

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

по дисциплине
(модулю)

***Б1.В.ДВ.2.1 Моделирование и оценка организационных
структур систем управления***

Код и направление
подготовки

38.06.01 Экономика

Наименование профиля / программы
подготовки научно-педагогических
кадров в аспирантуре/магистерской
программы / специализация

**Математические и
инструментальные
методы экономики**

Квалификация
(степень) выпускника

***Исследователь.
Преподаватель
исследователь***

Факультет

***Прикладной
информатики***

Кафедра – разработчик

***Системного анализа и
обработки информации***

Ведущий преподаватель

Барановская Т.П.

Краснодар 2015

Практические занятия №1: Организации – сложные социально-экономические системы

1. Общие характеристики и особенности систем.

Система – это комплекс избирательно вовлеченных элементов, взаимодействующих для достижения заданного полезного результата, который принимается основным системообразующим фактором.

Общая теория систем построена на основе четырех аксиом и четырех законов, которые выводятся из аксиом.

Аксиомы:

– у системы всегда есть одна постоянная генеральная цель (принцип целенаправленности, предназначенности систем);

– цель для систем ставится извне (принцип задания цели для систем);

– для достижения цели система должна действовать определенным образом (принцип выполнения действия системами): закон сохранения; закон причинно-следственных ограничений; закон иерархии целей; закон иерархии систем;

– результат действия систем существует независимо от самих систем (принцип независимости результатов действия).

2. Качественное описание систем

Качественные методы используются на начальных этапах моделирования, если реальная система не может быть выражена в количественных характеристиках, отсутствуют описания закономерностей систем в виде аналитических зависимостей.

1. Методы типа «Мозговая атака» или «Коллективная генерация идей» (далее - КГИ).

При проведении сессий КГИ стараются выполнять определенные правила. Формируются две группы людей: генераторы идей и группа экспертов. Эти группы работают отдельно. При работе первой группы необходимо соблюдать следующие правила:

– обеспечить как можно большую свободу мышления участников КГИ и высказывания ими новых идей;

– приветствовать любые идеи, даже если вначале они кажутся сомнительными или абсурдными (обсуждение и оценка идей производятся позднее);

– не допускать критики любой идеи, не объявлять ее ложной и не прекращать обсуждение;

– желательно высказывать как можно больше идей, особенно нетривиальных.

Вторая группа обсуждает идеи, высказанные первой. Эта группа состоит из экспертов. При обсуждении идеи автор, высказавший ее, им неизвестен. Это позволяет избежать субъективизма, связанного с личными амбициями, взаимоотношениями экспертов.

2. Методы типа сценариев.

Методы подготовки и согласования представлений о проблеме или анализируемом объекте, изложенные в письменном виде, получили название сценария.

На практике по типу сценариев разрабатывались прогнозы в некоторых отраслях промышленности.

Сценарий является предварительной информацией, на основе которой проводится дальнейшая работа по прогнозированию или разработке вариантов проекта. Таким образом, сценарий помогает составить представление о проблеме.

3. Методы типа Дельфи.

Метод Дельфи предполагает полный отказ от коллективных обсуждений. Прямые дебаты заменены программой последовательных индивидуальных опросов, проводимых в форме анкетирования. Ответы обобщаются и вместе с новой дополнительной информацией поступают в распоряжение экспертов, после чего они уточняют свои первоначальные ответы. Такая процедура повторяется несколько раз до достижения приемлемой сходимости совокупности высказанных мнений. Результаты эксперимента показали приемлемую сходимость оценок экспертов после пяти туров опроса.

4. Методы типа дерева целей.

Термин «дерево целей» подразумевает использование иерархической структуры, полученной путем разделения общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие (новые подцели, функции и т.д.). Как правило, этот термин используется для структур, имеющих отношение строгого порядка, но метод дерева целей используется иногда и применительно к «слабым» иерархиям, в которых одна и та же вершина нижележащего уровня может быть одновременно подчинена двум или нескольким вершинам вышележащего уровня.

5. Морфологические методы.

Основная идея морфологических методов систематически находить все мыслимые варианты решения проблемы или реализации системы путем комбинирования выделенных элементов или их признаков. В систематизированном виде морфологический подход разработан и применен впервые швейцарским астрономом Ф. Цвикки и долгое время был известен как метод Цвикки.

Построение и исследование по методу морфологического ящика проводится в пять этапов.

Этап 1. Точная формулировка поставленной проблемы.

Этап 2. Выделение показателей P_i , от которых зависит решение проблемы. По мнению Ф. Цвикки, при наличии точной формулировки проблемы выделение показателей происходит автоматически.

Этап 3. Сопоставление показателю P_i его значений P_i^k и сведение этих значений в таблицу, которую Цвикки и называет морфологическим ящиком.

Набор значений различных показателей (по одному значению из каждой строки) представляет собой возможный вариант решения данной проблемы

(например, вариант $\{p^1_1, p^2_2, \dots, p^k_n\}$). Такие наборы называются вариантами решения или просто вариантами.

Общее число вариантов, содержащихся в морфологической таблице, равно $N = K_1 K_2 \dots K_n$, где $K_i (i = 1, 2, \dots, n)$ - число значений i -го показателя

$$\left\{ \begin{array}{cccc} p^1_1 & p^2_1 & \dots & p^k_1 \\ p^1_2 & p^2_2 & \dots & p^k_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p^1_n & p^2_n & \dots & p^k_n \end{array} \right\}$$

Рисунок 1 – Морфологический ящик

Этап 4. Оценка всех имеющихся в морфологической таблице (ящике) вариантов.

Этап 5. Выбор из морфологической таблицы наиболее желательного варианта решения проблемы.

6. Методы экспертных оценок.

Группа методов экспертных оценок наиболее часто используется в практике оценивания сложных систем на качественном уровне.

При использовании экспертных оценок обычно предполагается, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта. В некоторых теоретических исследованиях отмечается, что это предположение не является очевидным, но одновременно утверждается, что при соблюдении определенных требований в большинстве случаев групповые оценки надежнее индивидуальных. К числу таких требований относятся: распределение оценок, полученных от экспертов, должно быть «гладким»; две групповые оценки, данные двумя одинаковыми подгруппами, выбранными случайным образом, должны быть близки.

Этапы экспертизы: формирование цели, разработка процедуры экспертизы, формирование группы экспертов, опрос, анализ и обработка информации.

Тип используемых процедур экспертизы зависит от задачи оценивания.

К наиболее употребительным процедурам экспертных измерений относятся:

- ранжирование;
- парное сравнение;
- множественные сравнения;
- непосредственная оценка;
- Черчмена-Акоффа;
- метод Терстоуна;
- метод фон Неймана-Моргенштерна.

Ранжирование. Метод представляет собой процедуру упорядочения объектов, выполняемую экспертом. На основе знаний и опыта эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководствуясь одним или несколькими выбранными показателями сравнения. В зависимости от вида

отношений между объектами возможны различные варианты упорядочения объектов.

Парное сравнение. Этот метод представляет собой процедуру установления предпочтения объектов при сравнении всех возможных пар. В отличие от ранжирования, в котором осуществляется упорядочение всех объектов, парное сравнение объектов является более простой задачей. При сравнении пары объектов возможно либо отношение строгого порядка, либо отношение эквивалентности. Отсюда следует, что парное сравнение так же, как и ранжирование, есть измерение в порядковой шкале.

Множественные сравнения. Они отличаются от парных тем, что экспертам последовательно предъявляются не пары, а тройки, четверки, ..., n -ки ($n \geq 3$) объектов. Эксперт их упорядочивает по важности или разбивает на классы в зависимости от целей экспертизы. Множественные сравнения занимают промежуточное положение между парными сравнениями и ранжированием.

Непосредственная оценка. Метод заключается в присваивании объектам числовых значений в шкале интервалов. Эксперту необходимо поставить в соответствие каждому объекту точку на определенном отрезке числовой оси. При этом необходимо, чтобы эквивалентным объектам приписывались одинаковые числа.

Эксперт, приписывая объекту балл, тем самым измеряет его с точностью до определенного отрезка числовой оси. Применяются 5-, 10- и 100-балльные шкалы.

Метод Черчмена-Акоффа (последовательное сравнение). Этот метод относится к числу наиболее популярных при оценке альтернатив. В нем предполагается последовательная корректировка оценок, указанных экспертами.

3. Количественные методы описания систем

На практике используют следующие уровни абстрактного описания систем, условно разделенные на высшие и низшие уровни описания систем.

Высшие уровни:

- символический, или, иначе, лингвистический;
- теоретико-множественный;
- абстрактно-алгебраический;
- топологический.

Низшие уровни:

- логико-математический;
- теоретико-информационный;
- динамический;
- эвристический.

Высшие уровни описания системы.

Лингвистический уровень описания – наиболее высокий уровень абстрагирования. Система на лингвистическом уровне описания представляется в виде «термов» - объектов исследования и высказываний – отношений между «термами», выраженные на определенном абстрактном языке.

Теоретико-множественный уровень. Представляется в виде симплициального комплекса (гиперграфа) $K_x(Y, \lambda)$, в котором элементы

множества Y являются вершинами, а элементы множества X представляют симплексы, $\lambda \in X \times Y$ – бинарное отношение на прямом произведении $X \times Y$. Используемое понятие специального комплекса определяется как отображение Π , которое по каждому симплексу σ^i из комплекса ставит в соответствие определенное число k , т.е. $\Pi: \sigma^i \rightarrow k$, где σ^i – i -й симплекс, k – число (целое, действительное). Каждый симплекс σ^i из числа входящих в комплекс обладает определенной размерностью (на единицу меньше числа вершин). Образ Π симплециального комплекса определяется суммой $\Pi = \Pi_0 \oplus \Pi_1 \oplus \dots \oplus \Pi_N$, где $N = \dim K$ – размерность комплекса, определяемая размерностью наибольшего из входящих в него симплексов. Динамику системы управления (далее – СУ) можно представить как изменение образа Π в последовательно зафиксированные моменты времени процесса управления системой.

Абстрактно-алгебраический уровень. Управляемую СУ можно представить как:

$$S = (T, X, U, \Omega, \Gamma, \varphi, \eta),$$

где T – множество моментов времени; X – пространство состояний СУ; Y – множество значений выходных величин; U – множество значений входных величин; $\Gamma = \{\gamma: T \rightarrow Y\}$ – множество допустимых значений выходных величин; $\varphi: T * X * U \rightarrow X$ – функция, определяющая состояние системы в момент времени t по значениям координат, описывающих систему в начальный момент времени ($x_0 \in X$), и входных величин $\omega \in \Omega$; $\eta: T * X \rightarrow Y$ – функция, определяющая выходные отображения $y(t) = \eta(t, x(t))$.

Топологический уровень. Идеи алгебраической топологии используются для изучения динамики управляемых систем, в частности, при исследовании устойчивости на основе абстрактной функции М.А. Ляпунова.

Пусть L – некоторое линейное частично упорядоченное множество с отношением порядка (\leq). Тогда пара (L, \leq) определяет структуру этого упорядоченного множества, а функция $V: X \rightarrow (L, \leq)$ называется обобщенной или абстрактной функцией А.М. Ляпунова. Здесь X – произвольное, L – частично упорядоченное множество. При использовании понятия базиса фильтра V , рассматривая его как некоторое семейство множеств $V = U_h(x)$, где $h(x)$ – элементы этого семейства, то аналогом известной теоремы Ляпунова об устойчивости является следующее утверждение: для того чтобы пара (x, V) была $(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$ – устойчива, необходимо и достаточно, чтобы для четверки величин $(X, V, \varepsilon_1, \varepsilon_2)$ существовала абстрактная функция Ляпунова указанного выше типа.

Низшие уровни описания.

Логический уровень. Такая модель позволит описать логику функционирования управляемой динамической системы. Логическая схема алгоритма представляет собой выражение, составленное из последовательности операторов и логических условий, обусловленной сутью процесса функционирования изучаемой системы.

Теоретико-информационный уровень. Здесь информация выступает как свойство объектов и явлений порождать многообразие состояний, которые передаются от одного объекта к другому и приводят к изменению структуры.

Отображение множества состояний источника во множество состояний носителя информации называется способом кодирования, а образ состояний при выбранном способе кодирования – кодом этого состояния.

Предикат – условие, сформулированное в терминах точного логико-математического языка, содержащее обозначения для объектов (переменных).

Динамический уровень. Используются следующие понятия. Многообразиями называются такие множества, относительно которых можно полагать, что они локальны, т.е. в окрестности некоторого своего элемента, обладают свойствами евклидова пространства. Другими словами, пространство M называется многообразием в том случае, когда для каждой точки $x \in M$ существует окрестность U , гомеоморфная открытому множеству в n -мерном пространстве R^n . Картой на многообразии M именуется открытое множество $U \in M$ и присоединенный к нему гомеоморфизм α этого множества U на открытое множество R^n , т.е. карта - это пара (U, α) .

Эвристический уровень абстрактного описания систем предусматривает поиски решения задач управления при наличии в сложной системе человека. Эврика – это догадка, основанная на общем опыте решения родственных задач.

4. Моделирование систем

Модель – это объект или описание объекта, системы для замещения (при определенных условиях, предложениях, гипотезах) одной системы (т. е. оригинала) другой системой для лучшего изучения оригинала или воспроизведения каких-либо его свойств.

Любая модель обладает следующими свойствами:

- конечностью: модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений;
- упрощенностью: модель отображает только существенные стороны объекта;
- приближенностью: действительность отображается моделью грубо или приблизительно;
- адекватностью: модель успешно описывает моделируемую систему;
- информативностью: модель должна содержать достаточную информацию о системе в рамках гипотез, принятых при построении модели.

В общем случае все модели, независимо от областей и сфер их применения, бывают трех типов: познавательные, прагматические и инструментальные.

Познавательная модель – форма организации и представления знаний, средство соединения новых и старых знаний. Познавательная модель обычно подгоняется под реальность и является теоретической моделью.

Прагматическая модель – средство организации практических действий, рабочего представления целей системы для ее управления. Реальность в них подгоняется под некоторую прагматическую модель. Это, как правило, прикладные модели.

Инструментальная модель – средство построения, исследования и/или использования прагматических и/или познавательных моделей.

По степени абстрагирования от оригинала (рисунок 1) модели могут быть разделены на материальные (физические) и идеальные. К материальным относятся такие способы, при которых исследование ведется на основе модели, воспроизводящей основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики изучаемого объекта. Основными разновидностями физических моделей являются: натурные, квазинатурные, масштабные, аналоговые.

Натурные – это реальные исследуемые системы, которые являются макетами и опытными образцами. Натурные модели имеют полную адекватность с системой-оригиналом, что обеспечивает высокую точность и достоверность результатов моделирования; другими словами, модель натурная, если она есть материальная копия объекта моделирования. Например, глобус – натурная географическая модель земного шара.

Квазинатурные – это совокупность натурных и математических моделей. Этот вид моделей используется в случаях, когда математическая модель части системы не является удовлетворительной или когда часть системы должна быть исследована во взаимодействии с остальными частями, но их еще не существует либо их включение в модель затруднено или дорого.

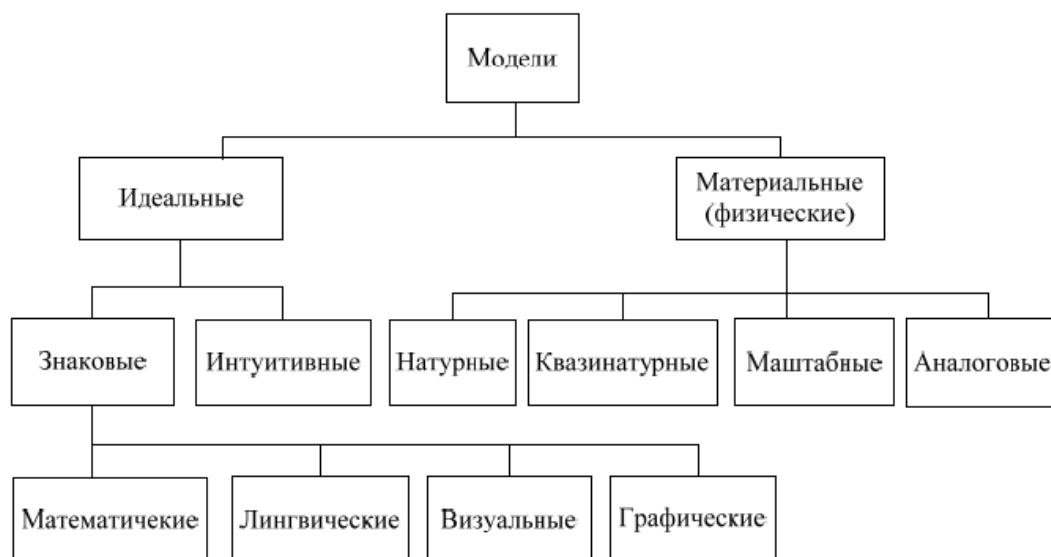


Рисунок 1 – Схема классификации моделей по степени абстрагирования от объекта-оригинала

Масштабные модели – это системы той же физической природы, что и оригинал, но отличающиеся от него размерами. В основе масштабных моделей лежит математический аппарат теории подобия, который предусматривает соблюдение геометрического подобия оригинала и модели и соответствующих масштабов для их параметров. Примером масштабного моделирования являются любые разработки макетов домов, а порой и целых районов при проведении проектных работ при строительстве.

Аналоговое моделирование основано на аналогии процессов и явлений, имеющих различную физическую природу, но одинаково описываемых

формально (одними и теми же математическими уравнениями, логическими схемами и т. п.). В качестве аналоговых моделей используются механические, гидравлические, пневматические системы, но наиболее широкое применение получили электрические и электронные аналоговые модели, в которых сила тока или напряжение является аналогами физических величин другой природы. Например, является общеизвестным, что математическое уравнение колебания маятника имеет эквивалент при записи уравнения колебаний тока.

Идеальное моделирование носит теоретический характер. Различают два типа идеального моделирования: интуитивное и знаковое.

Под интуитивным будем понимать моделирование, основанное на интуитивном представлении об объекте исследования, не поддающемся формализации либо не нуждающемся в ней. В этом смысле, например, жизненный опыт каждого человека может считаться его интуитивной моделью окружающего мира.

Знаковым называется моделирование, использующее в качестве моделей знаковые преобразования различного вида: схемы, графики, чертежи, формулы, наборы символов и т. д., включающие совокупность законов, по которым можно оперировать с выбранными знаковыми элементами. Знаковая модель может делиться на лингвистическую, визуальную, графическую и математическую модели.

Модель лингвистическая, – если она представлена некоторым лингвистическим объектом, формализованной языковой системой или структурой. Иногда такие модели называют вербальными, например, правила дорожного движения – языковая, структурная модель движения транспорта и пешеходов на дорогах.

Пример.

1. Правила дорожного движения — языковая, структурная модель движения транспорта и пешеходов на дорогах.

2. Пусть V — множество производящих основ существительных, S — множество суффиксов, P — множество прилагательных, $+$ — операция конкатенации слов, $:=$ — операция присваивания, \Rightarrow — операция вывода, Z — множество значений (смысловых) прилагательных. Языковая модель M словообразования: $\langle zi \rangle \Leftarrow \langle pi \rangle := \langle bi \rangle + \langle Si \rangle$. При $bi = \text{рыб}$, $Si = \text{н}$ получаем по этой модели: pi - рыбный, zi - приготовленный из рыбы.

Модель визуальная, – если она позволяет визуализировать отношения и связи моделируемой системы, особенно в динамике.

Пример. На экране компьютера часто пользуются визуальной моделью объектов, клавиатуры в программе-тренажере по обучению работе на клавиатуре.

Модель графическая, – если она представима геометрическими образами и объектами.

Пример.

1. Макет дома является натурной геометрической моделью строящегося дома.

2. Вписанный в окружность многоугольник дает модель окружности. Именно эта модель используется при изображении окружности на экране компьютера.
3. Прямая линия является моделью числовой оси.
4. Параллелограммом часто изображается плоскость.

Важнейшим видом знакового моделирования является математическое моделирование, классическим примером математического моделирования является описание и исследование основных законов механики И.Ньютона средствами математики.

По принадлежности к иерархическому уровню математические модели делятся на модели микроуровня, макроуровня, метауровня (рисунок 2).

Математические модели на микроуровне процесса отражают физические процессы, протекающие, например, при резании металлов. Они описывают процессы на уровне перехода (прохода).

Пример. В большинстве случаев это распределенные модели (объекты с распределенными параметрами) и они представляют собой системы дифференциальных уравнений в частных производных.

Уравнение диффузии:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \operatorname{div} (D \mathbf{grad} N),$$

где N — концентрация частиц, D — коэффициент диффузии.

Математические модели на макроуровне процесса описывают технологические процессы.

Пример.

Основными фазовыми переменными электрических систем являются напряжения и токи в различных элементах систем. Компонентные уравнения элементов имеют вид:

$$U = RI, \quad I = C \frac{dU}{dt}, \quad U = L \frac{dI}{dt}$$

Математические модели на метауровне процесса описывают технологические системы (участки, цехи, предприятие в целом).

Пример.

Решать задачи регулирования частоты и обменной мощности в Единой энергосистеме (ЕЭС) России можно с помощью модели, которая может обзримо представить все составные части этого большого и сложного объекта с учетом пропускной способности между объединениями энергосистем (ОЭС). На рисунке показаны связи между отдельными ОЭС, входящими в ЕЭС России. Параметрами такой модели могут служить значения пропускной способности связей, мощности отдельных ОЭС и «коэффициенты жесткости». В такой модели параметры и переменные могут считаться неизменными на длительных интервалах времени и потери электрической энергии не учитываются.

