}{1 - p(h)}. \quad (4.36)$$

В случае двух гипотез  $h_1, h_2$  для расчетов можно использовать приближенные формулы:

$$MB[h_1 \wedge h_2, x] \approx \min \{ MB[h_1, x], MB[h_2, x] \}; \quad (4.37)$$

$$MD[h_1 \vee h_2, x] \approx \min \{ MD[h_1, x], MD[h_2, x] \}; \quad (4.38)$$

$$MB[h_1 \vee h_2, x] \approx \max \{ MB[h_1, x], MB[h_2, x] \}; \quad (4.39)$$

$$MD[h_1 \wedge h_2, x] \approx \max \{ MD[h_1, x], MD[h_2, x] \}. \quad (4.40)$$

Есть истинность или ложность части свидетельств  $x_1$  не известна с полной определенностью, но известно значение CF, основанное на априорных данных  $x^1$  и оно отражает степень уверенности в  $x_1$ , тогда  $MB^1[h, x]$  и  $MD^1[h, x]$  рассматриваются соответственно, как степени уверенности и неуверенности в  $h$ , когда известно, что  $x_1$  с полной определенностью является истинным. В этом случае имеет место

$$MB[h, x] = MB^1[h, x] = \max \{ 0, CF[x_1, x^1] \}; \quad (4.41)$$

$$MD[h, x] = MD^1[h, x] = \max \{ 0, CF[x_1, x^1] \}, \quad (4.42)$$

здесь  $MB^1$  ( $MD^1$ ) – мера доверия (недоверия) в случае, если известно, что  $x_1$  истинно;  $x^1$  – все имеющиеся данные.

### 4.3.3. Метод Демпстера-Шафера

Для учета достоверности используемой информации при выработке решений широкое применение находит метод Демпстера-Шафера [8].

Теорию Демпстера-Шафера (ТДШ) можно рассматривать как развитие байесовского подхода по уточнению апостериорных вероятностей по мере накопления данных на случаи, когда неизвестны законы распределения вероятностей исследуемых переменных и параметров. При байесовском подходе требуется знание точных значений вероятностей, здесь отсутствию знаний соответствует равновероятность событий, т.е. как в случае полного незнания, так и случае равных вероятностей событиям  $A_i$  приписываются одни и те же значения  $p(A_i)$  [1]. Кроме того, для гипотезы (события)  $A$  всегда выполняется условие  $p(A) + p(\bar{A}) = 1$ . Используемые в ТДШ аксиомы слабее аксиом теории вероятностей, вместе с тем получаемые результаты обработки данных совпадают, если все вероятности, т.е. понимаемые в этом смысле показатели, точно известны. Во многих случаях свидетельства, частично подтверждающие гипотезу, не обязательно подтверждают ее отрицание.

В основе ТДШ лежат две идеи: первая – возможность получения степени доверия для решаемой задачи из субъективных свидетельств о связанных с ней проблемах; вторая – использование правила объединения свидетельств, если они основаны на независимых высказываниях.

Для реализации этих идей используются следующие положения.

1. Воздействие свидетельств распространяется на степенное множество  $2^{\theta}$  множества базовых элементов (исходов)  $\{\theta\}$ , которые являются полной группой взаимоисключающих событий, называемой фреймом гипотез.

2. Функция вероятности приписывается каждому дизъюнктивному подмножеству  $A$  таким образом, чтобы сумма (полная вероятность) или мера доверия  $m(A)$  равнялась 1, а вероятность, приписываемая пустому множеству, есть 0, т.е.  $m(\emptyset) = 0$ . Такое базовое приписывание вероятностей (БПВ) предполагает, что меры доверия заключены в интервале  $[0; 1]$ .

3. Уверенность в конкретных гипотезах  $A$  представлена как интервал  $[\text{Bel}(A), P^*(A)]$ , при этом для подмножеств  $B$  в  $A$  имеет место

$$\text{Bel}(A) = \sum_{B \subset A} m(B); \quad (4.43)$$

$$P^*(A) = 1 - \text{Bel}(\bar{A}), \quad (4.44)$$

здесь  $\text{Bel}(A)$  – вера (поддержка)  $A$ , т.е. мера полного количества веры в  $A$  и в его подмножества;  $P^*(A)$  – мера правдоподобия.

4. Свидетельства в виде подмножеств  $X$  и  $Y$  комбинируются по правилу (формуле) Демпстера

$$m_1 \otimes m_2(A) = k \sum_{X \cap Y = A} m_1(X) m_2(Y), \quad m_1 \otimes m_2(\emptyset) = 0, \quad A = \emptyset, \quad (4.45)$$

$$k = \frac{1}{1 - \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_1(X) m_2(Y)},$$

где  $k$  – константа нормализации.

Если  $k^{-1} = 0$ , то ортогональная сумма (4.45) не существует, и меры  $m_1$  и  $m_2$  (БПВ) называют полностью взаимоисключающими.

Для двух свидетельств с  $m_1(A)$  и  $m_2(B)$ , где  $A$  – подмножество гипотез, которые поддерживаются первой группой свидетельств, и  $B$  – подмножество гипотез, которые поддерживаются второй группой показаний, новая вера в подмножество гипотез  $C$ , т.е.  $m_3(C)$ , которое поддерживается как первой, так и второй группой свидетельств, определяется как сумма произведений мер, приписанных подмножествам  $A$  и  $B$ , пересечение которых есть  $C$ , деленное на фактор нормализации, равный 1 минус сумма произведений мер подмножеств  $A$  и  $B$ , пересечение которых есть пустое множество, т.е.

$$m_3(C) = \frac{\sum_{A \cap B = C} m_1(A) m_2(B)}{1 - \sum_{A \cap B = \emptyset} m_1(A) m_2(B)},$$

или в общем случае

$$m_n(Z) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m_{n-2}(X) m_{n-1}(Y)}{1 - \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_{n-2}(X) m_{n-1}(Y)}, \quad (4.46)$$

здесь  $n$  – результирующее число источников свидетельств.