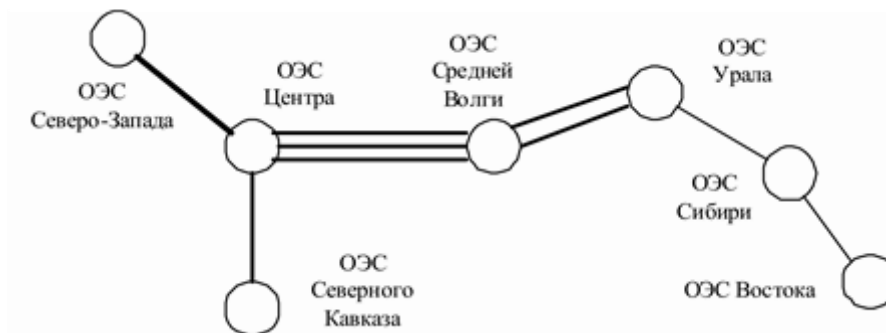


Рисунок 2 – Схема классификации математических моделей по принадлежности их к иерархическому уровню

По характеру отображаемых свойств объекта модели можно классифицировать на структурные и функциональные (рисунок 3).



Рисунок 3 – Схема классификации математических моделей по характеру отображаемых свойств объекта

Модель структурная, – если она представима структурой данных или структурами данных и отношениями между ними; например, структурной моделью может служить описание (табличное, графовое, функциональное или другое) графической структуры экосистемы. В свою очередь, структурная модель может быть иерархической или сетевой.

Модель иерархическая (древовидная), – если представима некоторой иерархической структурой (деревом); например, для решения задачи нахождения маршрута в дереве поиска можно построить древовидную модель, приведенную на рисунке 4.

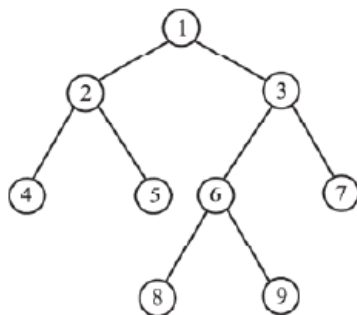


Рисунок 4 – Модель иерархической структуры

Модель сетевая, – если она представима некоторой сетевой структурой.

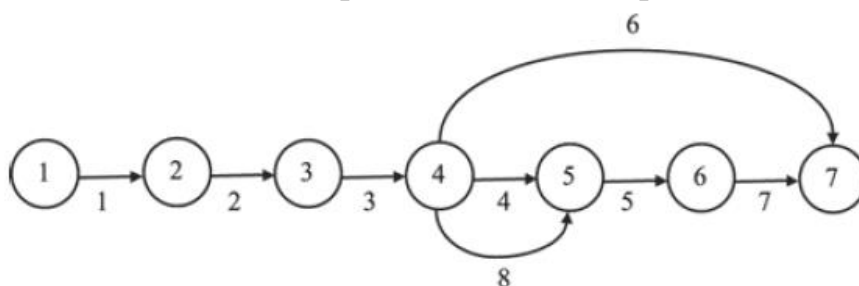


Рисунок 5 – Пример сетевого графика

Модель функциональная, – если она представима в виде системы функциональных соотношений. Например, закон Ньютона и модель производства товаров – функциональные.

По способу представления свойств объекта (рисунок 6) модели делятся на аналитические, численные, алгоритмические и имитацион-ные.



Рисунок 6 – Схема классификации математических моделей по способу представления свойств объектов

Аналитические математические модели представляют собой явные математические выражения выходных параметров как функций от параметров входных и внутренних и имеют единственные решения при любых начальных условиях. Например, процесс резания (точения) с точки зрения действующих сил представляет собой аналитическую модель. Также квадратное уравнение, имеющее одно или несколько решений, будет аналитической моделью.

Модель будет численной, если она имеет решения при конкретных начальных условиях (дифференциальные, интегральные уравнения).

Модель алгоритмическая, – если она описана некоторым алгоритмом или комплексом алгоритмов, определяющим ее функционирование и развитие.

Пример.

Моделью вычисления суммы бесконечного убывающего ряда чисел может служить алгоритм вычисления конечной суммы ряда с некоторой заданной степенью точности. Алгоритмической моделью квадратного корня из числа x может служить алгоритм вычисления его приближенного сколь угодно точного значения по известной рекуррентной формуле.

Модель имитационная, – если она предназначена для испытания или изучения возможных путей развития и поведения объекта путем варьирования некоторых или всех параметров модели.

Пример.

Пусть модель экономической системы производства товаров двух видов 1 и 2, в количестве x_1 и x_2 единиц соответственно, со стоимостью единиц товара a_1 и a_2 описана в виде соотношения: $a_1x_1 + a_2x_2 = S$, где S — общая стоимость произведенной предприятием всей продукции (видов 1 и 2). Можно эту модель использовать в качестве имитационной модели, по которой определять (варьировать) общую стоимость S в зависимости от тех или иных значений объемов производимых товаров.

По способу получения модели делятся на теоретические и эмпирические (рисунок 7).

Теоретические математические модели создаются в результате исследования объектов (процессов) на теоретическом уровне. Например, существуют выражения для сил резания, полученные на основе обобщения физических законов.

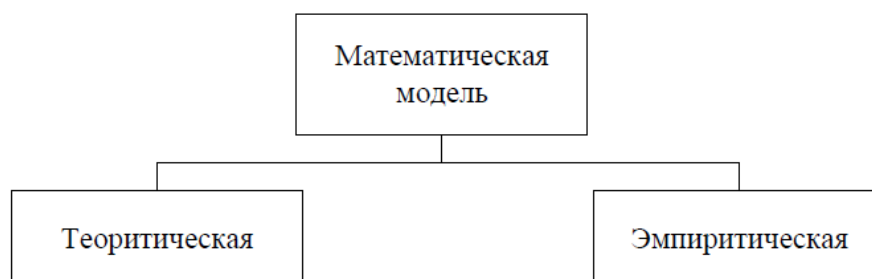


Рисунок 7 – Схема классификации математических моделей по способу получения модели

Эмпирические математические модели создаются в результате проведения экспериментов (изучения внешних проявлений свойств объекта с помощью измерения его параметров на входе и выходе) и обработки их результатов методами математической статистики.

По форме представления свойств объекта модели делятся на логические, теоретико-множественные и графовые (рисунок 8).

Модель логическая, если она представима предикатами, логическими функциями, например, совокупность двух логических функций может служить математической моделью одноразрядного сумматора.

Пример.

Совокупность двух логических функций вида: $z = \bar{x} \wedge y \vee x \wedge \bar{y}$, $p = x \wedge y$ может служить математической моделью одноразрядного сумматора.

Модель теоретико-множественная, – если она представима с помощью некоторых множеств и отношений принадлежности к ним и между ними.

Пример.

Пусть заданы множество $X = \{\text{Николай, Петр, Николаев, Петров, Елена, Екатерина, Михаил, Татьяна}\}$ и отношения: Николай — супруг Елены, Екатерина — супруга Петра, Татьяна — дочь Николая и Елены, Михаил — сын Петра и Екатерины, семьи Николая и Петра дружат друг с другом. Тогда множество X и множество перечисленных отношений Y могут служить теоретико-множественной моделью двух дружественных семей.

Модель графовая, – если она представима графом или графами и отношениями между ними.



Рисунок 8 – Схема классификации математических моделей по форме представления свойств объекта

Все модели могут быть разделены на устойчивые и не устойчивые (рисунок 9).

Устойчивой является такая система, которая, будучи выведена из своего исходного состояния, стремится к нему. Она может колебаться некоторое время около исходной точки, подобно обычному маятнику, приведенному в движение, но возмущение в ней со временем затухают и исчезают.



Рисунок 9 – Схема классификации математических моделей по устойчивости

В неустойчивой системе, находящейся первоначально в состоянии покоя, возникшее возмущение усиливается, вызывая увеличение значений соответствующих переменных или их колебания с возрастающей амплитудой.

По отношению к внешним факторам модели могут быть разделены на открытые и замкнутые.

Замкнутой моделью является модель, которая функционирует вне связи с внешними (экзогенными) переменными. В замкнутой модели изменения значений переменных во времени определяются внутренним взаимодействием самих переменных. Замкнутая модель может выявить поведение системы без ввода внешней переменной.

Модель, связанная с внешними переменными называется открытой.

По отношению к временному фактору модели делятся на динамические и статические (рисунок 10).

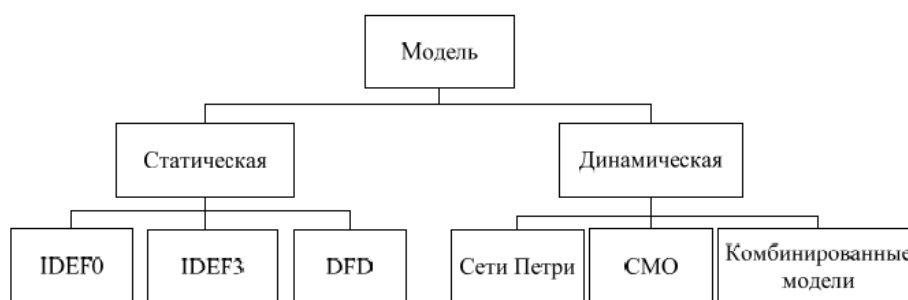


Рисунок 10 – Схема классификации математических моделей по отношению ко времени

Модель называется статической, если среди параметров, участвующих в ее описании, нет временного параметра. Статическая модель в каждый момент времени дает лишь «фотографию» системы, ее срез. Одним из видов статических моделей являются структурные модели.

Пример. Закон Ньютона $F = am$ — это статическая модель движущейся с ускорением a материальной точки массой m . Эта модель не учитывает изменение ускорения от одной точки к другой.

Динамической моделью называется модель, если среди ее параметров есть временной параметр, т. е. она отображает систему (процессы в системе) во времени.

Пример. Модель $S = gt^2/2$ — динамическая модель пути при свободном падении тела. Динамическая модель типа закона Ньютона: $F(t) = a(t)m(t)$. Еще лучшей формой динамической модели Ньютона является: $F(t) = s''(t)m(t)$.

Этапы моделирования представлены на рисунке 11.



Рисунок 11 – Схема создания модели

Задание к практической работе:

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Согласно варианту классифицировать предложенные модели систем по изученным критериям.
3. Согласно варианту описать систему качественным или количественным методами.
4. Оформить отчет о практической работе: титульный лист, задание на работу согласно варианта, решение.
5. Защитить отчет у преподавателя.

Варианты:

№ варианта	Классифицировать следующие модели систем	Описать систему
1	человек, ВУЗ, автомобиль, магазин, семья	ВУЗ – качественным методом
2	Государство, столовая, солнечная система, фирма Apple	Столовая – количественным методом
3	отдел продаж, сбербанк, библиотека, бюро размещения отдыхающих, пасека	Отдел продаж – качественным методом
4	парковка, волонтерский центр ВУЗа, Совет Федерации, персональный компьютер	Парковка – количественным методом
5	кинотеатр, город Краснодар, метро, развлекательный центр, Луна	Кинотеатр – качественным методом
6	школа, поселок городского типа, настольная лампа, СТО,	СТО – количественным методом

	кондитерская	
7	самолет, вокзал, профессиональное училище, академическая группа, ребенок	Самолет – качественным методом
8	метеобюро, телевизор, книга, Газпром, электросеть	Метеобюро – количественным методом
9	агрофирма, пункт быстрого питания, кафе, магазин продуктов	Кафе – качественным методом
10	салон красоты, спортивный лагерь, Роснефть, шариковая ручка	Салон красоты – количественным методом
11	зоопарк, политическая партия, жилой район города, приемная ректора, автобус	Автобус – качественным методом
12	поезд, бюро находок, камера хранения, программный продукт фирмы 1С, банк ВТБ-24	Камера хранения – количественным методом
13	манипулятор, солнечные очки, хлебозавод, автопарк, гантели	Автопарк – качественным методом
14	спортзал, кресло, кинозал, касса автосалона, группа туристов	Касса автосалона – количественным методом
15	маркетинговый отдел, стол, автомобиль, парковка фирмы, банк Уралсиб	Маркетинговый отдел – качественным методом

Пример выполнения задания:

1. Система – парикмахерская.

Относится к познавательным моделям.

По степени абстрагирования от объекта оригинала относится к идеальным, знаковым и графическим системам.

По принадлежности к иерархическому уровню относится к математическим моделям макроуровня.

По характеру отображаемых свойств объекта относится к функциональным моделям.

По способу представления свойств объекта относится к имитационным моделям.

По способу получения модели является теоретической моделью.

По форме представления свойств объекта – графовая.

Является устойчивой и открытой моделью.

По отношению к временному фактору – статическая модель.

2. Описание системы посредством морфологического подхода.

1. Формулировка задачи: сконструировать переносной малогабаритный осветительный прибор для освещения труднодоступных внутренних мест телевизора.

2. Осветительное устройство использует энергию, преобразует ее в световую и организует поток света в нужное место. Кроме того, оно на чем-то крепится или устанавливается, возможно, имеет какие-то элементы, обеспечивающие перевод из транспортного в рабочее положение, а также элементы, обеспечивающие безопасность работающего. Составим таблицу, где слева будет наименование функции, а справа - наименование узла, участвующего в ее реализации.

Функция	Узлы
Энергопитание	Источник энергии, коммутатор (регулятор потока энергии), коммуникации (проведение энергии от источника к преобразователю)
Преобразование энергии источника " в световую	Источник света, регулятор интенсивности светового потока
Организация светового потока	Рефлектор, светопровод, линзовое устройство и т.п.
Крепление устройства	Элемент крепления (основание, стойка, зажим, струбцина и т.п.)
Перевод из транспортного состояния в рабочее	Элементы, обеспечивающие изменение габаритов устройства (шарниры, телескопические устройства, гибкие элементы и т.п.)
Обеспечение безопасности	Элементы защиты (изоляции) от напряжения, ожога, ослепления и т.д.

Извлекаем из правого столбца таблицы наименования параметров:

1. Источник энергии.
2. Проводник энергии.
3. Выключатель.
4. Регулятор потока энергии.
5. Источник света.
6. Регулятор светового потока.
7. Светонаправляющие элементы.
8. Устройство крепления осветителя.
9. Устройство развертывания-свертывания осветителя.
10. Элементы защиты работающего.

Если каждый параметр можно реализовать всего лишь тремя способами, то каждый в итоге морфологический ящик будет содержать $3^{10} = 59049$ вариантов светильника, а такую массу вариантов очень трудно проанализировать (в обозримое время). Поэтому при работе по «короткому» алгоритму ММЯ стараются число параметров и число вариантов их реализации свести к минимуму. При этом очень важным представляется напоминание Цвикки, что

все параметры должны быть примерно равнозначимы с точки зрения поставленной цели.

Рассмотрим вновь наш список из десяти параметров на предмет сравнения важности параметров и возможного сокращения списка.

Прежде всего, ясно, что телевизионный мастер будет работать в помещении, где есть сеть переменного тока, стало быть, источник энергии можно однозначно определить так же, как и проводник энергии, и выключатель. Одновременно традиционными способами решаются и вопросы электроизоляции.

Следующий шаг: регулировку светового потока целесообразно делать только в одном месте. И, наконец, защита работающего от электрического напряжения решена, защита от света решается одновременно с задачей организации светового потока, а от ожогов - едва ли кому нужен осветитель с КПД < 1%, а поскольку освещение рабочей зоны требует не более 10 — 100 мВт световой мощности, то обжечься, собственно, и нечем.

Таким образом, параметры 1 и 2 исключаются из-за тривиальности их выбора, параметр 3 оставим, но лишь затем, чтобы выбрать, где разместить выключатель и вообще нужен ли он. Параметр 5 остается, 4 и 6 объединяются в один. Параметры 7, 8 и 9 остаются, 10 исключается. Итого: в списке осталось 6 параметров, при этом изменилась и формулировка задачи, поскольку в нее следует добавить слова «с питанием от электросети ~220 В».

3. Морфологическая таблица строится так: левый столбец заполняется наименованиями параметров, а затем к каждой клетке этого столбца справа пристраивается столько клеток, сколько нужно для размещения всех вариантов реализации данного параметра (по одному в каждой клетке).

Очевидно, получившиеся строки будут в общем случае иметь разную длину. Пример такой таблицы приведен ниже, причем наименования условно обозначены буквами.

Параметр	Альтернативы		
А	А1	А2	А3
Б	Б1	Б2	
В	В1	В2	В3
Г	Г1	Г2	Г3

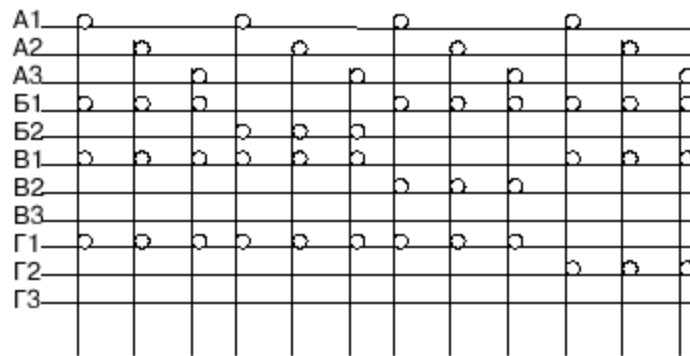
Морфологический список строится аналогично многозвенному оглавлению: вслед за пронумерованным (или обозначенным буквой) параметром выписываются по порядку с красной строки все варианты или альтернативы его реализации с соответствующими двухзвенными номерами.

Морфологическая матрица представляет собой прямоугольную матрицу, каждая клетка которой соответствует конкретному варианту реализации исследуемого объекта.

		А1		А2		А3	
		Б1	Б2	Б1	Б2	Б1	Б2
Г1	В1						
	В2						

	B3						
Г2	B1						
	B2						
	B3						
Г3	B1						
	B2						
	B3						

Морфологическая диаграмма строится так: выписывают в столбик все альтернативы всех параметров по порядку, затем против каждой из них проводят горизонтальную черту необходимой длины. Каждый конкретный вариант реализации объекта формируют с помощью вертикальной черты, пересекающей все горизонтальные линии, с отметкой всех реализуемых в данном варианте альтернатив.



Из перечисленных форм первые две удобнее использовать на стадии заполнения морфологического множества, последние две - на стадии его анализа.

ММЯ - метод, требующий в оформлении крайней тщательности, и одновременно метод, неизбежно связанный с многократными исправлениями, дополнениями и вычеркиваниями.

Строим морфологическую таблицу. Без всяких вспомогательных материалов, ориентируясь только на свой жизненный опыт и таблицу 1 данного примера, строим матрицу, представленную в виде таблицы.

А. Выключатель	A1. В основании	A2. В вилке.	A3. В патроне	A4. Отсутствует	A5*. На проводе
Б. Источник света	B1. Лампа накаливания		B2. Светодиод	B3. Люминесцентная лампа	
В. Регулятор светового потока	V1. Автотрансформатор	V2. Реостат	V3. Диафрагма	V4. Шторка	V5. Отсутствует
Г. Светонаправляющий элемент	Г1. Рефлектор	Г2. Линзовый конденсор	Г3. Световод	Г4. Плоское зеркало	Г5. Отсутствует
Д. Устройство крепления	D1. Массивное основание	D2. Струбцина	D3. Зажим типа "крокодил"	D4. Магнит	D5*. Наголовник
Е. Устройство развешивания	E1. Телескопическое устройство	E2. Жесткий металлорукав	E3. Шарнирное	E4. Отсутствует	

			устройство	
--	--	--	------------	--

*Альтернативы, появившиеся при просмотре аналогов из других областей, согласно измененным формулировкам цели

Морфологическое множество построено, оно содержит $5 \times 3 \times 5 \times 5 \times 6 \times 4 = 900$ вариантов светильника. Многовато вариантов, начинаем «выжимать» из матрицы все лишнее.

После всех этих преобразований матрица принимает следующий вид. В ней содержится $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 4 = 768$ вариантов.

А. Регулятор		А1. Есть		А2. Нет	
Б. Светонаправляющие элементы	Б1. Рефлектор	Б1.1. Есть		Б1.2. Нет	
	Б2. Конденсор	Б2.1. Есть		Б2.2. Нет	
	Б3. Световод	Б3.1. Есть		Б3.2. Нет	
	Б4. Зеркало	Б4.1. Есть		Б4.2. Нет	
В. Устройство крепления		В1. Струбцина		В2. Зажим	
Г. Устройство разворачивания		Г1. Телескопическое		Г2. Металлорукав	
				Г3. Шарнир	
				Г4. Нет	

Сделаем еще один шаг, отложив детальный анализ светонаправляющей системы и системы разворачивания до следующей стадии и ограничившись сейчас анализом совсем небольшой морфологической таблицы. Тут всего лишь $2^4 = 16$ вариантов осветителей, но зато эти варианты обозначены лишь в самых общих чертах.

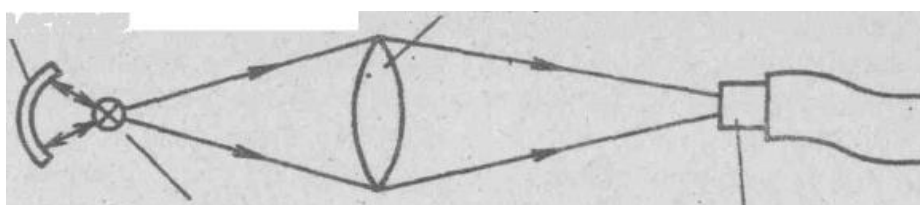
А. Регулятор	А1.Есть	А2.Нет
Б. Светонаправляющие элементы	Б1.Есть	Б2.Нет
В. Устройство крепления	В1. Струбцина (зажим)	В2. Наголовник
Г. Элементы разворачивания	Г1 .Есть	Г2.Нет

Проанализируем полученную диаграмму.

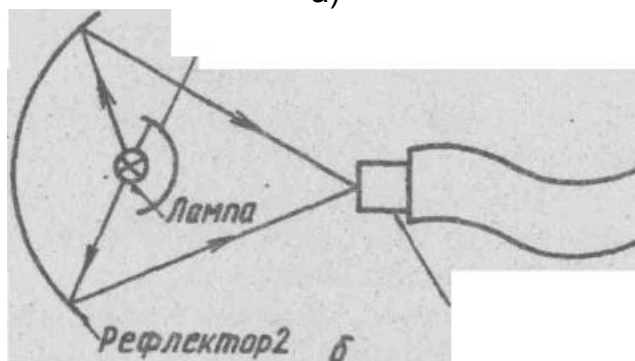
А.	Рефлектор	А1 .Сферическое зеркало		А2. Плоское зеркало	А3. Нет
Б.	Фокусирующее устройство	Б1 .Конденсорная линза	Б2 . Фокусирующая линза	Б3. Сферическое зеркало	Б4.Нет
В.	Светопровод	В1 .Труба		В2. Световод (воздух)	В3.Нет
Г.	Оконечный светонаправляющий элемент	Г1 .Зеркало	Г2 . Матовый рассеиватель		Г3.Нет

В строке А целесообразно оставить А1, причем лампу следует поместить в центре сферы, тогда ее изображение совпадет с самой лампой, что облегчит дальнейшие манипуляции со световым потоком. Что касается строки В, то световод имеет здесь несомненные преимущества перед остальными двумя вариантами. Выбрав световод, мы тем самым конкретизируем и условия для параметров Б и Г: весь световой пучок нужно «загнать» во входной зрачок световода, т.е. пригодны только варианты Б2 и Б3; на выходе из световода пучок имеет угловую расходимость $\sim 25^\circ$, и если выходной зрачок его правильно сориентировать относительно рабочей площадки, то никаких окончательных светонаправляющих элементов уже не потребуется. Таким образом, осталось в этой таблице выбрать только линзу или сферическое зеркало.

Особенность выбранной конструкции в том, что осветитель фактически состоит из жестко зафиксированных друг относительно друга рефлекторов, лампы и входного зрачка световода и жестко зафиксированного относительно рабочей зоны выходного зрачка световода. Это значит, что жесткое крепление требуется для входного зрачка световода, причем крепление компактное, надежное и «за что угодно».



а)



б)

Линзовый (а) и рефлекторный (б) варианты реализации входного участка осветителя

Очевидно, лучше, чем зажим, едва ли удастся найти средство крепления. Но одним зажимом не обойтись, нужно еще ориентировать выходной зрачок, так что обойма световода должна быть соединена с зажимом крепления, например, через шаровой шарнир. Блок лампы можно класть куда угодно, а при малых его габаритах можно вообще допустить, чтобы он свободно висел на световоде. Однако у нас появилось условие малогабаритности блока лампы, которое выполнимо только для точечных ламп, а подобные лампы малой мощности выпускаются только на низкое напряжение. Значит, придется добавить трансформатор питания 220/8 В; для 8-ваттной лампочки трансформатор получается и компактным, и достаточно легким.

Практические занятия №2: Методология моделирования бизнес-процессов

Методология SADT – это совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения моделей объекта предметной области.

SADT-методология является основой семейства методологий моделирования IDEF. Семейство IDEF (ICAM Definition – определение основных терминов программы ICAM) появилось в США в рамках правительственной программы ICAM (Integrated Computer Aid of Manufactory – интегрированная компьютерная помощь производству).

Методология SADT была разработана и предложена Дугласом Россом в конце 60-х годов. В эти годы большинство специалистов работало над созданием программного обеспечения, но немногие старались разрешить более сложную задачу создания крупномасштабных систем, включающих как людей и машины, так и программное обеспечение, аналогичных системам, применяемым в телефонной связи, промышленности, управлении и контроле за вооружением. Методы, такие как SADT, на начальных этапах создания системы позволяют гораздо лучше понять рассматриваемую проблему, и это сокращает затраты как на создание, так и на эксплуатацию системы, а кроме того, повышает ее надежность. Таким образом, SADT – это способ уменьшить количество дорогостоящих ошибок за счет структуризации на ранних этапах создания системы, улучшения контактов между пользователями и разработчиками и сглаживания перехода от анализа к проектированию.

В настоящее время семейство IDEF представляет собой IDEF0, IDEF1, IDEF2, ..., IDEF16.

Методология функционального моделирования IDEF0

За счет своей универсальности, строгости и простоты в настоящее время IDEF0-модели получили широкое распространение и используются:

1) при создании систем менеджмента качества (СМК) на предприятии. Процесс разработки СМК включает в себя разработку документированных процедур, которые представляют собой статическое описание процессов в виде IDEF0-моделей;

2) при проведении обследования деятельности предприятия. Обследование является важнейшим и определяющим этапом консалтинговых проектов, при которых осуществляется построение и анализ моде-лей

деятельности предприятия двух типов: «как есть» и «как должно быть», отображающих текущее и целевое состояние предприятия;

3) при реинжиниринге, включающем изменение технологий целевой и текущей деятельности предприятия, операций учета, планирования, управления и контроля; построение рациональных технологий работы предприятия с учетом существующих автоматизированных систем; создание перспективной оргштатной структуры предприятия, осуществляющей реализацию рациональных технологий работы; изменение информационных потоков и документооборота, обеспечивающих реализацию рациональных технологий работы; разработку проектов схем внутреннего и внешнего документооборота, проекта положения о документообороте, проекта альбома форм входных и выходных доку-ментов;

4) при выборе критериев для внедрения корпоративных информационных систем (КИС);

5) при разработке и внедрении новых информационных систем (ИС);

6) при выборе программного обеспечения, автоматизирующего полностью или частично деятельность предприятия (например, системы электронного документооборота);

7) при стратегическом и оперативном планировании деятельности предприятия.

В основе IDEF0-методологии заложена следующая концепция:

1. Блочное моделирование и его графическое представление. Графика блоков и дуг SADT-диаграммы отображает функцию в виде блока, а интерфейсы входа/выхода представляются дугами, соответственно входящими в блок и выходящими из него. Взаимодействие блоков друг с другом описывается посредством интерфейсных дуг, выражающих ограничения, которые, в свою очередь, определяют, когда и каким образом функции выполняются и управляются.

2. Лаконичность и точность. Выполнение правил SADT требует лаконичности и точности разрабатываемой документации и именования структурных элементов (блоков и стрелок), не накладывая в то же время чрезмерных ограничений на действия аналитика.

3. Передача информации. SADT-модель обычно является одной из первых стадий разработки проекта, затем модель передается для дальнейшей работы. Таким образом, модель должна быть разработана так, чтобы в дальнейшем с ней могли работать и понимать, что в нее заложено.

4. Строгость и формализм. Разработка моделей требует соблюдения строгих формальных правил, обеспечивающих преимущества методологии в отношении однозначности и целостности сложных много-уровневых моделей.

5. Итеративное моделирование. Разработка модели представляет собой пошаговую, итеративную процедуру. На каждом шаге итерации аналитик предлагает эксперту вариант модели, который подвергают об-суждению, рецензированию и редактированию.

6. Отделение «организации» от «функций». Исключение влияния организационной структуры на функциональную модель.

Состав и изображение IDEF0-модели приведены на рис. 12.

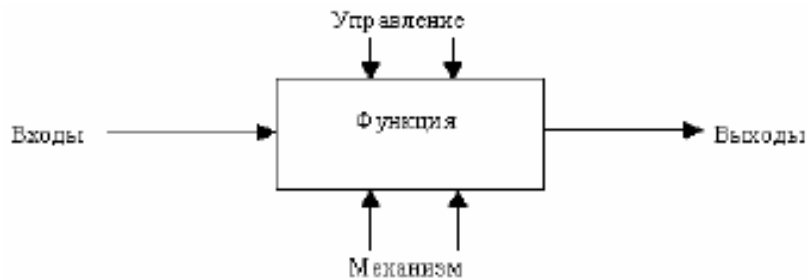


Рисунок 12 - Состав IDEF0-модели

Исходя из названия и информационного наполнения, основным структурным элементом IDEF0-методологии является функция, которая определяет процессы, действия, операции. Имя функции задается глаголом (например, определить стоимость, выполнить операцию). Второй структурный элемент IDEF0-методологии – это стрелка. Стрелки бывают пяти видов:

- входная стрелка, которая показывает то, что необходимо для выполнения функции (детали, заказы);
- выходная стрелка, которая является результатом выполнения функции (прибыль, готовая продукция);
- стрелка-механизм – это то, с помощью кого или чего выполняется функция (сотрудники, оборудование);
- стрелка-управление, которая регламентирует выполнение функции (устав, ГОСТы);
- стрелка-вызов представляет собой техническую стрелку, которая необходима для слияния/расщепления моделей, не несет информативной нагрузки.

Все стрелки (кроме стрелки-вызова) могут быть классифицированы на два вида: внутренние и граничные стрелки (рис. 13).

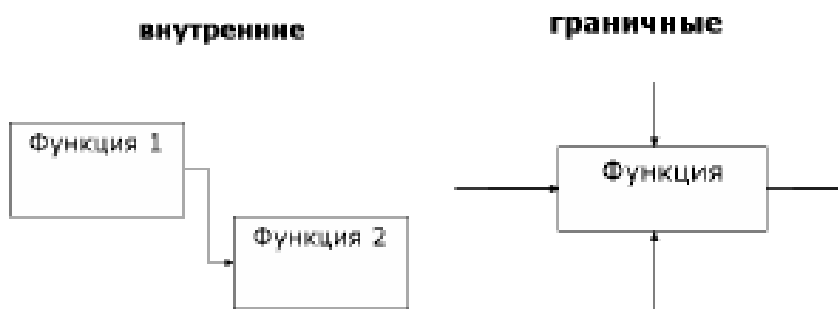


Рисунок 13 - Внутренние и граничные стрелки

В общем виде IDEF0-модель представляет собой набор согласованных диаграмм, фрагмента текста и глоссария (словаря данных). Диаграмма – часть модели, состоящая из взаимосвязанных блоков. Существует специальный вид диаграммы, который называется контекстной диаграммой. Контекстная диаграмма – это диаграмма самого верхнего уровня (уровень А-0), представляющая систему в общем, в виде «черного ящика», и связывающая ее с внешним миром с помощью интерфейсных дуг. Контекстная диаграмма состоит

из одного функционального блока, любого количества стрелок, цели моделирования и точки зрения. Пример контекстной диаграммы приведен на рис. 14. Цель моделирования указывает, для чего разрабатывается конкретная модель. Точка зрения определяет должностное лицо или подразделение организации, с точки зрения которого разрабатывается модель.



Рисунок 14 - Пример контекстной диаграммы

После разработки контекстной диаграммы проводят процесс декомпозиции. Декомпозиция – это разбиение функции на подфункции, т. е. более детальное ее представление. Говоря о декомпозиции, следует упомянуть об ICOM-кодогенерации (Input, Control, Output, Mechanism), которая позволяет сохранить целостность модели. На практике ICOM-кодогенерация – это процесс, который автоматически переносит стрелки, присоединенные к функциональному блоку, на диаграммы декомпозиции (диаграммы-потомки). Таким образом поддерживается связь между диаграммами-родителями и диаграммами-потомками, сохраняется целостность модели.

Для схожих целей в IDEF0-модели существует понятие туннелирования, или туннельной стрелки. Туннельная стрелка – это специальный вид стрелки (это может быть вход, выход, механизм или управление), которая на модели отображается в виде круглых или квадратных скобок. Квадратные скобки предупреждают разработчика, что в модели появилась ошибка. Квадратные скобки необходимо либо совсем убрать, либо заменить на круглые. Круглые скобки у блока или границы означают, что стрелка является туннельной. Туннель у границы показывает, что этой стрелки нет на диаграмме-родителе, т. е. на верхнем уровне декомпозиции эта стрелка не важна. Туннель у блока говорит о том, что эта стрелка не важна на диаграмме-потомке, и там она не отобразится. Пример туннельных стрелок приведен на рис. 15.



Рисунок 15 - Пример туннельных стрелок

В IDEF0-модели также могут быть стрелки ветвления и слияния, существуют правила отображения этих стрелок в модели. Пример стрелок приведен на рис. 16 и рис. 17 (а – неверный способ отображения, б – верный способ отображения).

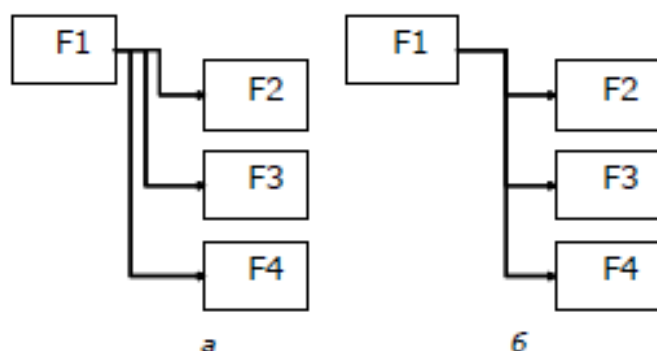


Рисунок 16 - Способ отображения стрелок ветвления:
а – неверный способ отображения; *б* – верный способ отображения

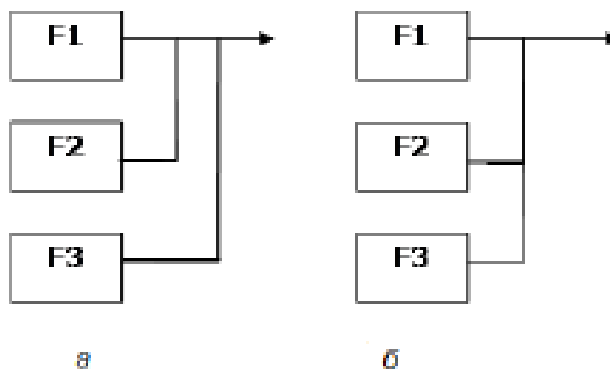


Рисунок 17 - Способ отображения стрелок слияния:
а – неверный способ отображения; *б* – верный способ отображения

Нумерация блоков в IDEF0-модели представляет собой отображение префикса (чаще всего используют А) и описание всей иерархии (рис. 18).

А 6.1.1

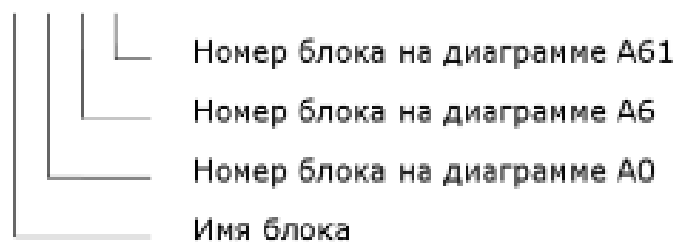


Рисунок 18 - Пример нумерации блока в модели

Между функциями в модели существуют определенные типы отношений:
– **доминирование**. Это один из распространенных типов отношений между функциями. Отношение доминирования имеет два возможных значения: во-первых, блоки, расположенные выше, более важны и доминантны в рамках рассматриваемой предметной области, во-вторых, блоки, расположенные выше, выполняются раньше по времени, напри-мер, если рассмотреть начальную стадию работы промышленного пред-приятия, то первой функцией будет проведение маркетинговых исследований, затем проектные работы, после чего закупка материалов, производство и продажа готовой продукции (рис. 19);



Рисунок 19 - Отношение доминирования

– **управление**. Этот тип отношения используется довольно редко, т. к. результат первой функции – это управляющее воздействие для других функций. В качестве примера можно привести следующее: первая функция – «разработать учебно-методические указания», выход функции – «учебно-методические указания», тогда вторая функция – «вы-полнить лабораторную работу». Пример приведен на рис. 20;



Рисунок 20 - Отношение управления

– **выход–вход**. Самый применяемый тип отношения, когда выход одной функции является входом для другой (рис. 21);

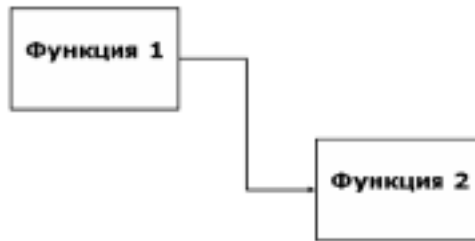


Рисунок 21 - Отношение выход–вход

– **обратная связь (ОС) по управлению.** Выход одной функции является управлением для другой, схож с отношением управления (см. рис. 2.11);

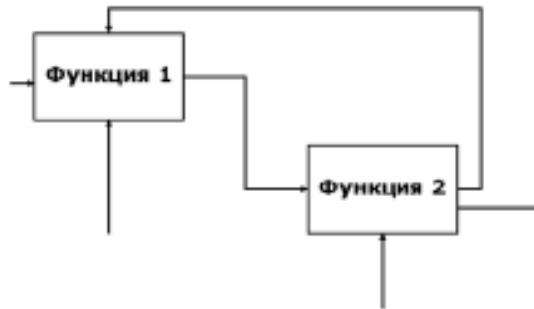


Рисунок 22 - Отношение обратная связь по управлению

– **ОС по входу.** Является аналогом отношения выход–вход (рис. 2.12);

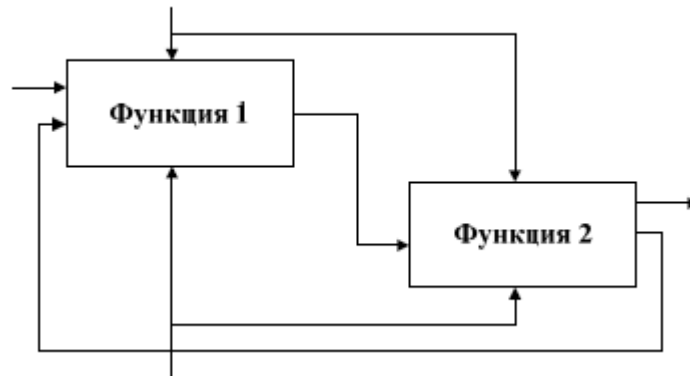


Рисунок 23 - Отношение обратная связь по входу

– **выход–механизм.** Редкий тип отношения, в качестве примера можно привести следующее: предприятие занимается выпуском продукции, а потом в своей дальнейшей деятельности использует это оборудование на других этапах (рис. 2.13).

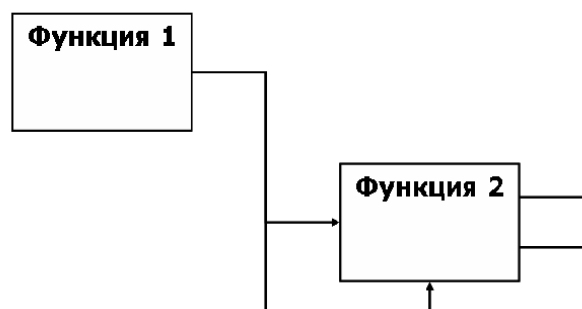


Рисунок 24 - Отношение выход–механизм

Правила построения диаграмм

1. В состав модели обязательно должна входить контекстная диаграмма уровня А-0.
2. Блоки на диаграмме должны располагаться (предпочтительно) по диагонали (отношение доминирования).
3. Неконтекстные диаграммы должны содержать количество функциональных блоков от 3 до 6. Три функциональных блока определяется тем, что на меньшее количество (два или один) декомпозировать не целесообразно, лучше добавить один или два блока на диаграмме-родителе. Шесть функциональных блоков определено тем, что большее количество блоков, и соответственно, стрелок, не адекватно воспринимается человеком.
4. Имена функций и стрелок должны быть уникальными. Имена функций должны быть заданы глаголом. Имена стрелок – именем существительным.
5. У любого функционального блока обязательно должна быть хотя бы одна стрелка-управления и одна стрелка-выход. Стрелки-входа может и не быть, но в этом случае, стрелка-управления будет одновременно представлять управляющую и исходную информации. Насчет стрелки-механизма в стандарте функционального моделирования, как в англоязычном, так и в русскоязычном варианте, ничего не сказано, но трудно представить функцию, которая может выполняться автономно без человека или оборудования, исключением являются, например, ядерные реакции.
6. При разработке модели необходимо стремиться к уменьшению количества необязательных пересечений стрелок, минимизировать число петель и поворотов каждой стрелки (рис. 2.14, а – неверный способ отображения, рис. 2.14, б – верный способ отображения).