Таким образом, правилом допускается пустое пересечение  $X$  и  $Y$ , а сумма мер доверия должна быть нормализована.

Сопоставление ТДШ с байесовским подходом показывает следующее.

1. Подход Демпстера-Шафера является полезным инструментом, когда более строгие байесовские рассуждения себя не оправдывают.

2. При существовании мощных множеств гипотез и множества свидетельств вычисление мер доверия оказывается достаточно громоздким, однако количество рассуждений значительно меньше, чем при использовании байесовского подхода.

3. При объединении свидетельств  $m_j^{(A)}$  и  $m_j^{(B)}$  для получения  $m_{j+2}$  в результате пересечения двух пар множеств ( $A$  и  $B$ ) могут получаться пустые множества  $m_{j+2}(\emptyset)$ . Высокая достоверность пустого множества  $m_{j+2}(\emptyset)$  означает существование конфликта свидетельств на множестве мер доверия  $m$ .

4. Реально свидетельства поддерживают не все элементы  $\theta$  (множество взаимоисключающих гипотез). В основном поддерживаются различные подмножества  $Z \subset \theta$ . Так как элементы  $\theta$  предполагаются взаимоисключающими, то доказательство в пользу одного из них может оказывать влияние на доверие другим элементам. При байесовском подходе (приписывание меры доверия  $m$  различным  $Z \subset \theta$ ) пересчет мер доверия и учет того, что свидетельства поддерживают не все элементы  $\theta$  производится за счет рассмотрения всех комбинаций условных вероятностей. В системе Демпстера-Шафера эти взаимодействия учитывают напрямую путем непосредственного манипулирования множествами гипотез.

Серьезным недостатком подхода Демпстера-Шафера является то, что правило объединения функций доверия (правило Демпстера) получено в предположении одинаковой достоверности разных источников свидетельств. В действительности

информация, получаемая из разных источников, имеет разную степень достоверности. Это важное обстоятельство в формуле Демпстера не учитывается и может привести к неправильным решениям.

Получим модифицированную формулу Демпстера введением коэффициента  $C_{n-1}$  относительной достоверности информации, получаемой из последнего источника, т.е. для подмножества  $Y$ . Коэффициент  $C_{n-1} < 1$ , если достоверность гипотез  $y = \{y_1, \dots, y_m, \theta\}$  меньше достоверности  $x = \{x_1, \dots, x_k, \theta\}$ , и  $C_{n-1} > 1$  в противном случае.

Таким образом, модифицированная формула Демпстера имеет следующий вид

$$m_n(Z/C_{n-1}) = \frac{\sum_{X \cap Y = Z} m_{n-2}(X) m_{n-1}(Y/C_{n-1})}{1 - \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_{n-2}(X) m_{n-1}(Y/C_{n-1})}, \quad (4.47)$$

где  $m_{n-1}(Y/C_{n-1})$  – мера доверия  $m_{n-1}(Y)$  с учетом коэффициента достоверности  $C_{n-1}$ .

Основная задача при использовании формулы (4.47) заключается в том, чтобы от значений  $m_{n-1}(y_1), \dots, m_{n-1}(y_m), m_{n-1}(\theta)$ , коэффициент достоверности которых относительно  $m_{n-2}(x)$  равен  $C_{n-1}$ , перейти к значениям  $m_{n-1}(y_1/C_{n-1}), \dots, m_{n-1}(y_m/C_{n-1}), m_{n-1}(\theta/C_{n-1})$ , которые будут использованы в формуле Демпстера. При этом для рассматриваемых мер доверия должно выполняться условие нормировки, т.е.

$$m_{n-1}(\theta) + \sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i) = m_{n-1}(\theta/C_{n-1}) + \sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i/C_{n-1}) = 1.$$

Для пересчета значений  $m_{n-1}(Y)$  в  $m_{n-1}(Y/C_{n-1})$  предлагается использовать следующие формулы:

в случае  $C_{n-1} < 1$

$$m_{n-1}(y_i/C_{n-1}) = \frac{d m_{n-1}(y_i)}{d \sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i) + m_{n-1}(\theta)}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (4.48)$$

$$m_{n-1}(\theta/C_{n-1}) = \frac{m_{n-1}(\theta)}{d \sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i) + m_{n-1}(\theta)}; \quad (4.49)$$

в случае  $C_{n-1} > 1$

$$d = \frac{C_{n-1} m_{n-1}(\theta)}{1 - C_{n-1} \sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i)}, \quad (4.50)$$

$$m_{n-1}(y_i/C_{n-1}) = \frac{m_{n-1}(y_i)}{\sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i) + d m_{n-1}(\theta)}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (4.51)$$

$$m_{n-1}(\theta/C_{n-1}) = \frac{d m_{n-1}(\theta)}{\sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i) + d m_{n-1}(\theta)}, \quad (4.52)$$

$$d = \frac{C_{n-1}^{-1} \sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i)}{1 - C_{n-1}^{-1} m_{n-1}(\theta)}. \quad (4.53)$$

Рассчитанные по формулам (4.48) – (4.53) значения  $m_{n-1}(y_i/C_{n-1})$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $m_{n-1}(\theta/C_{n-1})$  удовлетворяют условиям нормировки. Кроме того, можно показать, что при  $C_{n-1} < 1$  имеет место

$$\sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i/C_{n-1}) = C_{n-1} \sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i)$$

и, следовательно,

$$m_{n-1}(\theta/C_{n-1}) = 1 - C_{n-1} \sum_{i=1}^m m_{n-1}(y_i).$$

Таким образом, методика применения модифицированной формулы Демпстера состоит в следующем.

1. При поступлении новых свидетельств с мерами  $m_{n-1}(y_i)$ ,  $i = \overline{1, m}$  для них определяется коэффициент достоверности  $C_{n-1}$  по отношению к ранее используемым  $m_{n-2}(X)$ .

2. Коэффициент  $C_{n-1}$  может оцениваться методом экспертных оценок или на основе сравнения точностных характеристик  $X$  и  $Y$ .