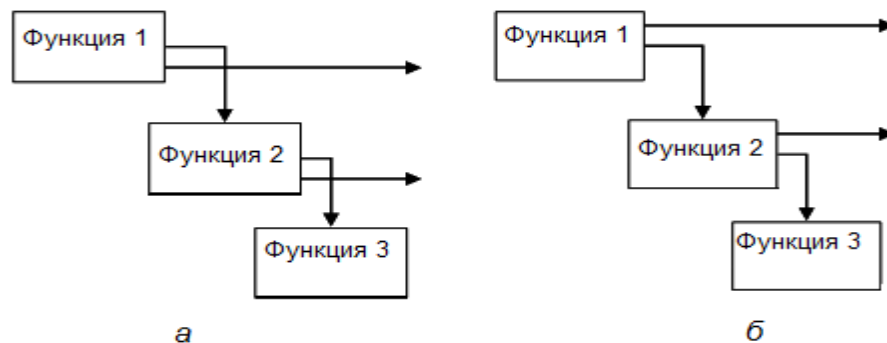


Рисунок 25 - Пример изображения стрелок в модели:

а – неверный способ отображения; *б* – верный способ отображения

7. Стрелки должны объединяться, если имеют общий источник (рис. 2.15, а – неверный способ отображения, рис. 2.15, б – верный способ отображения).

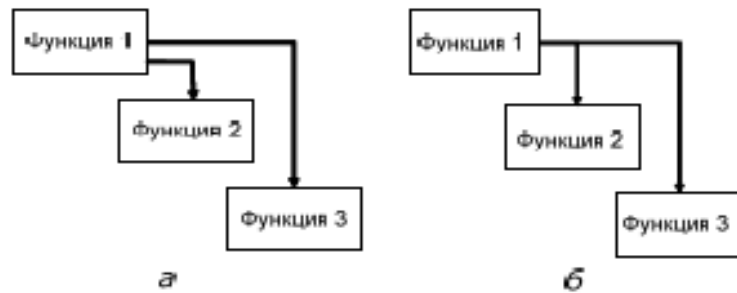


Рисунок 26 - Пример изображения ветвления стрелок в модели:
 а – неверный способ отображения; б – верный способ отображения

На рис. 2.16 приведен пример IDEF0-модели деятельности промышленного предприятия (а – контекстная диаграмма, б – диаграмма декомпозиции).

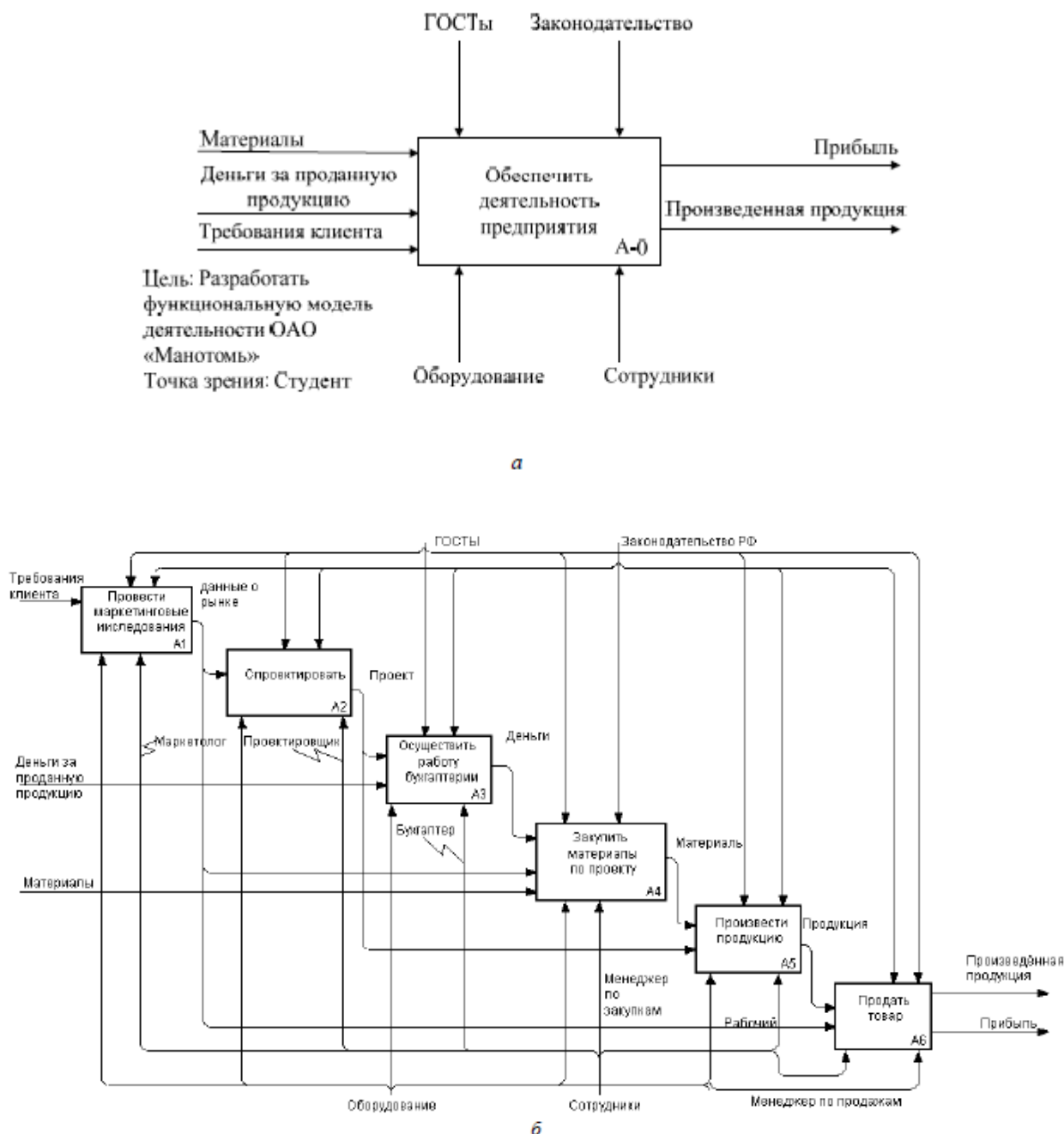


Рис. 2.16. Пример IDEF0-модели деятельности промышленного предприятия:
а – контекстная диаграмма (уровень А-0);
б – диаграмма основных бизнес-процессов (уровень А0)

Методология событийного моделирования IDEF3

IDEF3-методология менее популярна, чем IDEF0, но в последнее время все чаще встречаются программные продукты, ее реализующие, и сами IDEF3-модели более интересны, т. к. позволяют описать логику процесса за счет введения ряда новых структурных элементов. Практически IDEF3-модели используются:

- 1) для документирования технологических процессов, где важна последовательность выполнения процесса;
- 2) описания различных ситуаций (событий) дальнейшего развития процесса с целью прогнозирования (по принципу «что будет, если...»);
- 3) принятия эффективных управленческих решений при реорганизации процессов.

Различают два типа IDEF3-моделей: диаграммы выполнения последовательности этапов (Process Flow Description Diagram) и диаграммы изменения состояний объекта (Object State Transition Network). Отличаются эти диаграммы точкой зрения, которая рассматривается при создании модели. Диаграммы выполнения последовательности этапов разрабатываются с точки зрения стороннего наблюдателя, а диаграммы изменения состояний объекта – с точки зрения самого рассматриваемого объекта. Наиболее часто при моделировании процессов используют диаграммы выполнения последовательности этапов, именно их в дальнейшем мы и будем подразумевать, говоря о IDEF3-моделях.

Выделяют четыре элемента IDEF3-модели.

1. Единицы работ (Unit of work), которые отображают действия, процессы, события, этапы выполнения работ (рис. 2.19). Имя задается в форме глагола, указывается номер и кто исполняет данную единицу работ.



Рис. 2.19. Графическое изображение единицы работ

Говоря об единицах работ, необходимо отметить, что IDEF3-модели являются моделями «один вход – один выход» («single input – single output»), т.е. у любой единицы работ может быть только один вход и один выход, иначе необходимо вводить дополнительные элементы – перекрестки.

2. Ссылки (Referents) (см. рис. 2.20) могут выполнять две роли:

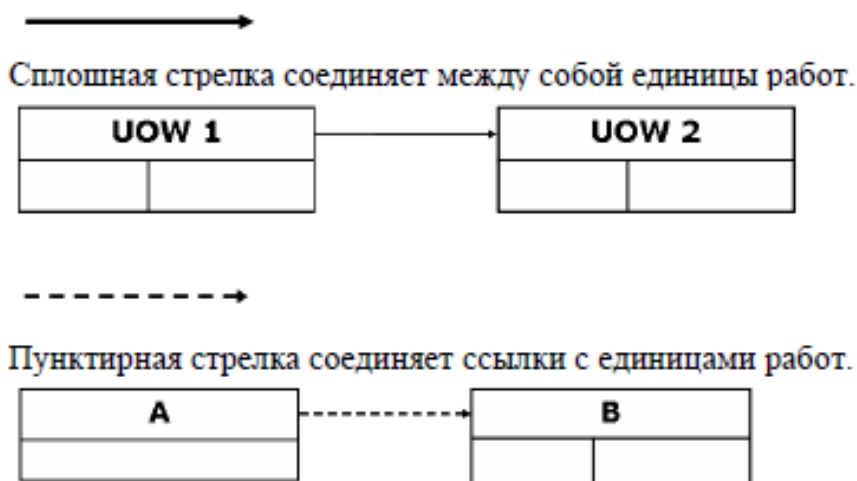
- необходимые элементы для выполнения технологического процесса либо результат технологического процесса (металл, компоненты, готовое изделие и т. п.);
- активаторы процесса (клиент, поставщик и т. п.).

Имя ссылки задается именем существительным.



Рис. 2.20. Графическое изображение ссылки

3. Связи (Links) отображают передачу действия от одной единицы работ к другой либо соединяют ссылку с единицей работ, т. е. активируют единицу работ.



4. Перекрестки (Junctions) являются элементами модели, за счет которых описывается логика и последовательность выполнения этапов в модели. Перекресток кардинально отличает IDEF3-модель от других видов моделей, т. к. за счет него описывается событийность модели.

Перекрестки бывают двух видов: перекрестки слияния – Fan In и перекрестки ветвления – Fan Out (рис. 2.21).

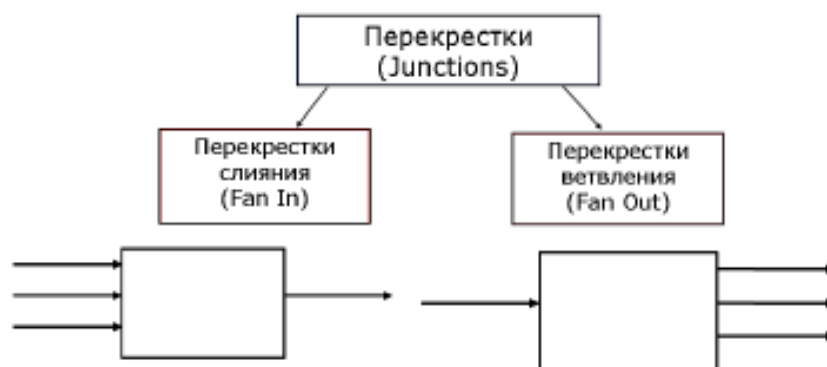


Рис. 2.21. Перекрестки слияния и ветвления

Перекресток не может быть одновременно перекрестком слияния и ветвления (рис. 2.22, а), т.к. в этом случае будет неясно правило его срабатывания. Эта ситуация разрешается путем введения в модель каскада перекрестков (рис. 2.22, б).

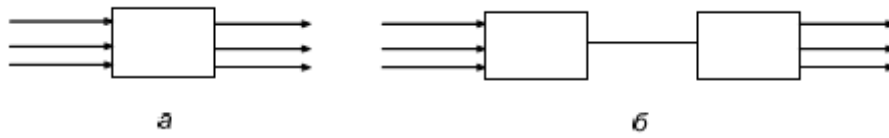







Рис. 2.22. Графическое изображение перекрестка:
a – неверный способ отображения; *б* – верный способ отображения

В свою очередь, все перекрестки могут быть пяти типов:

1.  Asynchronous AND (Асинхронное И)
2.  Synchronous AND (Синхронное И)
3.  Asynchronous OR (Асинхронное ИЛИ)
4.  Synchronous OR (Синхронное ИЛИ)
5.  XOR (Exclusive OR) (Исключающее ИЛИ)

Asynchronous AND (Асинхронное И)

Правило срабатывания перекрестка слияния (рис. 2.23, а): выходной процесс запустится, если завершились все входные процессы.

Вариантов срабатывания этого перекрестка – один.

Правило срабатывания перекрестка ветвления (рис. 2.23, б): после завершения входного процесса запустятся все выходные процессы.

Вариантов срабатывания этого перекрестка – один.

Пример: после завершения входного процесса «рассчитать клиента» запустятся все выходные процессы «пробить кассовый чек», «принять деньги» и «упаковать покупки», причем эти процессы начнутся не одновременно.

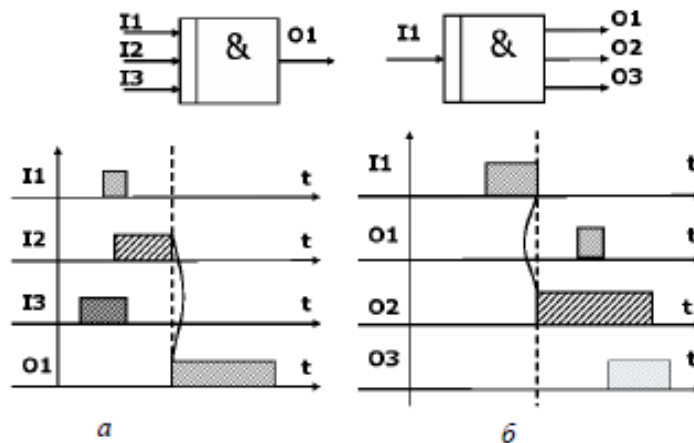


Рис. 2.23. Asynchronous AND (Асинхронное И):
a – перекресток слияния; *б* – перекресток ветвления

Synchronous AND (Синхронное И)

Правило срабатывания перекрестка слияния (рис. 2.24, а): выходной процесс запустится, если завершились одновременно все входные процессы. Одновременность не означает, что события произойдут в одну и ту же секунду, это может быть различный по длительности промежутки времени: минута, час, день (зависит от предметной области).

Вариантов срабатывания этого перекрестка – один.

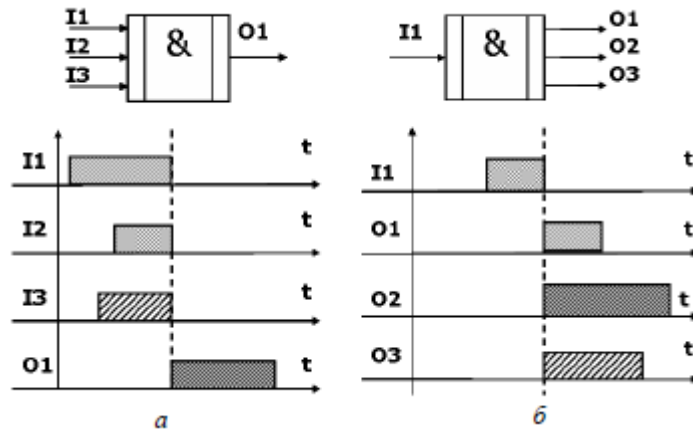


Рис. 2.24. Synchronous AND (Синхронное И):
а – перекресток слияния; б – перекресток ветвления

Правило срабатывания перекрестка ветвления (см. рис. 2.24, б): после завершения входного процесса запустятся все выходные процессы, причем запустятся одновременно.

Вариантов срабатывания этого перекрестка – один.

Asynchronous OR (Асинхронное ИЛИ)

Правило срабатывания перекрестка слияния (см. рис. 2.25, а): выходной процесс запустится, если завершится один или любая возможная комбинация входных процессов.

Вариантов срабатывания этого перекрестка будет $2^N - 1$, где N – количество входов перекрестка.

Правило срабатывания перекрестка ветвления (см. рис. 2.25, б): после завершения входного процесса запустятся один или любая возможная комбинация выходных процессов.

Вариантов срабатывания этого перекрестка будет $2^N - 1$, где N – количество выходов перекрестка.

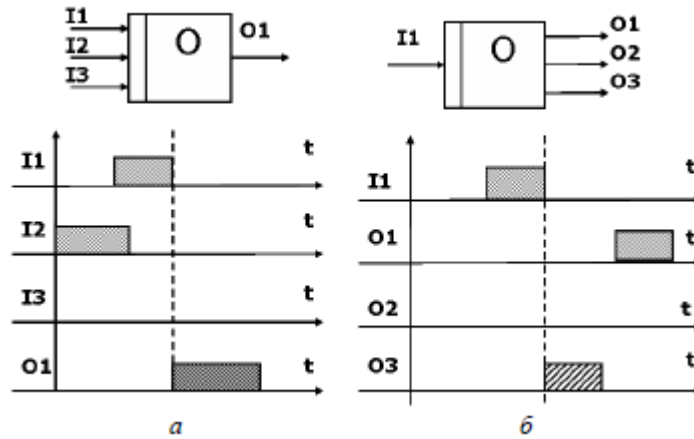


Рис. 2.25. Asynchronous OR (Асинхронное ИЛИ):
a – перекресток слияния; *б* – перекресток ветвления

Synchronous OR (Синхронное ИЛИ)

Правило срабатывания перекрестка слияния (см. рис. 2.26, а): выходной процесс запустится, если завершится один или любая возможная комбинация входных процессов, но если сработала комбинация процессов, то тогда завершится она должна одновременно.

Вариантов срабатывания этого перекрестка будет $2^N - 1$, где N – количество входов перекрестка.

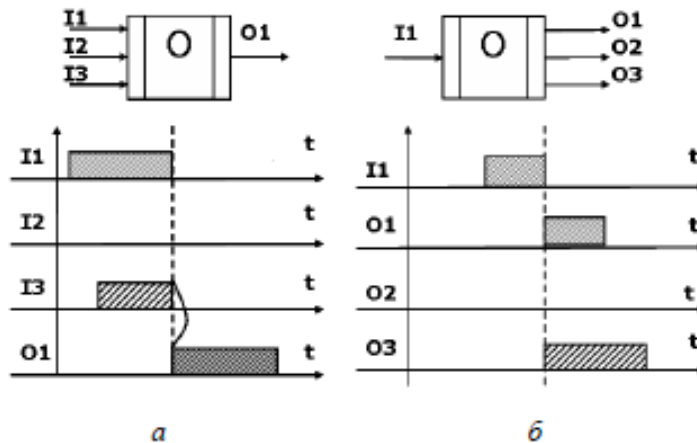


Рис. 2.26. Synchronous OR (Синхронное ИЛИ):
a – перекресток слияния; *б* – перекресток ветвления

Вариантов срабатывания этого перекрестка будет $2^N - 1$, где N – количество выходов перекрестка.

Exclusive OR (исключающее ИЛИ)

Правило срабатывания перекрестка слияния (см. рис. 2.27, а): выходной процесс запустится, если завершился только один входной процесс.

Вариантов срабатывания этого перекрестка – N , где N – количество входов перекрестка.

Правило срабатывания перекрестка ветвления (см. рис. 2.27, б): после завершения входного процесса запустится только один выходной процесс.

Вариантов срабатывания этого перекрестка – N , где N – количество выходов перекрестка.

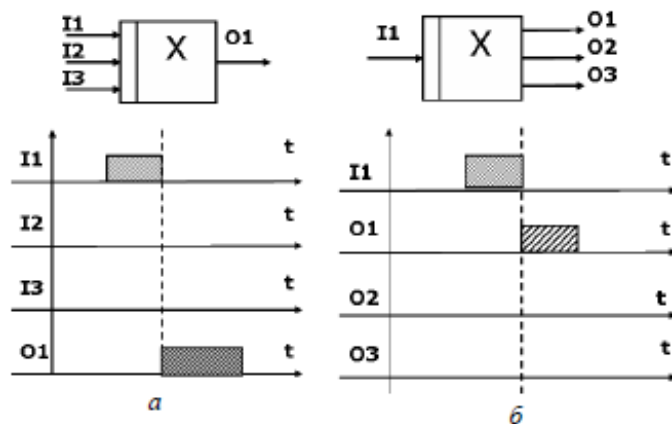


Рис. 2.27. Exclusive OR (исключающее ИЛИ):
a – перекресток слияния; *б* – перекресток ветвления

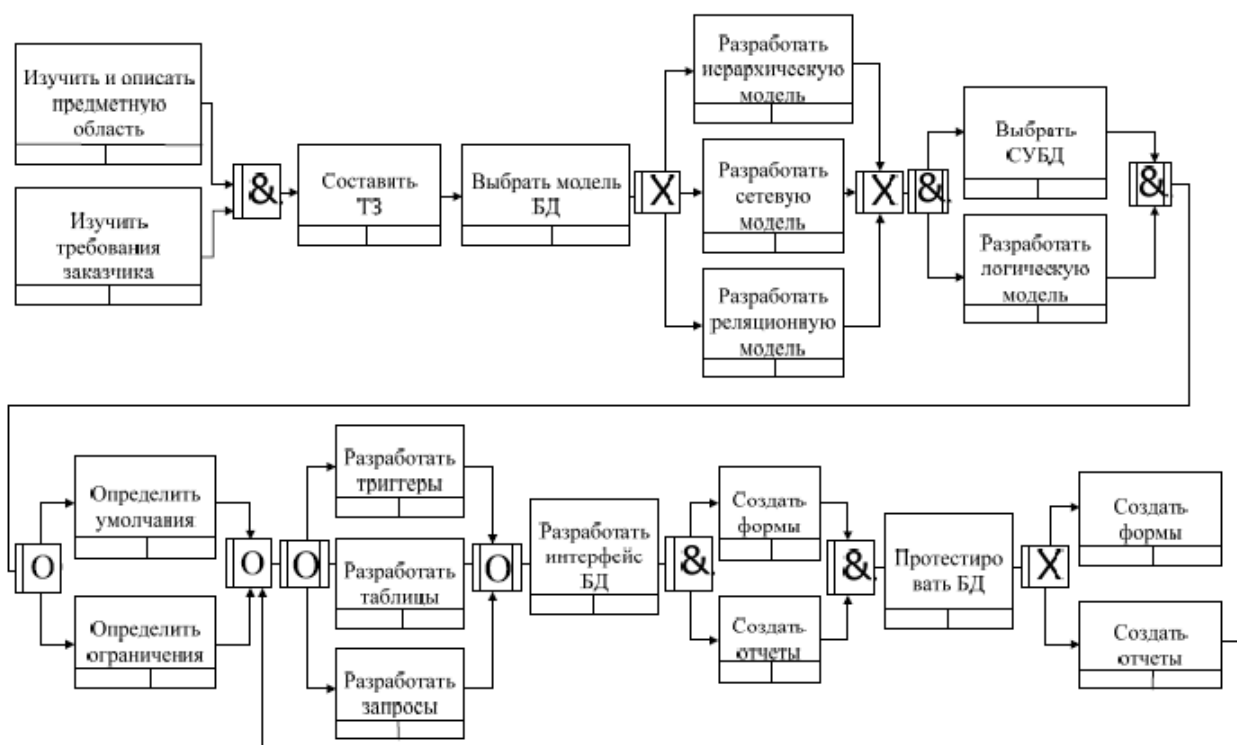


Рис. 2.28. Пример IDEF3-модели разработки базы данных

Методология моделирования потоков данных (Data Flow Diagram)

Первоначально диаграммы потоков данных разрабатывались и использовались при проектировании информационных систем. В настоящее время область применения DFD значительно расширилась и их используют:

- при проведении обследования деятельности предприятия;
- при проведении работ по реинжинирингу;
- при анализе и оптимизации бизнес-процессов предприятия;
- при внедрении систем электронного документооборота.


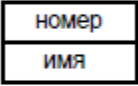




При построении диаграмм потоков данных наиболее часто используют две нотации: Йордана и Гейна-Сарсона. Обе нотации имеют одинаковый по названиям и значению элементный состав, но имеют различное его графическое изображение (табл. 2.1).

Всего в DFD используется четыре структурных элемента:

1. **Процессы.** Процессы в DFD обозначают функции, операции, действия, которые обрабатывают и изменяют информацию. Процессы показывают, каким образом входные потоки данных преобразуются в выходные.

2. **Потоки данных.** Потоки данных идут от объекта-источника к объекту-приемнику, обозначая информационные потоки в системе. Взаимодействие работ с внешним миром и между собой описывается в виде стрелок (потоков данных). Поток данных соединяет выход объекта (или процесса) с входом другого объекта (или процесса).

Графические элементы DFD

Компонента	Нотация Йодана	Нотация Гейна-Сарсона
поток данных	ИМЯ →	ИМЯ →
процесс		
хранилище		
внешняя сущность		

3. **Внешние сущности.** Внешние сущности определяют элементы вне контекста системы, которые участвуют в процессе обмена информацией с системой, являясь источниками или приемниками информации. Внешние сущности изображают входы в систему и/или выходы из системы. Внешние сущности обычно изображаются на контекстной диаграмме. Внешние сущности представляют собой материальный предмет или физическое лицо, например: ЗАКАЗЧИК, ПЕРСОНАЛ, ПОСТАВЩИК, КЛИЕНТ, СКЛАД, БАНК.

4. **Хранилища данных.** Хранилища данных представляют собой собственно данные, к которым осуществляется доступ, эти данные также могут быть созданы или изменены процессами. Хранилище данных изображают объекты в покое и данные, которые сохраняются в памяти между последующими процессами. Информация, которую содержит хранилище данных, может использоваться в любое время после её определения. При этом данные могут выбираться в любом порядке.

В диаграммах потоков данных все используемые символы складываются в общую картину, которая дает четкое представление о том, какие данные используются и какие функции выполняются системой документооборота.

Пример DFD-модели, разработанной в нотации Гейна-Сарсона, приведен на рис. 2.29 (контекстная диаграмма) и рис. 2.30 (диаграмма основных бизнес-процессов).



Цель: Описать процесс разработки ПО

Точка зрения: Студент

Рис. 2.29. Контекстная диаграмма DFD

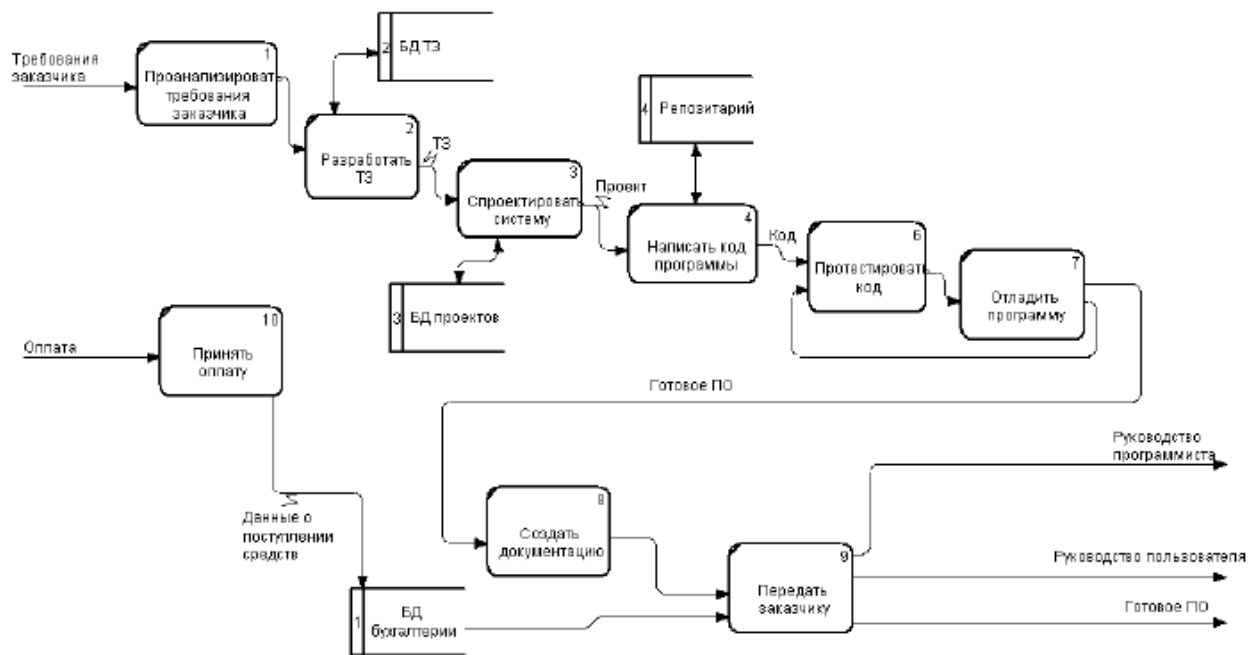


Рис. 2.30. Диаграмма основных бизнес-процессов

Задания к практической работе:

1. Выбрать и зафиксировать у преподавателя предприятие (организацию), по которому будет проводиться моделирование.
2. Создать TOP диаграмму выбранного предприятия (организации) в методике IDEF0, диаграммы DFD и IDEF3 предметной области с использованием программного продукта AllFusion Process Modeler.
3. Оформить отчет;
4. Защитить работу у преподавателя.

Практическая работа №3: Формализация проблем функционирования организаций и реинжиниринг бизнес-процессов

Анализ проблем – это процесс осознания реальных проблем и потребностей пользователей и предложения решений, позволяющих удовлетворить эти потребности.

Цель анализа проблемы состоит в том, чтобы добиться лучшего понимания решаемой проблемы до начала разработки.

Чтобы выявить причины (или проблемы, стоящие за проблемой), необходимо опросить людей, которых непосредственно затрагивает данная проблема. Выявление актантов системы является ключевым шагом в анализе проблемы.

При этом необходимо проанализировать и понять область проблемы и исследовать разнообразные области решений. Как правило, возможных решений множество, и нам необходимо найти то, которое наиболее соответствует решаемой проблеме.

Чтобы иметь возможность провести анализ проблемы, полезно определить, что же собой представляет проблема. По определению Гауса и Вайнберга (Cause, Weinberg, 1989) проблема – это разница между желаемым и воспринимаемым.

Это определение достаточно разумно, по крайней мере, оно устраняет часто встречающееся среди разработчиков заблуждение, что подлинная проблема заключается в том, что пользователь не понимает, в чем состоит проблема! Согласно данному определению, если пользователь ощущает нечто как проблему, это и есть настоящая проблема, и она достойна внимания.

При анализе проблемы необходимо осуществить следующие пять этапов:

- 1) достигнуть соглашения об определении проблемы;
- 2) выделить основные причины – проблемы, стоящие за проблемой;
- 3) выявить заинтересованных лиц и пользователей;
- 4) определить границу системы решения;
- 5) выявить ограничения, которые необходимо наложить на решение.

Этап 1. Достижение соглашения об определении проблемы

Один из простейших способов заключается в том, чтобы просто записать проблему и выяснить, все ли согласны с такой постановкой (табл. 2.1).

В рамках этого процесса зачастую полезно рассмотреть преимущества предлагаемого решения, причем их следует описывать на языке клиентов/пользователей. Это обеспечивает дополнительную содержательную основу для понимания реальной проблемы. Рассматривая с точки зрения клиента эти преимущества, мы также достигаем лучшего понимания их взгляда на проблему в целом.

Стандартная форма постановки проблемы

Элемент	Описание
Проблема	[Описание проблемы]
Воздействует на	[Указание лиц, на которых оказывает влияние данная проблема]
Результатом чего является	[Описание воздействия данной проблемы на заинтересованных лиц и бизнес-деятельность]
Выигрыш от	[Указание предлагаемого решения]
Может состоять в следующем	[Список основных предоставляемых решением преимуществ]

Этап 2. Выделение основных причин, стоящих за проблемой

Для понимания реальной проблемы и ее причин можно использовать множество методов. Одним из них является метод анализа корневых причин,

представляющий собой семантический способ нахождения причин, лежащих в основе рассматриваемой проблемы или ее проявления.

Рассмотрим реальный пример. Компания GoodsAreUs, занимающаяся торговлей по каталогу, производит и рассылает на дом множество недорогих товаров различных наименований. Решив заняться проблемой недостаточной прибыльности, компания использует рекомендуемую ей программой обеспечения качества методику «качество – во всем» (total quality management, TQM). Применяв данный подход, компания практически сразу обратила внимание на ущерб от несоответствия (cost of nonconformance), который представляет собой стоимость всего, что идет не так, как надо, и приводит к бесполезным затратам. Этот ущерб включает в себя переделки, остатки, неудовлетворенность клиента, текучесть кадров и другие негативные факторы.

Проанализировав ущерб от несоответствия, компания заподозрила, что наибольший вклад в него вносят «остатки».

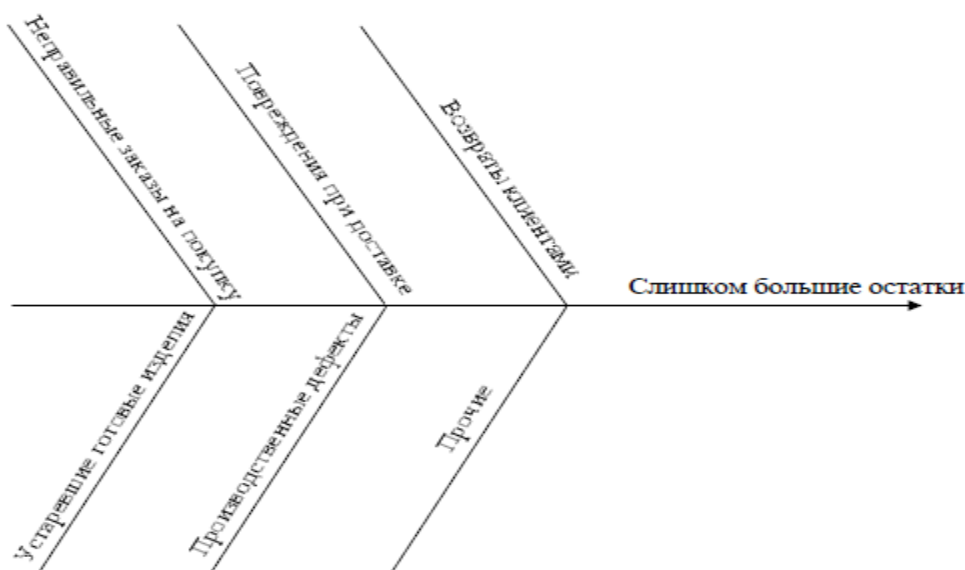


Рисунок 25 - Диаграмма в форме рыбного скелета для отображения корневых причин

Следующим шагом должно стать определение того, какие факторы оказывают влияние на величину остатков. TQM советует для обнаружения проблем, стоящих за проблемой, использовать диаграмму в форме рыбного скелета (рис. 2.1). В нашем случае компания выявила много источников, вносящих свой вклад в остатки. Каждый источник указан как одна из «косточек» на диаграмме.

Способ выявления корневых причин зависит от конкретного случая.

Существует несколько способов выявления причин:

- опрос сотрудников, непосредственно занимающихся этим делом;
- «мозговой штурм» с участием тех, кто знаком с данной областью;
- метод упрощенной спецификации приложений;
- совместная разработка приложений;
- пользовательский сценарий и сеансы разработки схем выбора.

Этап 3. Выявление заинтересованных лиц и пользователей

При решении любой сложной проблемы, как правило, приходится удовлетворять потребности различных групп заинтересованных лиц. Эти группы

обычно имеют различные точки зрения на проблему и различные потребности, которые должны быть учтены в решении.

Заинтересованные лица – это все, на кого реализация новой системы или приложения может оказать материальное воздействие.

Понимание потребностей пользователей и других заинтересованных лиц является ключевым фактором в выработке успешного решения.

Первая категория заинтересованных лиц – это пользователи системы.

Их потребности легко учесть, поскольку они будут непосредственно привлекаться к определению и использованию системы. Вторую категорию составляют непрямые пользователи, а также те, на кого воздействуют только бизнес-последствия разработки и те, кто воздействует на разработку. Потребности заинтересованных лиц, не являющихся пользователями, также необходимо выявить и учесть.

В зависимости от того, в какой предметной области работает команда, выявление заинтересованных лиц может оказаться как тривиальным, так и нетривиальным этапом анализа проблемы. Часто достаточно провести простой опрос среди тех, кто принимает решения, а также опросить потенциальных пользователей и другие заинтересованные стороны. В этом процессе могут оказаться полезными следующие вопросы.

Кто является пользователями системы?

Кто является заказчиком (экономическим покупателем) системы?

На кого еще окажут влияние результаты работы системы?

Кто будет оценивать и принимать систему, когда она будет представлена и развернута?

Существуют ли другие внутренние или внешние пользователи системы, чьи потребности необходимо учесть?

Кто будет заниматься сопровождением новой системы?

Не забыли ли мы кого-нибудь?

В нашем примере замены системы заказов на покупку основными и наиболее очевидными пользователями являются служащие, занимающиеся вводом заказов на покупку. Они определенно являются заинтересованными лицами, так как их производительность, удобство, комфорт, выполнение работы и ее результаты зависят от системы. Кого еще из заинтересованных лиц можно выделить?

На руководителя отдела приема заказов система также оказывает непосредственное воздействие, но он взаимодействует с системой не напрямую, а посредством различных интерфейсов пользователя и форм отчетов. Главный финансист компании также, очевидно, принадлежит к заинтересованным лицам, так как ожидается, что система повлияет на производительность, качество предоставляемых услуг и прибыльность компании. Наконец, администратор информационной системы и члены команды, разрабатывающей приложение, также являются заинтересованными лицами, так как они будут отвечать за разработку и сопровождение системы. Они также, как и пользователи, будут зависеть от поведения системы. Результаты выявления пользователей и заинтересованных лиц новой системы ввода заказов на покупку представлены в табл. 2.3.

Пользователи и лица, заинтересованные в новой системе

Пользователи	Другие заинтересованные лица
Служащие, занимающиеся вводом заказов	Администратор информационной системы и команда разработчиков
Руководитель отдела приема заказов	Главный финансист
Контроль производства	Управляющий производством
Служащий, выписывающий счета	

Этап 4. Определение границ системы-решения

После того как согласована постановка проблемы и выявлены пользователи и заинтересованные лица, можно перейти к определению системы, разрабатываемой для решения данной проблемы. Это важный момент, когда необходимо постоянно помнить как о понимании проблемы, так и о свойствах потенциального решения.

Граница системы описывает оболочку, в которой заключена система (рис. 2.2). Информация в виде ввода и вывода передается от находящихся вне системы пользователей системе и обратно. Все взаимодействия с системой осуществляются посредством интерфейсов между системой и внешним миром.

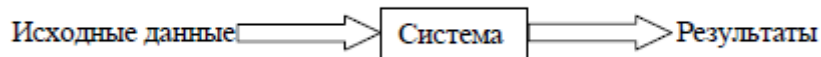


Рисунок 26 - Отношение ввод/система/вывод

Другими словами, если мы собираемся нечто создать или модифицировать – это часть нашего решения, которая находится внутри границы; если нет – это нечто внешнее по отношению к системе. Таким образом, мы делим мир на два интересующих нас класса.

1. Наша система.
2. То, что взаимодействует с нашей системой.

Определим то, что взаимодействует с нашей системой, общим понятием «актанты» (actors). Они выполняют некоторые действия, заставляя систему делать ее работу. Актант изображается простой пиктограммой в виде человечка. Его определение выглядит следующим образом.

Актант – это находящееся вне системы нечто (или некто), взаимодействующее с системой.

С помощью данного понятия мы можем проиллюстрировать границы системы.

Во многих случаях границы системы очевидны. Например, однопользовательский персональный планировщик контактов, работающий на автономной платформе Windows 2000, имеет достаточно хорошо определенные границы. Имеется всего один пользователь и одна платформа. Интерфейсы между пользователем и приложением состоят из диалогов, посредством которых пользователь получает доступ к информации системы, и неких выходных

сообщений и коммуникационных путей, которые система использует для документирования или передачи этой информации.

Для системы ввода заказов из нашего примера, которая должна быть объединена с уже существующей информационной системой компании, границы не столь очевидны. Аналитик должен определить, будут ли данные использоваться совместно с другими приложениями, должно ли новое приложение распределяться по разным хостам и клиентам, а также кто будет пользователем. Например, должен ли персонал, занятый в производстве, иметь интерактивный доступ к заказам на покупку? Обеспечивается ли контроль качества или функции аудита? Будет ли система выполняться на компьютеремэйнфрейме или на новом компьютере-клиенте? Должны ли предоставляться специальные отчеты?

Выявление актантов является ключевым аналитическим этапом в анализе проблемы. Ответы на следующие вопросы помогут их обнаружить.

Кто будет поставлять, использовать или удалять информацию из системы?

Кто будет управлять системой?

Кто будет осуществлять сопровождение системы?

Где будет использоваться система?

Откуда система получает информацию?

Какие внешние системы будут взаимодействовать с системой?

Имея ответы на эти вопросы, аналитик может создать блок-схему, описывающую границы системы, пользователей и другие интерфейсы.

Этап 5. Выявление ограничений, налагаемых на решение

Ограничение уменьшает степень свободы, которой мы располагаем при предложении решения.

Каждое ограничение может значительно сузить нашу возможность создать предполагаемое решение. Следовательно, в процессе планирования необходимо тщательно изучить все ограничения. Многие из них могут даже заставить нас пересмотреть изначально предполагавшийся технологический подход.

Необходимо учитывать, что существуют различные источники ограничений (экономические, технические, политические и т. д.). Ограничения могут быть заданы еще до начала работы («Никакой новой аппаратуры!»), но может получиться, что нам действительно придется их выявлять.

Чтобы их выявить, полезно знать, на что следует обратить внимание.

В табл. 2.4 указаны возможные источники системных ограничений. Приведены в таблице вопросы помогут выявить большую часть ограничений. Часто полезно получить объяснение ограничения, как для того, чтобы убедиться, что вы поняли его назначение, так и для того, чтобы можно было обнаружить (если такое произойдет), что данное ограничение больше не применимо к вашему решению.

Возможные источники ограничений системы

Источник	Образцы вопросов
Экономический	Какие финансовые или бюджетные ограничения следует учесть? Существуют ли соображения, касающиеся себестоимости и ценообразования? Существуют ли вопросы лицензирования?
Политический	Существуют ли внешние или внутренние политические вопросы, влияющие на потенциальное решение? Существуют ли проблемы в отношениях между подразделениями?
Технический	Существуют ли ограничения в выборе технологий? Должны ли мы работать в рамках существующих платформ или технологий? Запрещено ли использование любых новых технологий? Должны ли мы использовать какие-либо закупаемые пакеты программного обеспечения?
Системный	Будет ли решение создаваться для наших существующих систем? Должны ли мы обеспечивать совместимость с существующими решениями? Какие операционные системы и среды должны поддерживаться?
Эксплуатационный	Существуют ли ограничения информационной среды или правовые ограничения? Юридические ограничения? Требования безопасности? Какими другими стандартами мы ограничены?
График и ресурсы	Определен ли график? Ограничены ли мы существующими ресурсами? Можем ли мы привлекать работников со стороны? Можем ли мы увеличить штат? Временно? Постоянно?