3. С использованием коэффициента  $C_{n-1}$  значения  $m_{n-1}(y_i)$  пересчитываются в  $m_{n-1}(y_i/C_{n-1})$ .
4. Полученные значения  $m_{n-1}(y_i/C_{n-1})$  подставляются в формулу Демпстера для расчета  $m_n(Z)$ .

Применение данной методики позволяет повысить достоверность выработки управленческих решений.

#### 4.4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ

Важнейшим условием конкурентоспособности энергосберегающей продукции производственно-технического назначения и бытового потребления в настоящее время становится ее энергетическая эффективность. Под эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов (энергоносителей) понимается экономически оправданное их использование при существующем уровне развития техники и технологий, соблюдение требований к охране окружающей природной среды.

В качестве показателей энергетической эффективности продукции или технического процесса могут использоваться абсолютная, удельная, относительная величины потребления или потерь энергоресурсов. Наряду с ними применяются также показатели экономичности энергопотребления продукции, т.е. количественные характеристики эксплуатационных свойств изделий, отражающие их техническое совершенство, которое определяется совершенством конструкции, качеством изготовления, уровнем (степенью) потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при использовании изделий по прямому функциональному назначению (ГОСТ Р 51380–99).

В общем случае энергосбережение достигается реализацией научных, технических, экономических, производственных, а также организационных и правовых мер, направленных на эффективное использование ТЭР. В качестве ТЭР рассматривается совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия, которых доступна для использования в хозяйственной и других видах деятельности при существующем уровне развития техники и технологии. Энергоносителями могут быть вещество в различных агрегатных состояниях (газообразном, жидком, твердом) или другие формы материи (поле, плазма и т.д.), запасенная энергия которых может использоваться в целях энергосбережения.

Перечень продукции, которая потребляет ТЭР при ее использовании по прямому функциональному назначению, исключительно широк. Сертификации по показателям энергетической эффективности подлежат следующие виды продукции:

- машины электрические (двигатели, энергонагреватели, водонагреватели, компрессоры и т.д.);
- продукция тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения (котлы, дизели и т.п.);
- продукция общемашиностроительного применения (насосы, гидромоторы и т.п.);
- продукция нефтяного и химического машиностроения (аппараты теплообменные, сушилки, холодильные установки и т.п.);
- изделия автомобильной промышленности, тракторы и сельскохозяйственные машины;
- продукция строительного, дорожного и коммунального машиностроения (экскаваторы, лифты, радиаторы и т.п.);
- бытовое оборудование (холодильники, стиральные машины и т.п.) и др.

В настоящее время выделяют три основные группы показателей энергетической эффективности (ПЭЭ):

- 1) нормируемые ПЭЭ продукции, вносимые в паспорта и другую нормативную документацию;
- 2) ПЭЭ производственных процессов, вносимые в энергопаспорта предприятий;
- 3) показатели реализации энергосбережения.

ПЭЭ характеризуют энергетическую эффективность соответствующих объектов на всех стадиях их ЖЦ и используются при планировании и оценке эффективности работ, связанных с энергосбережением; проведении энергетического аудита потребителей ТЭР; составлении статистической отчетности по использованию энергоресурсов.

Для характеристики технической, научной, экономической деятельности по энергоэффективности рекомендуется использовать следующие ПЭЭ:

- физическая экономия ТЭР, в том числе за счет нормирования энергопотребления и экономического стимулирования;
- снижение потерь ТЭР за счет оптимизации режимных параметров, внедрения автоматических систем энергосберегающего управления, приборов учета ТЭР и подготовки кадров;
- снижение энергоемкости производства продукции за счет структурной перестройки энергопотребления, использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии, вторичных энергоресурсов, высокотехнологичного оборудования, отвечающего мировому уровню, и т.п.

В производственной деятельности широкое применение находят сравнительные показатели в виде сопоставления энергопотребления в текущем году с некоторым базовым годом.

Применительно к изделиям, оборудованию и технологическим процессам используются ПЭЭ: экономичность потребления ТЭР, энергетическая эффективность передачи ТЭР и энергоемкость производства продукции.

Важную роль в решении задач энергосбережения играют уменьшение энергопотребления электронной техникой, микропроцессорными устройствами и использование энергосберегающего управления.

Электроника и вычислительные сети интенсивно внедряются во все области человеческой деятельности. При существующих показателях энергетической эффективности электронной аппаратуры для обеспечения энергоснабжения компьютерных сетей необходимы источники питания большой мощности. Поэтому энергетическая эффективность электронной и микропроцессорной техники представляет собой одну из важнейших проблем. Особенно критичными к уровню потребления являются системы и устройства с автономным питанием. Основными путями снижения энергопотребления радиоэлектронной и компьютерной техники являются следующие [10].

1. Оптимизация архитектуры вычислительных устройств, в частности, уменьшения обращений к общей памяти, управления шинной структурой процессора и организации параллельных вычислений. Программная реализация сложных алгоритмов вычислений требует затрат энергии в сотни раз больше по сравнению со специализированными цифровыми

устройствами с локальными регистрами памяти. Имеется возможность автоматически изменять тактовую частоту (в зависимости от производительности вычислений) и отключать неиспользуемые блоки.

2. Использование программного обеспечения (ПО) для снижения энергозатрат за счет экономии на пересылке информации между удаленными блоками, т.е. ПО должно учитывать взаимное расположение блоков. Для этого ПО необходимо разрабатывать одновременно с проектированием микросхем.

3. Снижение энергозатрат схемотехническими средствами, в том числе за счет уменьшения утечек через подложки в МОП-транзисторах (подача смещения на подложку, использование транзисторов с большим пороговым напряжением), снижения напряжения питания и синхросигнала при обработке звуковой информации и т.д.

4. Использование технологических средств для уменьшения утечек через подложку и снижения разброса электрических параметров элементной базы. Для этого можно использовать трехзатворные транзисторы, трехмерные транзисторы, в которых канал изолирован диэлектриком от подложки, применением структур кремния на диэлектрике и микросхем с наноразмерными элементами.