Рисунок 27 - Возможные источники ограничений системы

После того как ограничения выявлены, некоторые из них станут требованиями к новой системе. Другие ограничения будут оказывать влияние на ресурсы и планы реализации. Именно при анализе проблемы необходимо выявить потенциальные источники ограничений и понять, какое влияние каждое ограничение окажет на область возможных решений.

Возвратимся к нашему примеру. Ограничения, которые могут налагаться на новую систему ввода заказов на покупку, представлены в табл. 2.5.

Ограничения, налагаемые на систему ввода заказов на покупку

Источник	Ограничение	Объяснение
Эксплуатационный	Копия данных заказа на покупку должна оставаться в унаследованной базе данных в течение одного года	Риск потери данных слишком велик
Системы и операционные системы	Приложение должно занимать на сервере не более 20 мегабайт	Количество доступной памяти сервера ограничено
Средства, выделенные на оборудование	Система должна быть разбрана на существующем сервере	Сокращение издержек и поддержка существующих систем
Средства, выделенные на оплату труда персонала	Фиксированный штат; не привлекать работников со стороны	Фиксированные расходы на зарплату по отношению к текущему бюджету
Технические требования	Должна использоваться новая объектно-ориентированная технология	Мы надеемся, что эта технология повысит производительность и надежность ПО

Рисунок 28 - Ограничения, налагаемые на систему ввода заказов на покупку

Задание на практическую работу:

1. Для организации из практической работы №2 провести анализ проблем функционирования согласно предложенной методике.
2. Результаты анализа оформить в виде отчета.
3. Отчет защитить у преподавателя.

Практическая работа №4: Методы оценки организационных структур

1. Теория массового обслуживания. Основные положения.

1.1 Предмет и задачи теории массового обслуживания.

Теория массового обслуживания опирается на теорию вероятностей и математическую статистику.

На первичное развитие теории массового обслуживания оказали особое влияние работы датского ученого А.К. Эрланга (1878-1929).

Теория массового обслуживания – область прикладной математики, занимающаяся анализом процессов в системах производства, обслуживания, управления, в которых однородные события повторяются многократно, например, на предприятиях бытового обслуживания; в системах приема, переработки и передачи информации; автоматических линиях производства и др.

Предметом теории массового обслуживания является установление зависимостей между характером потока заявок, числом каналов обслуживания,

производительностью отдельного канала и эффективным обслуживанием с целью нахождения наилучших путей управления этими процессами.

Задача теории массового обслуживания – установить зависимость результирующих показателей работы системы массового обслуживания (вероятности того, что заявка будет обслужена; математического ожидания числа обслуженных заявок и т.д.) от входных показателей (количества каналов в системе, параметров входящего потока заявок и т.д.). Результирующими показателями или интересующими нас характеристиками СМО являются – показатели эффективности СМО, которые описывают способна ли данная система справляться с потоком заявок.

Задачи теории массового обслуживания носят оптимизационный характер и в конечном итоге включают экономический аспект по определению такого варианта системы, при котором будет обеспечен минимум суммарных затрат от ожидания обслуживания, потерь времени и ресурсов на обслуживание и простоев каналов обслуживания.

1.2 Система массового обслуживания.

Система обслуживания считается заданной, если известны:

- 1) поток требований, его характер;
- 2) множество обслуживающих приборов;
- 3) дисциплина обслуживания (совокупность правил, задающих процесс обслуживания).

Каждая СМО состоит из какого-то числа обслуживающих единиц, которые называются каналами обслуживания. В качестве каналов могут фигурировать: линии связи, различные приборы, лица, выполняющие те или иные операции и т.п.

Всякая СМО предназначена для обслуживания какого-то потока заявок, поступающих в какие-то случайные моменты времени. Обслуживание заявок продолжается какое-то случайное время, после чего канал освобождается и готов к приему следующей заявки. Случайный характер потока заявок и времен обслуживания приводит к тому, что в какие-то периоды времени на входе СМО скапливается излишне большое число заявок (они либо становятся в очередь, либо покидают СМО не обслуженными); в другие же периоды СМО будет работать с недогрузкой или вообще простаивать.

Процесс работы СМО представляет собой случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем; состояние СМО меняется скачком в моменты появления каких-то событий (или прихода новой заявки, или окончания обслуживания, или момента, когда заявка, которой надоело ждать, покидает очередь).

1.3 Классификация СМО

Для облегчения процесса моделирования используют классификацию СМО по различным признакам, для которых пригодны определенные группы методов и моделей теории массового обслуживания, упрощающие подбор адекватных математических моделей к решению задач обслуживания в коммерческой деятельности (см. рис.2.1 - Классификация систем массового обслуживания).

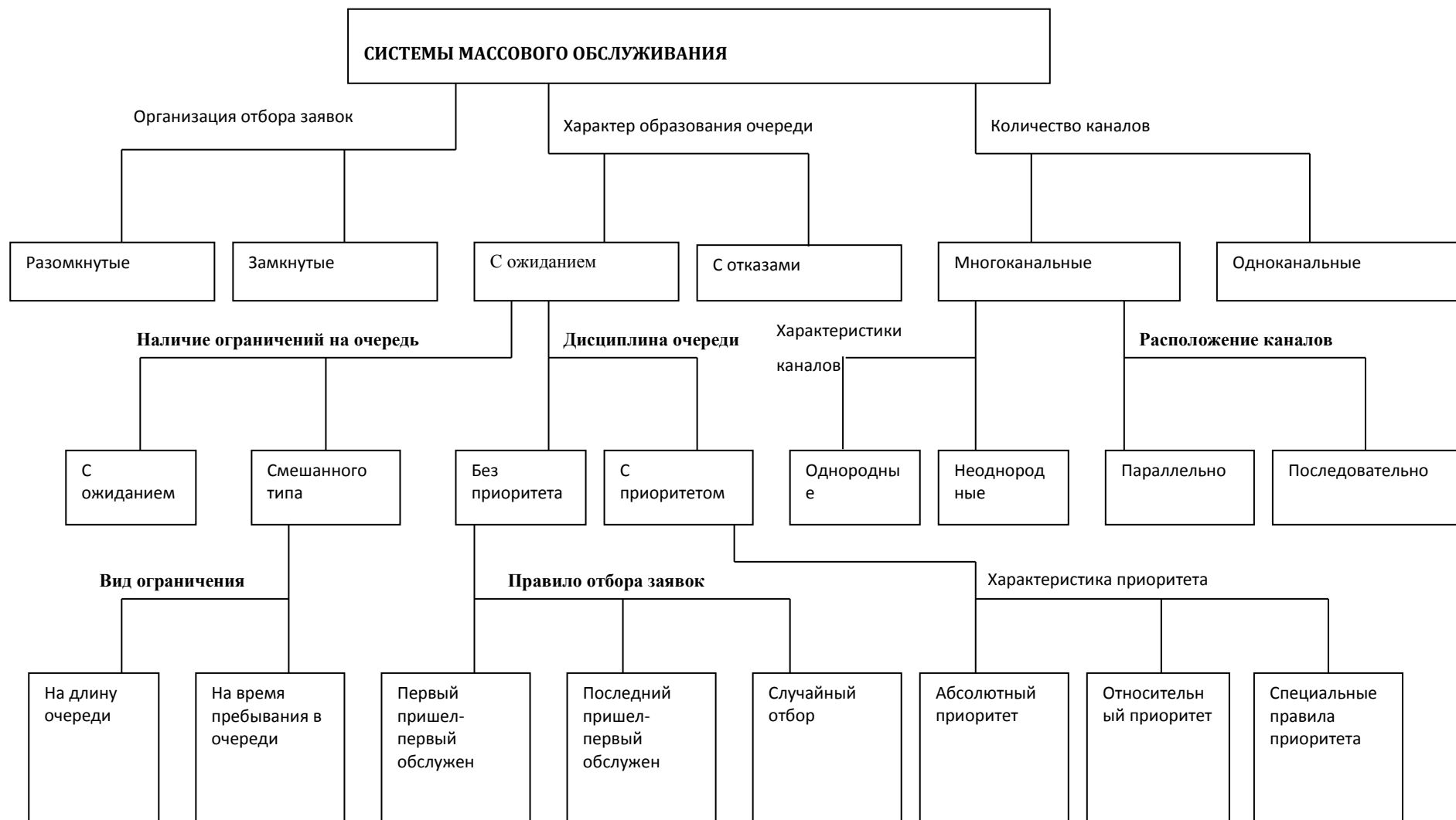


Рис.2.1 - Классификация систем массового обслуживания

1.2 Характеристики СМО.

Перечень характеристик систем массового обслуживания можно представить следующим образом:

- среднее время обслуживания;
- среднее время ожидания в очереди;
- среднее время пребывания в СМО;
- средняя длина очереди;
- среднее число заявок в СМО;
- количество каналов обслуживания;
- интенсивность входного потока заявок;
- интенсивность обслуживания;
- интенсивность нагрузки;
- коэффициент нагрузки;
- относительная пропускная способность;
- абсолютная пропускная способность;
- доля времени простоя СМО;
- доля обслуженных заявок;
- доля потерянных заявок;
- среднее число занятых каналов;
- среднее число свободных каналов;
- коэффициент загрузки каналов;
- среднее время простоя каналов.

2.1. Пример расчета показателей СМО

Одноканальная СМО с отказами

Показатели:

λ	Интенсивность поступления заявок в систему (среднее число заявок, поступающих в систему за единицу времени)
$t_{об}$	Среднее время обслуживания одного клиента
μ	Интенсивность обслуживания
q	Относительная пропускная способность
A	Абсолютная пропускная способность
$P_{отк}$	Вероятность отказа в обслуживании заявки
$A_{ном}$	Номинальная пропускная способность системы

$$\mu = \frac{1}{t_{об}}$$
$$q = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$
$$A = \lambda * q$$
$$P_{отк} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$$
$$A_{ном} = 1/t_{об}$$

Контрольный пример:

Отдел кадров. Заявка – документ, прибывший в момент, когда все сотрудники заняты – получает отказ в обслуживании. Интенсивность потока заявок $\lambda = 4,0$ (заявка в час). Средняя продолжительность обслуживания $t_{об}=0,25$ часа.

Интенсивность потока обслуживания:

$$\mu = \frac{1}{t_{об}} = 1/0,25 = 4$$

Относительная пропускная способность:

$$q = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{4}{4 + 4} = 0,5$$

Величина q означает, что в установившемся режиме система будет обслуживать примерно 50% поступающих заявок.

Абсолютная пропускная способность:

$$A = \lambda * q = 4 * 0,5 = 2,0$$

Система способна осуществить в среднем 2,0 обслуживания заявок в час.

Вероятность отказа:

$$P_{отк} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} = \frac{4}{4 + 4} = 0,5$$

50% заявок получают отказ в обслуживании.

Номинальная пропускная способность системы:

$$A_{ном} = \frac{1}{t_{об}} = \frac{1}{0,25} = 4$$

$A_{ном}$ в $4/0,5 = 8$ раз больше, чем фактическая пропускная способность вычисленная с учетом случайного характера потока заявок и времени обслуживания.

Одноканальная СМО с ожиданием и ограниченной очередью

Показатели:

λ	Интенсивность поступления заявок на обслуживание
P_n	Вероятность того, что в системе находится n заявок
μ	Интенсивность потока обслуживания (в среднем непрерывно занятый канал выдает μ обслуженных заявок)
ρ	Приведенная интенсивность потока
P_0	Вероятность того, что канал обслуживания свободен
$P_{отк}$	Вероятность отказа в обслуживании заявки
q	Относительная пропускная способность
A	Абсолютная пропускная способность
L_s	Среднее число находящихся в системе заявок
W_q	Средняя продолжительность пребывания заявки в системе
L_q	Среднее число заявок в очереди (длина очереди)
$t_{об}$	Время на обработку одной заявки

$$\mu = \frac{1}{t_{об}}$$

$$p = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$P_0 = \frac{1 - p}{1 - p^{N+1}}$$

$$P_{отк} = P_4$$

$$q = 1 - P_{отк}$$

$$A = \lambda * q$$

$$L_s = \frac{p * |1 - (N + 1) * p^N + N * p^{N+1}|}{(1 - p)(1 - p^{N+1})}$$

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda * (1 - p_N)}$$

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu}$$

$$L_q = \lambda * (1 - P_N) * W_q$$

Контрольный пример:

В отделе по работе с клиентами 3 сотрудника (т.е. $n-1 = 3$). Если все сотрудники заняты, то вновь прибывшая заявка в очередь на обслуживание не становится. Поток заявок адресованных к специалистам отдела $\lambda=0,7$ (заявок в час). Время обслуживания одной заявки в среднем $t_{об} = 0,5$ часа.

Интенсивность потока обслуживания заявок:

$$\mu = \frac{1}{t_{об}} = \frac{1}{0,5} = 2$$

Приведенная интенсивность потока:

$$p = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,7}{2} = 0,35$$

Вероятность нахождения n заявок в системе:

$$P_0 = \frac{1 - p}{1 - p^{N+1}} = \frac{1 - 0,35}{1 - 0,35^5} = 0,65$$

$$P_1 = p * P_0 = 0,35 * 0,65 = 0,2275$$

$$P_2 = p^2 * P_0 = 0,1225 * 0,65 = 0,079$$

$$P_3 = p^3 * P_0 = 0,042 * 0,65 = 0,0273$$

$$P_4 = p^4 * P_0 = 0,015 * 0,65 = 0,00975$$

Вероятность отказа в обслуживании заявки:

$$P_{отк} = P_4 = 0,00975$$

Относительная пропускная способность отдела:

$$q = 1 - P_{отк} = 1 - 0,00975 = 0,99$$

Абсолютная пропускная способность отдела:

$$A = \lambda * q = 0,7 * 0,99 = 0,693 \text{ (человека в час)}$$

Среднее число заявок, находящихся на обслуживании и в очереди:

$$L_s = \frac{p * |1 - (N + 1) * p^N + N * p^{N+1}|}{(1 - p)(1 - p^{N+1})} = \frac{0,35 * |1 - (4 + 1) * 0,35^4 + 4 * 0,35^5|}{(1 - 0,35)(1 - 0,35^5)} = 0,576$$

Среднее время пребывания заявки на обслуживании:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda * (1 - p_N)} = \frac{0,576}{0,7 * (1 - 0,00975)} = 0,83 \text{ часа}$$

Средняя продолжительность пребывания заявки в очереди на обслуживание:

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = 0,83 - \frac{1}{2} = 0,33$$

Среднее число заявок в очереди (длина очереди):

$$L_q = \lambda * (1 - P_N) * W_q = 0,7 * (1 - 0,00975) * 0,33 = 0,22869$$

Работу отдела можно считать хорошей, т.к. отдел не обслуживает заявки в среднем в 0,975% случаев.

Одноканальная СМО с ожиданием и неограниченной очередью

Показатели:

λ	Интенсивность поступления заявок на обслуживание
P_n	Вероятность того, что в системе находится n заявок
μ	Интенсивность потока обслуживания
q	Относительная пропускная способность
A	Абсолютная пропускная способность
L_s	Среднее число находящихся в системе заявок на обслуживание
W_s	Средняя продолжительность пребывания заявки в системе
L_q	Среднее число заявок в очереди на обслуживание
W_q	Средняя продолжительность пребывания заявки в очереди
$t_{об}$	Время на обработку одной заявки

$$P_n = (1 - r)r^n, n = 0, 1, 2 \dots$$

$$r = \frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$L_s = \sum_{n=0}^{\infty} n * P_n = \frac{q}{1 - q}$$

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu * (1 - q)}$$

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{q^2}{1 - q}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{q}{\mu * (1 - q)}$$

Контрольный пример:

Call-центр имеет неограниченное количество операторов для обслуживания поступающих звонков, т.е. длина очереди не ограничена.

Требуется определить характеристики:

1. Вероятности состояний системы.
2. Среднее число заявок, находящихся в системе.
3. Среднюю продолжительность пребывания заявок в системе.
4. Среднее число заявок в очереди на обслуживании.
5. Средняя продолжительность пребывания заявки в очереди.

Решение:

Время обслуживания одной заявки в среднем 0,4 часа. Интенсивность поступления заявок на обслуживание 0,15.

Интенсивность потока обслуживания заявок:

$$\mu = \frac{1}{t_{об}} = \frac{1}{0,4} = 2,5$$

Приведенная интенсивность потока:

$$q = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,15}{2,5} = 0,06$$

Предельные вероятности системы:

$$P_0 = 1 - q = 1 - 0,06 = 0,94$$

$$P_1 = (1 - q) * q = (1 - 0,06) * 0,06 = 0,0564$$

$$P_2 = (1 - q) * q^2 = (1 - 0,06) * 0,0036 = 0,003384 \text{ и т.д.}$$

P_0 определяет долю времени, в течение которого call-центр вынуждено бездействует. В примере она составляет 94%.

Среднее число звонков находящихся в системе (на обслуживании и в очереди):

$$L_s = \sum_{n=0}^{\infty} n * P_n = \frac{q}{1 - q} = \frac{0,06}{1 - 0,06} = 0,063 \text{ ед.}$$

Средняя продолжительность пребывания клиента в системе:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{\mu * (1 - q)} = \frac{1}{2,5 * (1 - 0,06)} = 0,425 \text{ час.}$$

Среднее число заявок в очереди на обслуживание:

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{q^2}{1 - q} = \frac{0,06^2}{1 - 0,06} = 0,038$$

Средняя продолжительность пребывания заявки в очереди:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{q}{\mu * (1 - q)} = \frac{0,06}{2,5 * (1 - 0,06)} = 0,025 \text{ час.}$$

Относительная пропускная способность системы равна 1, т.е. $q < 1$, т.к. рано или поздно все заявки будут обслужены.

Абсолютная пропускная способность:

$$A = \lambda * q = 0,15 * 1 = 0,15$$

Частота m возникновения ситуаций, когда прибывающая в систему заявка не может присоединиться к очереди:

$$m = \lambda * P_0 * r^4 = 0,15 * 0,94 * 0,00001296 = 0,0000018 \text{ заявок в час.}$$

При 8-часовом рабочем дне call-центр будет терять 0,0000144 заявок в час.

Многоканальные СМО с отказами

Показатели:

λ	Интенсивность входного потока
$P_{\text{отк}}$	Вероятность отказа
$t_{\text{об}}$	Средняя продолжительность обслуживания одной заявки
q	Относительная пропускная способность
A	Абсолютная пропускная способность
\bar{k}	Среднее число занятых каналов

Режим функционирования того или иного обслуживающего канала не влияет на режим функционирования других обслуживающих каналов системы, при чем длительность процедуры обслуживания каждым из каналов является случайной величиной, подчиненной экспоненциальному закону распределения. Конечная цель использования параллельно включенных обслуживающих каналов заключается в повышении (по сравнению с одноканальной системой) скорости обслуживания требований за счет обслуживания одновременно n клиентов.

$$P_k = \frac{\frac{p^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{p^k}{k!}} = \frac{p^k}{k!} * P_0, k = 0, 1, \dots, n$$

$$\text{где } P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{k=0}^n \frac{p^k}{k!} \right]}, k = 0, 1, \dots, n$$

$$p = \frac{\lambda}{\mu}$$

Формулы для вычисления вероятностей называются формулами Эрланга.

$$P_{\text{отк}} = P_n = \frac{p^n}{n!} * P_0$$

так как заявка получает отказ, если приходит в момент, когда все каналов заняты. Величина $P_{\text{отк}}$ характеризует полноту обслуживания входящего потока;

вероятность того, что заявка будет принята к обслуживанию (она же – относительная пропускная способность системы) дополняет $P_{\text{отк}}$ до единицы:

$$q = 1 - P_{\text{отк}} = 1 - \frac{P_n}{n!} * P_0$$

$$A = \lambda * q = \lambda(1 - P_{\text{отк}})$$

$$\bar{k} = \sum_{k=1}^n k * P_k = p(1 - P_{\text{отк}})$$

Величина \bar{k} характеризует степень загрузки СМО.

Пример. Пусть n -канальная СМО представляет собой отдел технической поддержки с тремя ($n=3$) взаимозаменяемыми ПК для решения поступающих задач. Поток задач, поступающих в отдел, имеет интенсивность $\lambda=1$ задача в час. Средняя продолжительность обслуживания $t_{об}=1,8$ час.

Требуется вычислить значения:

- вероятности числа занятых каналов отдела;
- вероятности отказа в обслуживании заявки;
- относительной пропускной способности отдела;
- абсолютной пропускной способности отдела;
- среднего числа занятых ПК в отделе.

Определим, сколько дополнительно надо приобрести ПК, чтобы увеличить пропускную способность отдела в 2 раза.

Решение.

Определим параметр μ потока обслуживаний:

$$\mu = \frac{1}{t_{об}} = \frac{1}{1,8} = 0,555$$

Приведенная интенсивность потока заявок

$$p = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1}{0,555} = 1,8$$

Предельные вероятности состояний найдем по формулам Эрланга:

$$P_1 = \frac{p}{1!} * P_0 = 1,8 * P_0$$

$$P_2 = \frac{p^2}{2!} * P_0 = 1,62 * P_0$$

$$P_3 = \frac{p^3}{1!} * P_0 = 0,97 * P_0$$

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{k=0}^3 \frac{p^k}{k!} \right]} = \frac{1}{1 + 1,8 + 1,62 + 0,97} = 0,186$$

$$P_1 \approx 1,8 * 0,186 = 0,334$$

$$P_2 \approx 1,62 * 0,186 = 0,301$$

$$P_3 \approx 0,97 * 0,186 = 0,180$$

Вероятность отказа в обслуживании заявки

$$P_{отк} = P_3 = 0,180$$

Относительная пропускная способность отдела

$$q = 1 - P_{отк} = 1 - 0,180 = 0,820$$

Абсолютная пропускная способность отдела

$$A = \lambda * q = 1 * 0,820$$

Среднее число занятых каналов – ПК

$$\bar{k} = p(1 - P_{отк}) = 1,8 * (1 - 0,180) = 1,476$$

Таким образом, при установившемся режиме работы СМО в среднем будет занято 1,5 компьютера из трех – остальные полтора будут простаивать. Работу рассмотренного отдела вряд ли можно считать удовлетворительной,

так как центр не обслуживает заявки в среднем в 18% случаев ($P_3 = 0,180$). Очевидно, что пропускную способность отдела при данных λ и μ можно увеличить только за счет увеличения числа ПК.

Определим, сколько нужно использовать ПК, чтобы сократить число не обслуженных заявок, поступающих в отдел, в 10 раз, т.е. чтобы вероятность отказа в решении задач не превосходила 0,0180. Для этого используем формулу вероятности отказа

$$P_{\text{отк}} = \frac{p^n}{n!} * P_0$$

Составим следующую таблицу:

n	1	2	3	4	5	6
P_0	0,357	0,226	0,186	0,172	0,167	0,166
$P_{\text{отк}}$	0,673	0,367	0,18	0,075	0,026	0,0078

Анализируя данные таблицы, следует отметить, что расширение числа каналов отдела при данных значениях λ и μ до 6 единиц ПК позволит обеспечить удовлетворение заявок на решение задач на 99,22%, так как при $n = 6$ вероятность отказа в обслуживании ($P_{\text{отк}}$) составляет 0,0078.

Многоканальная СМО с ожиданием

Показатели:

λ	Интенсивность входного потока
μ	Интенсивность выходного потока
L_q	Среднее число клиентов в очереди на обслуживании
L_s	Среднее число находящихся в системе клиентов
W_q	Средняя продолжительность пребывания клиента
W_s	Средняя продолжительность пребывания клиента в системе

Рассмотрим многоканальную систему массового обслуживания с ожиданием. Процесс массового обслуживания при этом характеризуется следующим: входной и выходной потоки имеют интенсивности λ и μ соответственно, параллельно обслуживаться могут не более C клиентов, то есть система имеет C каналов обслуживания. Средняя продолжительность обслуживания одного клиента равна $\frac{1}{\mu}$.

Вероятности того, что в системе находятся n заявок (C обслуживаются, остальные ожидают в очереди) равна:

$$\begin{cases} P_n = \frac{p^n}{n!} * P_0, 0 \leq n \leq C; \\ P_n = \frac{p^n}{C! C^{n-C}} * P_0, n \geq C, \end{cases}$$

$$\text{где } P_0 = \left(\sum_{n=0}^{C-1} \frac{p^n}{n!} + \frac{p^C}{C! * [1 - (\frac{p}{C})]} \right)^{-1}$$

Решение будет действительным, если выполняется следующее условие:

$$\left[\frac{\lambda}{\mu \cdot C} \right] < 1.$$

Остальные вероятностные характеристики функционирования в стационарном режиме многоканальной СМО с ожиданием и неограниченной очередью определяется по следующим формулам:

$$L_q = \left[\frac{C * p}{(C - p)^2} \right] * P_C$$

$$L_S = L_q + p$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

$$W_S = W_q + \frac{1}{\mu}$$

Пример. Механическая мастерская завода с тремя постами (каналами) выполняет ремонт малой механизации. Поток неисправных механизмов, прибывающих в мастерскую, - пуассоновский и имеет интенсивность $\lambda=2,5$ механизма в сутки, среднее время ремонта одного механизма распределено по показательному закону и равно $t_{об}=0,5$ сут. Предположим, что другой мастерской на заводе нет, и, значит, очередь механизмов перед мастерской может расти практически неограниченно.

Требуется вычислить следующие предельные значения вероятностных характеристик системы:

- вероятность состояний системы;
- среднее число заявок в очереди на обслуживание;
- среднее число находящихся в системе заявок;
- среднюю продолжительность пребывания заявки в очереди;
- среднюю продолжительность пребывания заявки в системе.

Решение

Определим параметр потока обслуживаний

$$\mu = \frac{1}{t_{об}} = \frac{1}{0,5} = 2$$

Приведенная интенсивность потока заявок

$$p = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{2,5}{2} = 1,25$$

при этом $\frac{\lambda}{\mu} * C = \frac{2,5}{2} * 3 = 0,41 < 1$

Поскольку $\frac{\lambda}{\mu} * C < 1$, то очередь не растет безгранично и в системе наступает предельный стационарный режим работы.

Вычислим вероятности состояний системы:

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{C-1} \frac{p^n}{n!} + \frac{p^C}{C! * \left[1 - \left(\frac{p}{C}\right)\right]} \right)^{-1} = \frac{1}{\left[1 + \frac{p^1}{1!} + \frac{p^2}{2!} + \frac{p}{3!(1 - \frac{p}{3})}\right]}$$

$$= \frac{1}{\left[1 + p + \frac{p^2}{2} + \frac{p^3}{6(1 - \frac{p}{3})}\right]} = \frac{1}{\left[1 + 1,25 + \frac{1,25^2}{2} + \frac{1,25^3}{6(1 - \frac{1,25}{3})}\right]}$$

$$= 0,279$$

$$P_1 = \frac{p^1}{1!} * P_0 = 1,25 * 0,279 = 0,349$$

$$P_2 = \frac{p^2}{2!} * P_0 = \frac{1,25^2}{2!} * 0,279 = 0,218$$

$$P_3 = \frac{p^3}{3!} * P_0 = \frac{1,25^3}{3!} * 0,279 = 0,091$$

$$P_4 = \frac{p^4}{4!} * P_0 = \frac{1,25^4}{4!} * 0,279 = 0,028$$

Вероятность отсутствия очереди у мастерской

$$P_{\text{отк}} \approx P_0 + P_1 + P_2 + P_3 \approx 0,279 + 0,394 + 0,218 + 0,091 = 0,937$$

Среднее число заявок в очереди на обслуживание

$$L_q = \left[\frac{C * p}{(C - p)^2} \right] * P_C = \left[\frac{3 * 1,25}{(3 - 1,25)^2} \right] * 0,091 = 0,111$$

Среднее число находящихся в системе заявок

$$L_s = L_q + p = 0,111 + 1,25 = 1,361$$

Средняя продолжительность пребывания механизма в очереди на обслуживание

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{0,111}{2,5} = 0,044 \text{ суток}$$

Средняя продолжительность пребывания механизма в мастерской (в системе)

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} = 0,044 + \frac{1}{2} = 0,544$$

1.3. Принципы построения организационной структуры

Организационная структура управления — совокупность отделов и служб, занимающихся построением и координацией функционирования системы управления, разработкой и реализацией управленческих решений.

Элементы организационной структуры управления:

– самостоятельное структурное подразделение — административно обособленная часть, выполняющая одну или несколько функций управления;

– звено управления — одно или несколько подразделений, которые необязательно обособлены административно, но выполняют определенную функцию управления;

– управляющая ячейка — отдельный работник управления или самостоятельное структурное подразделение, выполняющее одну или несколько специальных функций менеджмента.

Между элементами существуют связи:

– горизонтальные — носят характер согласования и являются, как правило, одноуровневыми;

– вертикальные — связи подчинения, которые возникают при наличии нескольких уровней управления, делятся на линейные и функциональные.

Формирование организационных структур может строиться на принципах, позволяющих охарактеризовать форму хозяйствования.

Принцип необходимого разнообразия организационной структуры. Все действия по формированию, упорядочению и регулированию системы управления должны соответствовать ее концептуальной модели, разработанной в рамках стратегического плана. Стратегический план должен учитывать характер экономики и уровень развития экономических отношений в стране, организационно-правовой и организационно-экономический статус предприятия, а также его потенциал.

Принцип адекватности организационной формы хозяйствования всей устойчивой совокупности меж- и внутриорганизационных связей и отношений хозяйственной организации. Учет политических, экономических, социальных и институциональных факторов внешней и внутренней среды организации в ее взаимоотношениях с системой высшего порядка.

Принцип замкнутости общего контура системы. Данный принцип предполагает, что система управления является логичным продолжением принципа адекватности и должна реализовываться формированием четких границ организации, закрепленных в ее внутрифирменных нормативных актах. Принцип замкнутости законодательно обоснован в Гражданском кодексе РФ и закреплен выбором организационно-правовой формы предпринимательской деятельности, совокупностью корпоративных актов, которые могут охватывать жизненно важные аспекты функционирования предприятия.

Принцип рационального сочетания централизации и децентрализации в управлении. Определяет направление развития организационной структуры управления. Суть совершенствования организации управления как раз и состоит в поиске оптимального сочетания централизации и децентрализации в механизме управления организацией, который функционирует в рамках того или иного вида структур, способствующих максимальной эффективности управленческого процесса.

Принцип экономичности организационной структуры. Организационная структура должна быть организована таким образом, чтобы она обеспечивала наибольшую эффективность управления при минимальных, но необходимых затратах на ее содержание. В том случае если мероприятия по совершенствованию системы управления привели к росту доли затрат на управление, они должны компенсироваться эффектом в производственной системе, который должен быть получен в результате

осуществления реформирования. Согласно этому принципу, эффективными могут быть только такие саморегулирующиеся структуры управления, которые способны контролировать свою деятельность через систему всесторонне ее характеризующих показателей.

Структурно-функциональные принципы формирования организационных структур определяют максимально возможную согласованность функций и всех относящихся к ним частных процедур.

Принцип органической целостности объекта и субъекта управления. Учитывает то обстоятельство, что система управления работает с информационным отображением тех процессов, которые протекают в производственной системе, вырабатывая решения по их корректировке для достижения главной цели системы. Поскольку основой любой производственной системы служит технология, ее влияние на организационную структуру признается главным фактором.

Принцип соответствия цели элемента выделенным для ее реализации ресурсам. Этот принцип предполагает закрепление за каждой подсистемой (элементом) управления такого набора ресурсов, который обеспечивает достижение цели (задачи) системы.

Принцип соответствия элементов и функций друг другу. Внешняя и внутренняя среда организации влияют на функциональную структуру управления. Конкретной функции управления соответствует определенный структурный блок, и наоборот. В данном случае цель организации образует такой фундамент, на котором будет формироваться ее структурный каркас. Его элементами выступают функциональные блоки структуры.

Принцип рационального сочетания специализации и универсализации элементов организационной структуры. Учитывает функциональную специализацию управленческих работ, под которой понимают обособление устойчивых видов деятельности. Универсализация предполагает выполнение одним элементом структуры управления нескольких однородных управленческих работ. Это устраняет дублирование и сокращает затраты на управление. Однако как следствие — требуется высокая квалификация работников.

Принцип структурной гибкости. Учитывает необходимость создания в структуре управления организации легко перенастраиваемых структур, которые могли бы выполнять новые необходимые функции. Основой организации является присутствие в ней относительно жестких (стационарных), четко определенных функциональных блоков и сравнительно гибких (мобильных) образований. Жесткие блоки структуры представляют собой те этапы организации, которые сначала были выделены в ходе разделения управленческого труда. Жесткие блоки структуры — это овеществленные этапы организации, которые являются общими для множества ситуаций.

Принцип структурного обеспечения преемственности видов управленческой деятельности. Учет этого принципа диктует необходимость рационального использования результатов одного вида управленческой

деятельности другим. Это требование должно учитываться при формировании организационной структуры управления организацией.

1.4. Виды организационных структур

Для различных организаций характерны различные виды структур управления. Обычно выделяют несколько универсальных видов организационных структур управления, таких, как линейная, линейно-штабная, функциональная, линейно-функциональная, матричная. Иногда внутри единой компании (как правило, это крупный бизнес) происходит выделение обособленных подразделений, так называемая департаментизация. Тогда создаваемая структура будет дивизиональной. Выбор структуры управления зависит от стратегических планов организации.

Организационная структура регулирует:

- разделение задач по отделениям и подразделениям;
- их компетентность в решении определенных проблем;
- общее взаимодействие этих элементов.

Тем самым фирма создается как иерархическая структура.

Основные законы рациональной организации:

- упорядочение задач в соответствии с важнейшими точками процесса;
- приведение управленческих задач в соответствие с принципами компетентности и ответственности, согласование «поля решения» и доступной информации, способность компетентных функциональных единиц принять к решению новые задачи);
- обязательное распределение ответственности (не за сферу, а за «процесс»);
- короткие пути управления;
- баланс стабильности и гибкости;
- способность к целеориентированной самоорганизации и активности;
- желательность стабильности циклически повторяемых действий.

Линейная структура

Для нее характерна вертикаль: высший руководитель – линейный руководитель (подразделения) – исполнители. Имеются только вертикальные связи. В простых организациях отдельные функциональные подразделения отсутствуют. Эта структура строится без выделения функций (рисунок 1).



Рисунок 1 – Линейная структура управления

Преимущества: простота, конкретность заданий и исполнителей.

Недостатки: высокие требования к квалификации руководителей и высокая загрузка руководителя. Линейная структура применяется и эффективна на небольших предприятиях с несложной технологией и минимальной специализацией.

Линейно-штабная организационная структура

Она аналогична предыдущей, но управление сосредоточено в штабах. Появляется группа работников, которые непосредственно не дают распоряжений исполнителям, но выполняют консультационные работы и готовят управленческие решения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Линейно-штабная структура управления

Функциональная организационная структура

При дальнейшем усложнении производства возникает необходимость специализации работников, участков, отделов цехов и т.д., формируется функциональная структура управления. Распределение работ происходит по функциям.

При функциональной структуре происходит деление организации на элементы, каждый из которых имеет определенную функцию, задачи. Она характерна для организаций с небольшой номенклатурой, стабильностью внешних условий. Здесь имеет место вертикаль: руководитель – функциональные руководители (производство, маркетинг, финансы) – исполнители. Присутствуют вертикальные и межуровневые связи. Недостаток – функции руководителя размыты (рисунок 3).



Рисунок 3 – Функциональная структура управления

Преимущества: углубление специализации, повышение качества управленческих решений; возможность управлять многоцелевой и многопрофильной деятельностью.

Недостатки: недостаточная гибкость; плохая координация действий функциональных подразделений; низкая скорость принятия управленческих

решений; отсутствие ответственности функциональных руководителей за конечный результат работы предприятия.

Линейно-функциональная организационная структура

При линейно-функциональной структуре управления основные связи – линейные, дополняющие – функциональные (рисунок 4).

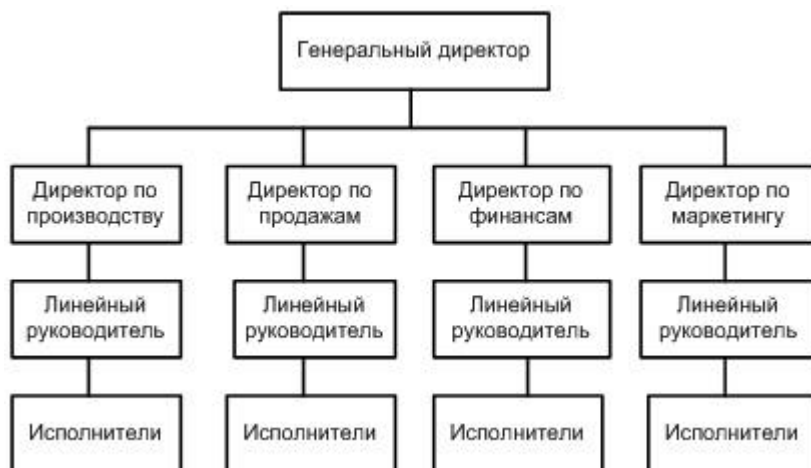


Рисунок 4 – Линейно-функциональная система управления

Дивизиональная организационная структура

В крупных фирмах для устранения недостатков функциональных структур управления используется так называемая дивизиональная структура управления. Распределение обязанностей происходит не по функциям, а по выпускаемой продукции или по регионам (рисунок 5). В свою очередь в дивизиональных отделениях создаются свои подразделения по снабжению, производству, сбыту и т.д. При этом возникают предпосылки для разгрузки вышестоящих руководителей путем освобождения их от решения текущих задач. Децентрализованная система управления обеспечивает высокую эффективность в рамках отдельных подразделений.

Недостатки: рост расходов на управленческий персонал; сложность информационных связей.

Дивизионная структура управления строится на основании выделения подразделений, или дивизионов. Данный вид применяется в настоящее время большинством организаций, особенно крупными корпорациями, так как нельзя втиснуть деятельность крупной компании в 3-4 основных отдела, как в функциональной структуре. Однако длинная цепь команд может привести к неуправляемости. Создается также в крупных корпорациях.



Рисунок 5 – Дивизиональная структура управления

Матричная организационная структура

В связи с необходимостью ускорения темпов обновления продукции возникли программно-целевые структуры управления, получившие названия матричные. Суть матричных структур состоит в том, что в действующих структурах создаются временные рабочие группы, при этом руководителю группы в двойное подчинение передаются ресурсы и работники других подразделений.

При матричной структуре управления формируются проектные группы (временные), реализующие целевые проекты и программы (рисунок 6). Эти группы оказываются в двойном подчинении, создаются временно. Этим достигается гибкость в распределении кадров, эффективная реализация проектов. Недостатки – сложность структуры, возникновение конфликтов. Примером могут служить авиакосмическое предприятие, телекоммуникационные компании, выполняющие крупные проекты для заказчиков.



Рисунок 6 – Матричная структура управления

Преимущества: гибкость, ускорение внедрения инноваций, персональная ответственность руководителя проекта за результаты работы.

Недостатки: наличие двойного подчинения, конфликты из-за двойного подчинения, сложность информационных связей.

1.5. Теория информационного поля

В общем случае представления системы из m_0 элементов необходимо учесть число связей, равное числу сочетаний из m_0 по 2, т.е. $m_b=0,5 m_0(m_0-1)$, причем это число растет гораздо быстрее, чем m_0 .

Собственная сложность C_c представляет собой суммарную сложность (содержание) элементов системы вне связи их между собой (в случае прагматической информации – суммарную сложность элементов, влияющих на достижение цели). Системная сложность C_o представляет содержание системы как целого (например, сложность использования). Наконец, взаимная сложность C_b характеризует степень взаимосвязи элементов в системе (т.е. сложность ее устройства, схемы, структуры).

$$C_c = C_o + C_b \quad (1)$$

Исследование соотношения, символически отображающего закономерность целостности, позволяет обратить внимание на тот факт, что суммарная собственная сложность элементов в устойчивых системах больше, чем системная, т.е. $C_o > C_c$. Большим, нежели C_c , может быть и C_b .

Например, сложность телевизора C_c для пользователя меньше сложности его конструкции C_b и суммарной сложности C_o (возможностей) элементов, из которых собран телевизор. Так что иногда бытующее выражение «целое больше своих частей» не следует принимать буквально. Количественное содержание целого может быть меньше, но качественно его свойства принципиально новы по сравнению со свойствами элементов.

Системы можно сравнивать между собой по всем видам сложности. Можно говорить о различной сложности системы в целом. Можно сравнивать суммарные возможности элементов разных систем, сопоставлять как бы общую сложность конструкций, оценивая C_b .

Разделив члены выражения (1) на C_o получим две важные сопряженные оценки:

$$\alpha = -C_b/C_o \quad (2)$$

$$\beta = C_c/C_o \quad (3)$$

$$\text{причем } \beta = 1 - \alpha$$

Первая из них характеризует степень целостности, связности, взаимозависимости элементов системы; для организационных систем α может быть интерпретирована как характеристика устойчивости, управляемости, степени централизации управления.

Вторая – самостоятельность, автономность частей в целом, степень использования возможностей элементов. Для организационных систем β удобно называть коэффициентом использования элементов в системе.

Знак минус в выражении (2) введен для того, чтобы α было положительным, поскольку C_b в устойчивых системах, для которых характерно $C_o > C_c$, формально имеет отрицательный знак. Связанное (остающееся как бы внутри системы) содержание C_b характеризует работу системы на себя, а не на выполнение стоящей перед ней цели (чем и объясняется отрицательный знак C_b).

Последнее важно учитывать при формировании структур систем.

Пример. Сравнительный анализ иерархических структур, которые могут отображать либо схемы коммутаций верхнего узла технической системы с элементами нижнего уровня, либо варианты организационной структуры системы управления, включающие разное число заместителей директора (второй сверху уровень иерархии) и подчиненных им управленческих подразделений.

Предположим, что целью всех этих структур является выбор из восьми элементов нижнего уровня структур. При наличии элемента, способного осуществлять выбор из восьми, задача решается с помощью этого элемента (рисунок 7). Если же такого элемента не существует, то задачу можно решить с помощью элементов, обладающих меньшими способностями – ключей, с переключениями для выбора из четырех или из двух положений, или помощников, распределяющих между собой ответственность за выбор исполнителей решения (рисунок 8).