5. Уменьшение энергозатрат конструктивными средствами, в том числе за счет использования высокоплотного монтажа кристаллов (при этом повышается энергетическая эффективность вследствие уменьшения энергоемкости сигнальных связей), трехмерной сборки кристаллов в компактном корпусе, применения высокоскоростных интерфейсов и радиоинтерфейсов. Сокращение расстояний позволяет передавать информацию с высокой скоростью при малых энергозатратах.

Таким образом, энергетическая эффективность РЭС обеспечивается комплексной оптимизацией системы на всех этапах проектирования – создание архитектуры, программного обеспечения, схемотехническая разработка и техническая подготовка производства.

Значительного снижения энергозатрат можно добиться за счет использования систем энергосберегающего управления объектами производственно-технического назначения. Опыт использования оптимального управления работой тепловых аппаратов показал, что экономия энергозатрат для технологических печей составляет 15...17 %, для электрических нагревателей жидкости – до 20 % [11]. Также значительное снижение энергозатрат достигается при оптимальном управлении динамическими режимами машин с электроприводами и транспортными средствами. Использование энергосберегающего управления наряду с экономией ресурсов повышает долговечность оборудования.

В большинстве случаев разработка алгоритмического обеспечения для систем оптимального управления, минимизирующих затраты энергии, расход топлива и других ресурсов, представляет собой сложное научно-техническое исследование. В каталогах алгоритмического и программного обеспечения фирм, поставляющих программные и технические средства для промышленной автоматизации (КРУГ, Технокопт, Трейс Моуд, Matlab, Siemens, Schneider Electric, Omron и др.), отсутствуют сведения об алгоритмах, минимизирующих затраты энергии или расход топлива.

В существующих SCADA-системах и других программных средствах, используемых для проектирования систем автоматического управления и регулирования, предполагается стандартный набор алгоритмов: ПИ- и ПИД-регулирование, линейный квадратичный оптимальный регулятор, оптимальное быстрое действие, нечеткий регулятор и некоторые другие, в которых не учитываются характерные для энергосберегающего управления ограничения, например, на лимит энергии или запас топлива. Ряд фирм в проспектах о своей продукции упоминают об энергосбережении и "мягком" пуске электродвигателей, однако используемые для этого алгоритмы не раскрываются и считаются ноу-хау фирмы. Это объясняется следующим. Во-первых, анализ задач оптимального управления (ЗОУ) с функционалом затраты энергии показывает, что даже в случае использования простейших моделей динамики в виде линейных дифференциальных уравнений третьего порядка при скалярном управлении число возможных видов функций оптимального управления (ОУ) более двадцати [12]. Если объект, динамика которого описывается дифференциальным уравнением второго порядка, имеет два входа (простейшая ММО-система), то число видов функций ОУ более сорока. Поэтому уже определение вида функции ОУ для задаваемого массива исходных данных представляет сложную задачу, такие задачи для многих энергоемких объектов еще теоретически не исследовались.

Во-вторых, в процессе реальной эксплуатации объекта происходят изменения режимов работы, требуемых значений выходных переменных, ограничений на переменные и т.п. Это требует оперативного пересчета управления, т.е. определения вида функции ОУ и ее параметров для новых исходных данных. Для такого пересчета ОУ в реальном времени необходима предварительно созданная база знаний.

В-третьих, для проектирования систем энергосберегающего управления часто приходится решать обратные задачи, например, определить, при каких исходных данных решение ЗОУ существует, как надо изменить исходные данные, чтобы обеспечить требуемый запас практической устойчивости системы и т.п.

В целях сокращенного обозначения различных задач энергосберегающего управления введем понятие модели ЗОУ в виде следующего кортежа:

$$\langle M; F; S; O \rangle, \quad (4.54)$$

где  $M$  – модель динамики объекта;  $F$  – минимизируемый функционал;  $S$  – стратегия реализации ОУ;  $O$  – ограничения.

От значений компонентов  $M$ ,  $F$  в модели (4.54) зависят возможные виды функций  $u^*(t)$  и соотношения для расчета параметров этих функций. Модель (4.54) используется для обозначения соответствующих фреймов базы знаний экспертной системы "Энергосберегающее управление динамическими объектами". Фреймы содержат всю информацию о результатах полного анализа ЗОУ.

Под полным анализом ЗОУ, характеризуемой конкретной моделью (4.54), понимается комплекс исследований, включающий: получение условий существования решения ЗОУ для любых задаваемых исходных данных; определение всех возможных видов функций ОУ (два вида функций  $u_i^*(t), u_j^*(t)$  считаются различными, если они содержат разное число параметров или параметры функций рассчитываются с помощью разных соотношений); разработку алгоритма определения вида функции ОУ для задаваемого массива исходных данных; получение соотношений для расчета параметров всех возможных функций ОУ; получение формул для расчета траекторий изменения фазовых координат для всех видов функций

ОУ, а также оценки значения функционала; получение соотношений для решения обратных задач (например, насколько надо изменить время  $t_k$ , чтобы решение задачи существовало).

В качестве математического аппарата для выполнения полного анализа ЗОУ используется принцип максимума и метод синтезирующих переменных [13, 14]. Применение метода синтезирующих переменных (МСП) позволяет визуализировать ход и результаты решения как прямых, так и обратных задач управления. В основе МСП лежит идея сокращения размерности массива исходных данных за счет нормирования интервалов  $[t_0, t_k]$ ,  $[u_n, u_b]$  и введения вектора синтезирующих переменных  $L$ , однозначно характеризующего вид и параметры функции ОУ. Переход от массива исходных данных  $R$ , размерность которого всегда больше  $2n+5$ , к вектору  $L$  размерности  $n$  значительно облегчает и ускоряет обработку информации в вычислительных процессах при анализе и синтезе ОУ (здесь  $n$  – размерность вектора фазовых координат  $z$ ).

Таким образом, до проведения вычислений информация, содержащаяся в массиве  $R$ , "сворачивается" (упаковывается) в значения компонентов вектора  $L$ . Все соотношения полного анализа задачи  $\langle M, F, S, O \rangle$  и выполняемые расчеты производятся с использованием вектора  $L$ , а затем получают результат, соответствующий массиву  $R$ . Следует заметить, что отображение  $R \rightarrow L$  является однозначным. Вместе с тем, при решении обратных задач приходится использовать переход от  $L$  к  $R$ , который не является однозначным. Однако при решении практических задач эта проблема решается введением дополнительных условий. В частности, может накладываться условие, что при  $L \rightarrow R$  в массиве  $R$  изменяется только один из компонентов, обычно  $t_k$  или  $z_i^k$ .

В процессе реальной эксплуатации объектов могут существенно изменяться компоненты модели ЗОУ  $\langle M, F, S, O \rangle$ , например, вид модели динамики, вид функционала или стратегии, такие изменения будем называть изменениями состояний функционирования. Если при изменении значений массива  $R$  модель ЗОУ сохраняется, то пересчет управления происходит с использованием соотношений, полученных при полном анализе одной ЗОУ. В случае изменения компонентов "четверки"  $\langle M, F, S, O \rangle$  для расчета нового ОУ требуется переход к результатам полного анализа другой ЗОУ. Если на этапе разработки СЭУ выявлены все возможные ситуации при эксплуатации объекта и соответствующие модели ЗОУ, а также выполнен полный анализ для этих задач, то будем говорить, что выполнен анализ ЗОУ на множестве состояний функционирования (МСФ). Элементами этого множества, обозначим его  $H$ , являются значения переменной состояния функционирования  $h$ . Конкретному значению  $h$  соответствует определенная модель ЗОУ в виде четверки. Изменения  $h$  в процессе эксплуатации системы могут переходить как в определенные, так и в случайные моменты времени.

В зависимости от характера изменения  $h$  и возможности идентификации ее значения (а соответственно и модели ЗОУ) возможны четыре класса задач управления на МСФ.

В задачах первого класса (ЗОУ1) в пределах временного интервала управления  $[t_0, t_k]$  значение  $h$  постоянно и известно, т.е. для расчета ОУ используются результаты полного анализа одной модели ЗОУ. Однако для других временных интервалов значение  $h$  может быть другим. Таким образом, для ЗОУ1 изменения  $h$  происходят вне пределов временных интервалов управления. Например, эти изменения связаны со сменой вида обрабатываемых полупродуктов в аппаратах.

В задачах второго класса (ЗОУ2) значение  $h$  для временного интервала  $[t_0, t_k]$  также постоянно, но неизвестно или этому состоянию соответствуют несколько разных моделей ЗОУ. Например, требуется определить оптимальную программу, обеспечивающую конечное значение фазовых координат при двух разных моделях динамики объекта [15].

Задачи третьего класса (ЗОУ3) отличаются от ЗОУ1 и ЗОУ2 тем, что здесь переменная  $h$  изменяет свое значение на интервале  $[t_0, t_k]$ , при этом новые значения  $h$  сразу становятся известными. Например, к ЗОУ3 относятся задачи, в которых модель объекта описывается дифференциальным уравнением с разрывной правой частью, т.е.

$$\dot{z} = \begin{cases} A_1 z(t) + B_1 u(t), & t \in [t_0, t_1]; \\ \dots \\ A_k z(t) + B_k u(t), & t \in [t_{k-1}, t_k], \end{cases}$$

здесь  $A_j, B_j, j=1, 2, \dots, k$  – матрицы параметров модели объекта, соответствующие состояниям функционирования  $h_1, h_2, \dots, h_k$ ;  $t_j$  – момент изменения значения  $h_j$  переменной  $h$  на  $h_{j+1}$ .

Задачи четвертого класса (ЗОУ4) аналогичны ЗОУ3, но здесь при изменении значения переменной  $h$  новое значение неизвестно, известно лишь подмножество  $H_4$  возможных значений  $h$ , а также модель изменения состояний функционирования [16].

Таким образом, анализ ЗОУ на МСФ предполагает введение множества  $H$ , учитывающего возможные ситуации в процессе длительной эксплуатации СЭУ, составление массива моделей ЗОУ, соответствующего множеству  $H$ , выполнение полного анализа для этих моделей ЗОУ, определение класса ЗОУ на МСФ и построение модели изменения переменной  $h$ , если в СЭУ реализуется ЗОУ4.

В результате анализа ЗОУ на МСФ разрабатывается информационно-технологическая среда (ИТС) для проектирования СЭУ, которые должны эффективно работать при изменении состояний функционирования в процессе длительной эксплуатации.

Разработанная ИТС позволяет оперативно решать следующие задачи синтеза энергосберегающего управления.

1. Синтез алгоритмического обеспечения контроллера с использованием результатов полного анализа модели ЗОУ. Например, применительно к модели  $\langle M, F, PR, O \rangle$  эта задача может формулироваться следующим образом.

Задаются диапазоны возможных изменений параметров модели объекта  $[a_{in}, a_{ib}], [b_n, b_b]$ , границ управляющих воздействий  $[u'_n, u''_n], [u'_b, u''_b]$  временного интервала  $[t'_0, t''_0], [t'_k, t''_k]$  и концов траектории вектора фазовых координат  $[z'_{i0}, z''_{i0}], [z'_{ik}, z''_{ik}]$ .

Требуется найти подмножество видов функций ОУ для указанных интервальных значений исходных данных, выделить соотношения для расчета параметров функций  $u_i^*(t)$ , проверки существования решения ЗОУ и решения обратных задач управления. По существу это задача разработки супервизора для интеллектуального контроллера.

2. Синтез ОУ в реальном времени (СРВ). Данная задача заключается в синтезе энергосберегающих управляющих воздействий при изменении состояний функционирования, т.е. решения ЗОУЗ на основе результатов анализа на МСФ. Математически задача СРВ формулируется следующим образом.

Задается допустимое время  $\Delta t_d$ , которое удовлетворяет условиям:

- 1) вероятность изменения  $h$  за  $\Delta t_d$  пренебрежимо мала; 2) функционирование СЭУ в течение  $\Delta t_d$  при нескорректированном после изменения  $h$  управлении  $u(t)$  не ведет к срыву терминального условия  $z(t_k) = z^k$  за исключением случая, когда изменение  $h$  происходит в момент  $\theta = t_k - \Delta t_d$ ;
- 3) время  $\Delta t_d$  должно быть достаточно для идентификации значения  $h$ ;
- 4) время  $\Delta t_d$  соответствует возможностям микропроцессора по быстродействию. Иногда, например при имеющемся контроллере, могут задаваться также объем памяти и пакет микрокоманд микропроцессорного устройства.

Требуется разработать алгоритм, который при произвольных изменениях  $h$  на интервале  $[t_0, t_k]$  (но таких, что при каждом значении  $h$  решение ЗОУ существует) за время  $\Delta t_c = \Delta t_d - \Delta t$  позволяет определить вид и рассчитать параметры управления  $u^*(\cdot/h)$ , соответствующего новому значению переменной  $h$ , и может быть реализован при заданных технических характеристиках управляющего устройства, здесь  $\Delta t$  – время, необходимое для расчета и установки скорректированного  $u(\cdot/h)$ .

3. Синтез гарантированного управления. Даная задача связана с синтезом управления в ЗОУ второго и четвертого классов, когда требуется получить управление, гарантирующее выполнение условия для конечного момента времени  $t_k$  при неизвестном состоянии функционирования на интервале управления  $[t_0, t_k]$ . Здесь различают два случая: в первом – значение  $z(t_k)$  задается точкой  $z^k$  в  $n$ -мерном пространстве, во втором – областью  $Z^k$ .

4. Совмещенный синтез ОУ. В данной задаче задаются возможные виды модели объекта и массив исходных данных  $R$ , за исключением параметров объекта. Требуется за допустимое время идентифицировать модель объекта и затем определить вид и параметры функции ОУ.

5. Синтез квазиоптимального управления (КОУ). Данная задача часто связана с невозможностью плавно изменять ОУ по требуемому закону или со сложностью расчетов точного значения функции  $u^*(t)$ . В качестве вида КОУ  $\tilde{u}(t)$  обычно рассматривается ступенчатая функция, которая с требуемой точностью или допустимым увеличением функционала аппроксимирует непрерывную функцию  $u^*(t)$ . Применение КОУ позволяет значительно упростить реализацию управляющих воздействий за счет небольшого числа фиксированных значений  $u(t)$ . Например, для электронагрева используются два нагревательных элемента. В этом случае  $u(t)$  может принимать три значения: 0 (оба элемента выключены),  $u_1$  (один элемент включен) и  $u_2$  (два элемента включены). Число значений  $\tilde{u}(t)$  может увеличиваться как за счет введения дополнительных элементов, так и за счет разных способов их включения (последовательное, параллельное, комбинированное).

Рассмотренные и другие задачи синтеза применительно ко второму, третьему и четвертому классам задач на МСФ решаются с использованием информационно-управляющих систем, содержащих базы знаний с результатами полного анализа необходимых моделей ЗОУ.

Рассмотренные задачи анализа и синтеза энергосберегающего управления динамическими объектами на МСФ показывают, что эти задачи могут эффективно решаться лишь с использованием информационных технологий, реализуемых информационно-управляющими системами. Основу математического обеспечения этих систем составляют результаты полного анализа отдельных моделей ЗОУ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебном пособии рассмотрены наиболее важные вопросы, связанные с решением задач повышения экономической эффективности и конкурентоспособности выпускаемой продукции. В настоящее время появляются новые методы моделирования, принятий решений, прогнозирования, которые могут быть использованы для обеспечения устойчивого развития предприятия. Большую роль играет также своевременное обновление используемых информационных технологий и подходов в управленческой деятельности.

В настоящее учебное пособие не вошли разделы, связанные с применением методов нечеткой логики, анализа и синтеза систем на множестве состояний функционирования в используемых информационных системах, в решении задач конкурентоспособности. Данные материалы предполагается использовать во второй части учебного пособия.

## ГЛОССАРИЙ

**Бизнес-процесс** – модель преобразования сущностей типа "вход – выход", понимаемая как работа по реализации приписываемой функции.

**Виртуальное (расширенное) предприятие** – сложная организационная структура, объекты которой участвуют в создании и эксплуатационной поддержке ЖЦ продукта, эти объекты объединены единым информационным пространством, используют общее хранилище данных.

**Действие** – описание набора мероприятий, имеющего целью обработку или передачу либо данных, либо ресурсов (например, "обработать заказ" или "провести технический контроль"). Модели IDEF0 выделяют неэффективные действия (у которых отсутствуют управление или выход) и, таким образом, способствуют работе по проведению реинжиниринга бизнес-процессов. Действие в модели IDEF3, называемое также единицей работы, описывает обработку, мероприятие, принятие решения или другую процедуру, выполняемую системой или организацией. Действия в диаграммах DFD отображают обработку или передачу данных.

**Диаграмма Ганта (ленточная диаграмма)** – способ графического представления расписания исполнения работ проекта.

**Жизненный цикл проекта** – набор последовательных фаз, количество и состав которых определяются потребностями управления проектом, организацией или организациями, участвующими в проекте.

**Идентификация рисков** – определение рискованных событий, которые могут повлиять на исполнение проекта.

**Интеграция (в системе или систем)** – восстановление и (или) повышение качественного уровня взаимосвязей между элементами системы, а также процесс создания из нескольких разнородных систем единой системы, с целью исключения (до технически необходимого минимума) функциональной и структурной избыточности и повышения общей эффективности функционирования.

**Информационная технология** – система научных и инженерных знаний, а также методов и средств, которая используется для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации в предметной области высшей школы.

**Информационная система (ИС)** – совокупность информации, математических методов и моделей, технических, программных, других технологических средств, предназначенная для сбора, обработки и использования информации для решения соответствующих задач.

**Информационное обеспечение** – совокупность форм документов, классификаторов, нормативной базы и реализованных решений по объемам, размещению и формам существования информации, применяемой в автоматизированной системе при ее функционировании.

**Консалтинг** – деятельность специалистов, занимающихся стратегическим планированием проекта, анализом и формализацией требований к информационной системе, созданием системного проекта, а в ряде случаев и проектированием приложений.

**Метаданные** – данные об информационных ресурсах – их составе и структуре, формате представления, методах доступа и требуемых для этого полномочиях пользователей, о месте хранения, их семантике, источнике, владельце и т.д.

**Метод проектирования программного обеспечения** – целенаправленная совокупность процедур, позволяющая получить в результате описание разрабатываемой программной системы с такой степенью детализации, которая достаточна для ее реализации.

**Оценка риска** – оценка вероятности и последствий события риска.

**Планирование проекта** – разработка и сопровождение плана проекта.

**Планирование ресурсов** – определение того, какие ресурсы и в каких количествах необходимы для выполнения работ проекта.

**Планирование с учетом рисков** – разработка плана проекта с определением альтернативных стратегий на случай наступления событий риска.

**Проект** – комплекс действий, состоящий из взаимосвязанных задач, выполняемых различными организациями с четко определенными целями, календарным планом и бюджетом.

**Реинжиниринг** – фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов компаний для достижения коренных улучшений в основных показателях их деятельности: стоимость, качество, услуги и темпы и т.д.

**Реструктуризация** – изменение структуры компании.

**Реструктуризация бизнес-процессов** – изменение модели бизнес-процессов компании.

**Реструктуризация предприятия** – совокупность мероприятий по комплексному приведению предприятия в соответствие с требованиями, диктуемыми изменяющимися условиями рынка и выбранной стратегией его развития.

**Управление проектами** – приложение знаний, навыков, методов и средств к работам проекта с целью соблюдения или превышения потребностей и ожиданий участников проекта.

**Управление рисками проекта** – раздел управления проектами, включающий процессы, необходимые для идентификации, анализа и реагирования на проектные риски.

**Конкурентоспособность товара** – это степень его потребительской привлекательности по сравнению с товаром-аналогом на конкретном сегменте потребительского рынка. Привлекательность означает притягательность, способность располагать к себе, побудить, обратить внимание на себя, вызвать положительное отношение для совершающего реальную покупку потребителя.

**Бенчмаркинг** – это централизованно спланированные исследования, потребность в которых возникла в результате осознания персоналом фирмы необходимости улучшений в критических областях бизнеса.

**Экономическая эффективность** – результативность экономической деятельности, экономических программ и мероприятий, характеризуемая отношением полученного экономического эффекта, результата к затратам факторов, ресурсов, обусловившим получение этого результата, достижение наибольшего объема производства с применением ресурсов определенной стоимости

**Эффективность** – относительный эффект, результативность процесса, операции, проекта, определяемые как отношение эффекта, результата к затратам, расходам, обусловившим, обеспечившим его получение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чейз, Р.Б. Производственный и операционный менеджмент / Р.Б. Чейз, Н.Дж. Эквилайн, Р.Ф. Якобе ; пер с англ. – М. : Изд. Дом "Вильямс", 2001. – 704 с.
2. Агеева, Н.Г. Менеджмент для инженера : учебник. В 3 ч. Ч. 1 : Основы менеджмента / Н.Г. Агеева, О.Н. Дмитриев, Э.С. Минаев ; под ред. Э.С. Минаева. – М. : Высшая школа, Доброе слово, 2002. – 359 с.
3. Портер, М. Международная конкуренция : пер с англ. / М. Портер. – М. : Изд. Дом "Вильямс", 1993.
4. Портер, М. Конкуренция ; пер с англ. / М. Портер. – М. : Изд. Дом "Вильямс", 2000.
5. Михайлова, Е.А. Основы бенчмаркинга / Е.А. Михайлова. – М. : Юрист, 2002. – 110 с.
6. Романов, В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике : учебное пособие / В.П. Романов. – М. : Изд-во "Экзамен", 2003. – 496 с.
7. Динамическая вариантность (альтернативность) при управлении проектами / В.А. Блохин, А.И. Козлов, Д.Ю. Муромцев, Л.П. Орлова // Вестник ТГТУ. – Тамбов, 2003. – Т. 9, № 3. – С. 390 – 405
8. Люгер, Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люгер. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2003. – 864 с.
9. Муромцев, Ю.Л. Принятие проектных решений : учебное пособие / Ю.Л. Муромцев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 80 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	4
1.1. Конкурентоспособность предприятия и товара .....	4
1.2. Конкурентоспособность стратегии .....	7
1.3. Показатели эффективности и конкурентоспособности ...	10
1.4. Конкурентный анализ .....	16
2. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ .....	22
2.1. Реинжиниринг бизнес-процессов .....	22
2.2. Бенчмаркинг .....	27
2.3. Координирующе-стабилизирующий подход .....	32
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ .....	40
3.1. Концептуальное моделирование .....	40
3.2. Моделирование бизнес-процессов .....	45
4. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ .....	49
4.1. Управление проектами .....	49
4.2. Метод динамической альтернативности .....	53
4.3. Методы принятия управленческих решений .....	66
4.3.1. Принятие решений с использованием байесовского подхода и экспертных оценок .....	66
4.3.2. Метод Шортлифа-Бьюкенена .....	70
4.3.3. Метод Демпстера-Шафера .....	75
4.4. Энергетическая эффективность и энергосберегающее управление .....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	89
ГЛОССАРИЙ .....	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	94

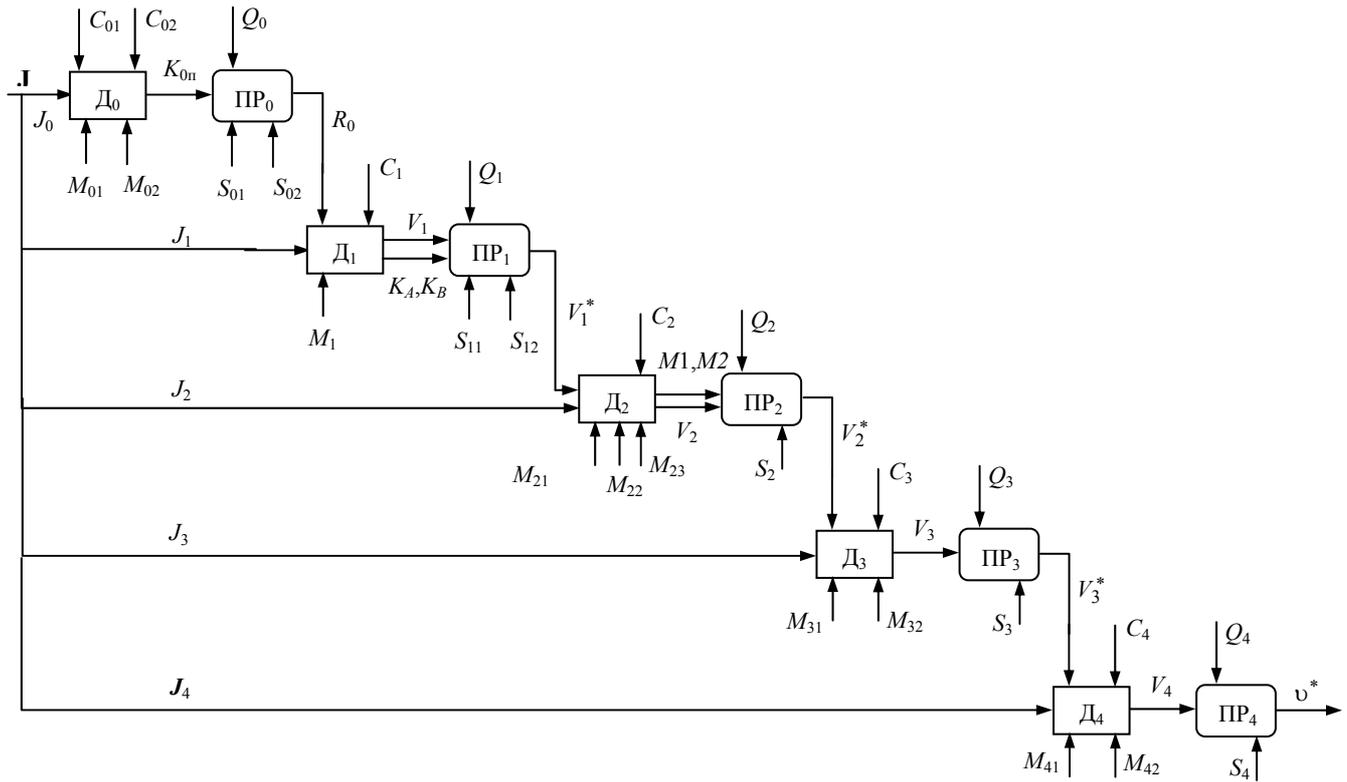


Рис. 4.2. Функциональная модель проектирования

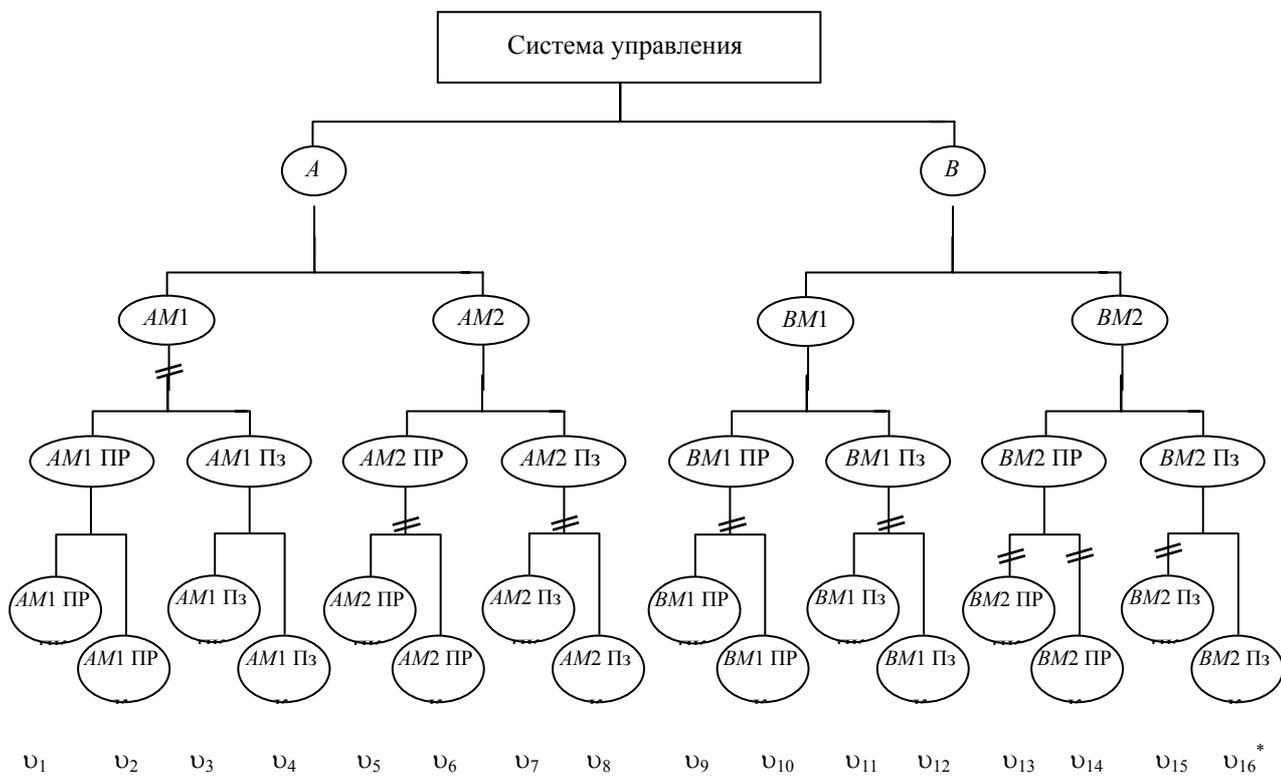


Рис. 4.3. Дерево формирования альтернативных вариантов системы управления