C_c (бит)

C_o (бит)

C_s (бит)

$\alpha = - C_s / C_o$

$\beta = C_c / C_o$

Рисунок 7 – Иерархическая структура, при наличии элемента, способного осуществлять выбор из восьми

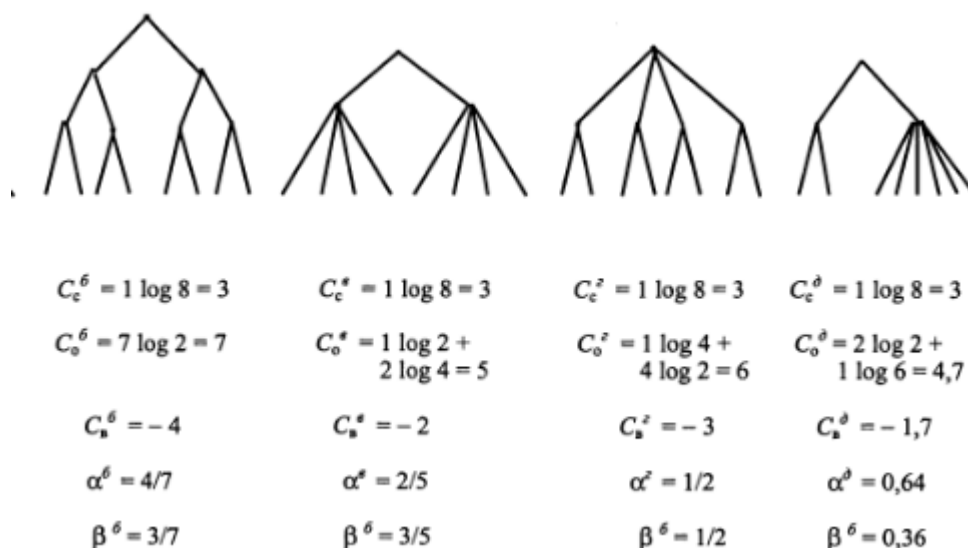


Рисунок 8 – Варианты иерархических структур

В изображении иерархических структур способ вычисления элементов не определен, и их «читать» можно неодинаково.

Так, элементами можно считать каждую ветвь иерархической структуры (каждое положение ключа и каждое структурное подразделение), полагая, что ветвь имеет два возможных состояния («участвует» - «не участвует» в принятии решения по выбору), т.е. $\Delta A = 1$ ветвь, а минимальная единица информации $J = 1$ бит. А можно разделить структуру на элементы с учетом того, что основной функциональный элемент, осуществляющий выбор, - узел, и тогда элементами будут наборы узлов для структур (рисунок 8), и тогда $\Delta A = 1$ узел (или ключ), а каждый элемент также будет оцениваться минимальным значением $J = 1$ бит, но с разными «способностями», которые оцениваются числом ветвей, подчиненных узлу (или состояний ключа), отражаемых в оценке H . Тогда при равновероятном выборе для узлов с двумя состояниями $H = \log_2 2 = 1$ бит, для узлов с четырьмя состояниями $H = \log_2 4 = 2$ бита и т.д.

Сравнительные оценки вариантов структур, предназначенных для достижения одной и той же цели – выбор из восьми состояний нижнего уровня иерархии – приведены на рисунках 7 и 8. При расчете C_c система рассматривается как один элемент, т.е. J_c принимается равной единице.

Сопоставляя структуры с использованием приведенных на рисунках 7 и 8 оценок, можно сделать следующие выводы. Если выбирается организационная структура предприятия, то оценку α можно трактовать как устойчивость системы, степень сохранения ее целостности, а оценку β – как коэффициент использования возможностей элементов, их свободу.

Увеличение β можно трактовать как децентрализацию управления, а α – как степень централизации.

Тогда при стремлении к демократизации, децентрализации управления, к более эффективному использованию возможностей сотрудников или

структурных подразделений, предоставлению им большей самостоятельности следует выбрать вторую структуру на рисунке 8. При стремлении сохранить целостность предприятия, усилить централизованное управление следует отдать предпочтение первой структуре на рисунке 8, а из двухуровневых структур – третьей структуре на рисунке 8.

Выбранный вариант структуры будет содействовать или, напротив, препятствовать проведению в жизнь принятых принципов управления, т.е. как бы не стремился руководитель представить больше самостоятельности структурным подразделениям и сотрудникам вторая и третья структуры на рисунке 8 будут препятствовать проведению этой политики.

Исследование структур с различным числом уровней иерархии показало, что по мере увеличения числа уровней степень целостности существенно возрастает: в двухуровневых структурах α колеблется вокруг значения 0,5, а в структурах с числом уровней 5-6 и более α приближается к 0,9, т.е. существенно возрастает связанное C_b .

1.6. Теория нечетких множеств

Пусть $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множество организационных структур, из которых нужно определить «наилучшую»; $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ – множество параметров, используемых для представления организационной структуры из A . Задача состоит в расположении (упорядочении, ранжировании) элементов множества A в порядке предпочтения по значениям параметров множества C .

Часть данных об орг.структуре измеряются в качественных, а часть – в количественных шкалах, поэтому для того, чтобы эти данные были сопоставимыми и количественными, произведем переход от значений разнотипных параметров к их нечетким оценкам, измеряемым в одной и той же количественной шкале.

Пример.

A – множество организационных структур

C – множество параметров, для представления организационных структур

Имеются несколько организационных структур – A_1, A_2, A_3 , и ряд параметров, их характеризующих – C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 и т.д.

Составим таблицу исходных данных.

Параметры	Орг.структуры		
	A1	A2	A3
C1	0,8	0,5	0,8
C2	0,9	0,8	0,7
C3	0,5	0,65	0,65
C4	1	1	1
C5	0,85	0,6	0,85

Методом экспертной оценки оценим важность каждого из параметров C_1-C_5 в интервале значений $[0,10]$ и по результатам оценки вычислим коэффициент важности каждого параметра по формуле:

$$\beta_j = \frac{b_j}{\sum_{k=1}^m b_k}$$

и удовлетворяющие условию: $\sum_{j=1}^m \beta_j = 1$

Параметры	Экспертные оценки	Коэффициент важности	Орг.структуры		
			A1	A2	A3
C1	8	0,19	0,8	0,5	0,8
C2	5	0,2	0,9	0,8	0,7
C3	5	0,2	0,5	0,65	0,65
C4	8	0,19	1	1	1
C5	6	0,22	0,85	0,6	0,85

Имеем матрицу:

$$M = \begin{bmatrix} 0,8 & 0,9 & 0,5 & 1 & 0,85 \\ 0,5 & 0,8 & 0,65 & 1 & 0,6 \\ 0,8 & 0,7 & 0,65 & 1 & 0,85 \\ 0,19 & 0,2 & 0,2 & 0,19 & 0,22 \end{bmatrix}^T$$

В соответствии с формулой: $M_C = M * V$, получаем:

$$M_C = \begin{bmatrix} 0,809 \\ 0,717 \\ 0,799 \end{bmatrix}$$

На основании формулы

$$\mu_{\tilde{C}}(a^*) = \max_{a_i \in A} \mu_{\tilde{C}}(a_i).$$

получаем, что наиболее оптимальной организационной структурой можно считать организационную структуру A1.

Задание на практическую работу:

1. Для организации из практической работы №2 провести оценку организационной структуры всеми предложенными методами.
2. По итогам проведенной оценки сделать вывод об эффективности существующей организационной структуры управления. Предложить мероприятия по ее совершенствованию.
3. Оформить отчет о работе.
4. Защитить отчет у преподавателя.

Практическая работа №5: Методики системного анализа совершенствования и оценки организационных структур

1.1 Количественный анализ моделей

Для проведения **количественного анализа** моделей будем использовать следующие показатели:

количество блоков на диаграмме – N;

уровень декомпозиции диаграммы – L;
сбалансированность диаграммы – B;
число стрелок, соединяющихся с блоком – A.

Данный набор показателей относится к каждой диаграмме в модели, далее используя коэффициенты (формула 1, 2), по которым можно определить количественные характеристики модели в целом.

Для увеличения понятности модели необходимо стремиться к тому, чтобы количество блоков (N) на диаграммах нижних уровней было меньше, чем количество блоков на родительских диаграммах, то есть с увеличением уровня декомпозиции (L) коэффициент декомпозиции d убывал:

$$d = \frac{N}{L} \quad (1)$$

Таким образом, убывание этого коэффициента говорит о том, что по мере декомпозиции модели функции должны упрощаться, следовательно, количество блоков должно убывать. Пример графика приведен на рисунке 1.

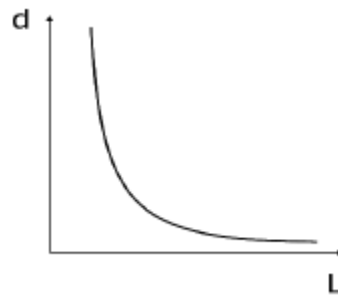


Рисунок 1 – График коэффициента декомпозиции

Диаграммы должны быть сбалансированы. Это обозначает, что количество стрелок, входящих в блок и выходящих, должно быть равномерно распределено, то есть количество стрелок не должно сильно варьироваться. Следует отметить, что данная рекомендация может не соблюдаться для процессов, которые подразумевают получение готового продукта из большого количества составляющих (выпуск узла машины, выпуск продовольственного изделия и другие).

Коэффициент сбалансированности диаграммы рассчитывается по следующей формуле:

$$K_b = \left| \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N} - \max A_i \right|$$

Желательно, чтобы коэффициент сбалансированности был минимален для диаграммы, а в модели был постоянен.

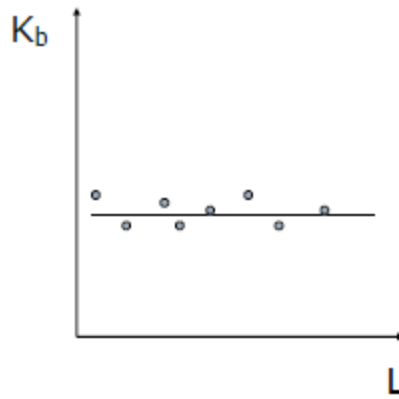


Рисунок 2 – График коэффициента сбалансированности

Кроме оценки качества диаграмм в модели и в целом самой модели по коэффициентам сбалансированности и декомпозиции можно провести анализ и оптимизацию описанных процессов.

Физический смысл коэффициента сбалансированности определяется количеством стрелок, соединенных с блоком, и соответственно его можно интерпретировать как оценочный коэффициент по количеству обрабатываемой и получаемой информации.

Таким образом, на графиках зависимости коэффициента сбалансированности от уровня декомпозиции существующие пики относительно среднего значения показывают перегруженность и недогруженность подсистем информационной системы на предприятии, так как различные уровни декомпозиции описывают деятельность различных подсистем.

Соответственно, если на графиках имеются пики, то можно выдать ряд рекомендаций по оптимизации описанных процессов, автоматизируемых информационной системой.

1.2. Оценка экономической эффективности

Для оценки экономической эффективности работ по реализации системы информационной поддержки жизненного цикла изделия, как и прочих информационных технологий, используются следующие группы методов:

1. Затратные методы:

1.1. Оценка единовременных затрат на внедрение и закупку программно-аппаратных комплексов.

1.2. Оценка совокупной стоимости владения информационными системами (Total Cost of Ownership, TCO).

2. Стандартные экономические методы оценки эффекта:

2.1. Оценка возврата инвестиций (Return on Investment, ROI).

2.2. NPV – чистая приведенная стоимость проекта.

2.3. Отдача активов.

2.4. Цена акционера.

Оценка единовременных затрат на внедрение и закупку программно-аппаратных комплексов.

Этот метод может использоваться для минимизации затрат при заранее ожидаемых результатах. Несмотря на все усилия аналитиков, консультантов и специализированных изданий, большинство предпринимателей и управленцев в России до сих пор интересуются только этими затратами. Видимые расходы включают в себя следующие группы затрат:

- капитальные затраты (на аппаратное и программное обеспечение);
- расходы на управление ИПИ-технологиями;
- расходы на техническую поддержку аппаратного обеспечения (АО) и программного обеспечения (ПО);
- расходы на разработку прикладного ПО внутренними силами;
- командировочные расходы;
- расходы на услуги связи;
- другие группы расходов.

Показатель совокупной стоимости владения информационной системой рассчитывается по формуле:

$$ТСО = Пр + Кр1 + Кр2,$$

где Пр – прямые расходы, Кр1 – косвенные расходы первой группы, Кр2 – косвенные расходы второй группы.

Методика ROI рассчитывает коэффициент возврата инвестиций в инфраструктуру предприятия по формуле:

$$ROI = \frac{\Delta\Phi}{И} = \frac{\sum_{i=1}^3 \Delta\Phi_i}{ТСО}$$

где ТСО – показатель совокупной стоимости владения системой, $\Delta\Phi$ – суммарный эффект от внедрения информационных технологий, И – инвестиции в ИТ.

Для определения показателя NPV необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков за каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю для возможности сравнения во времени:

$$NPV = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+r_i)^i} - I_0$$

где I_0 – первоначальные инвестиции,
CF – чистый поток средств в год i ,
 r – годовая ставка дисконта в год i ,
N – период прогнозирования.

Отдача активов.

Информационная система рассматривается как активы предприятия, которые должны приносить определенную отдачу. Эффективность использования капитала оценивается исходя из ставки альтернативной доходности (например, информационная система дает большую отдачу, чем вложения в высокодоходные акции):

$$K = \frac{C_{Д}^{ИТ}}{C_{Д}^{АЛЬТ}}$$

где K – коэффициент превышения ставки доходности системы над ставкой альтернативной доходности,

$C_D^{ИТ}$ – ставка доходности системы,

$C_D^{АЛЬТ}$ – ставка альтернативной доходности.

Цена акционера.

Данный метод является перспективным. В недалеком будущем стоимость акций компаний и привлечение новых акционеров будет определяться квалифицированностью компании в вопросах электронного бизнеса и широкого использования всех информационных технологий, предлагаемых рынком. Собственники компании будут оценивать инвестиции в ИПИ-технологии как вложения в повышение капитализации своих компаний:

$$\text{ЭФ}_{\text{акц}} = \frac{\text{Эф}}{(Q_1^{\text{акц}} - Q_0^{\text{акц}})}$$

где $\text{ЭФ}_{\text{акц}}$ – эффективность инвестиций в информационные системы на привлечение одного акционера,

Эф – эффект от внедрения информационной системы,

$Q_0^{\text{акц}}$ – количество акционеров до внедрения информационной системы,

$Q_1^{\text{акц}}$ – количество акционеров после внедрения информационной системы.

Основной методологический подход к оценке эффективности внедрения ИПИ-технологий заключается в статистической оценке результатов выполнения однородных процессов до и после внедрения системы или ее соответствующего этапа. При этом большое значение имеет выделение рассматриваемого процесса, учет его влияния на общие результаты предприятия, формирование однородной выборки исходных данных. Для каждого этапа жизненного цикла изделия (ЖЦИ) требуется определять свои показатели эффективности.

В качестве основных факторов эффективности автоматизации производственного процесса можно использовать:

- длительность разработки и согласования (проектирования) технологических процессов;

- затраты на разработку и согласование (проектирование) технологических процессов;

- повышение качества изделия.

Для определения эффекта по всем этим показателям воспользуемся методикой ROI:

$$ROI = \frac{\text{Эф}}{И} = \frac{\sum_i \text{Эф}_i}{\text{ТСО}} = \frac{Pr_{\text{чист.}}^{\Delta t_1} + Pr_{\text{чист.}}^{\text{доп}} + Pr_{\text{чист.}}^{\Delta t_2}}{\text{ТСО}}$$

где Эф_1 – эффект от сокращения сроков на технологическую подготовку производства изделия,

Эф_2 – эффект от сокращения затрат на разработку и согласование ТП,

Эф_3 – эффект от повышения качества изделия (сокращения доли бракованной продукции).

Влияние информационных характеристик может проявляться через ускорение введения изменений в конструкторскую и технологическую документацию и уменьшение количества ошибок при автоматизации операций преобразования структуры информации. Но оценить количественно такое качественное улучшение в зависимости от характеристик операций информационной интеграции не представляется возможным. Поэтому при исследовании влияния характеристик эффективности производственного процесса будем учитывать в основном их влияние на трудоемкость и длительность процесса, предполагая, что их дополнительное положительное влияние на качество продукции только увеличит эффект от внедрения этих информационных технологий и позволит получить большую эффективность автоматизации.

Сравним все вышеперечисленные показатели для бумажного и электронного документооборота, что позволит оценить влияние на эффективность производственного процесса предприятия в целом.

Для того чтобы оценить сокращение сроков на технологическую подготовку производства, необходимо сравнить показатели бумажного документооборота (до начала автоматизации) с показателями уже внедренной системы. Для этого надо выбрать одинаковые промежутки времени сравнения, например, год. Время технологической подготовки производства можно оценивать как сумму времени разработки технологических процессов, времени прохождения технологической документации по цепочке утверждения до момента сдачи ее в архив. Это время – разность между датами начала разработки (фиксируется по моменту документации из КБ либо по началу работ в соответствии с план-графиком) и окончания разработки (фиксируется по моменту поступления документации в архив).

Сокращение затрат на разработку и согласование техпроцесса объясняется ускорением разработки и согласования технологических процессов (технологической документации), т.е. уменьшением количества рабочего времени цеховых технологов, технологов ОГТ, а также всех сотрудников согласующих служб. За счет сокращения трудоемкости разработки межцеховых маршрутов и технологической документации возможно также сокращений штата цеховых технологов и технологов ОГТ.

Из-за значительного ускорения этапа технологической подготовки производства сокращается время выхода изделия на рынок, на графике это отражено смещением точки начала получения доходов.

За счет повышения качества производимой продукции (снижения % бракованной продукции) происходит увеличение получаемой прибыли.

Пример №1.

ТСО учитывает три основных типа затрат:

1. Прямые капитальные (CAPEX).
2. Прямые операционные (ОРЕХ).

3. Косвенные затраты (потенциальные потери от различных плановых и внештатных ситуаций).

По сути косвенные затраты отражают то, насколько эффективно осуществляется управление информационными системами. Так, чем более эффективно ИТ-служба обеспечивает управление ИТ-инфраструктурой и системами, тем меньше косвенные затраты от простоя систем, потери времени конечных пользователей на самостоятельный поиск решения и ожидание помощи. Однако один расчет совокупной стоимости владения без сравнения с прочими параметрами не дает полного представления о целесообразности эксплуатации системы. Логическая цепочка в данном случае выглядит следующим образом: чем большее число пользователей работают в единой системе и чем сложнее ее бизнес-процессы, тем выше как совокупная стоимость владения, так и результативность использования системы.

При внедрении различных технологий могут учитываться следующие типы затрат:

1. Капитальные затраты:

- сетевое программное и аппаратное обеспечение;
- серверное программное и аппаратное обеспечение;
- клиентское программное и аппаратное обеспечение;
- стоимость исследований и разработки технологий;
- стоимость лицензий (первоначальные инвестиции).
- стоимость продления лицензий;
- затраты на миграцию;
- амортизация оборудования.

2. Операционные затраты:

- аренда серверов;
- затраты на тестирование;
- стоимость резервирования / копирования данных;
- обучение;
- внутренний и внешний аудит / консалтинговые услуги;
- оплата труда персонала;
- администрирование инфраструктуры;
- ввод оборудования в эксплуатацию.

3. Косвенные затраты:

– потенциальные потери от плановых и внеплановых сбоев программно-аппаратных платформ;

– потери при нарушении конфиденциальности данных/при инцидентах информационной безопасности, а также затраты на восстановление деловой репутации;

– потери времени сотрудников на помощь коллегам в решении вопросов поддержки информационных систем и пр.;

– снижение производительности (пользователи вынуждены ждать реакции системы, например, печать отчетов, что снижает эффективность их работы и приводит к денежным потерям организации).

Возможно учитывать также затраты на модернизацию и утилизацию систем (например, масштабирование, замену программно-аппаратной платформы, увеличение производительности). Выгода от реализации проекта таким образом может рассчитываться как разница между затратами до проекта и после его завершения.

Пример №2.

Всего для вычисления NPV применяются три основных шага.

1. Определение текущей стоимости затрат (объема инвестиций), через суммирование различных типов затрат.
2. Расчет текущей стоимости денежных потоков (PV) к текущей дате.
3. Сравнение текущей стоимости инвестиций в проект с текущей стоимостью доходов. Полученная разница и представляет собой значение чистого дисконтированного дохода.

NPV > 0	Реализация предложенного проекта экономически эффективна, так как потенциально он принесет больше, чем требуемый процент возврата инвестиций.
NPV = 0	Проект выгоден, так как принесет прибыль, эквивалентную требуемому проценту возврата инвестиций.
NPV < 0	Реализация проекта экономически нецелесообразна.

Рассчитаем чистую приведенную стоимость проекта по консолидации серверов.

Год (t)	Коэффициент дисконтирования (при ставке 10%) = $1 / (1 + 0.1)^t$	Поступления денежных средств (PV)	Инвестиции (It)	Чистый денежный поток (Cft)	NPVt
0	1.000	0	500 000	-500 000	-500 000
1	0.909	1 000 000	0	+1 000 000	909 091
2	0.826	750 000	0	750 000	619 835
3	0.751	500 000	0	500 000	375 657
Итого		2 250 000	500 000		1 404 583

Как можно видеть из вышеприведенных вычислений, несмотря на то, что денежные поступления при реализации проекта будут превышать инвестиции на 1,75 млн., чистая приведенная стоимость будет меньше, порядка 1,4 млн. с учетом текущей ставки дисконтирования, применяемой для каждого периода.

В MS Excel для расчета NPV используется функция: =ЧПС(). В английской версии: =NPV().

Синтаксис: =NPV(rate;value1;[value2]...) rate – ставка дисконтирования, выраженная в единицах за период. Так, если представлены годовые потоки денежных средств, то ставка должна быть годовая. value1;[value2]... – представленные потоки денежных средств по периодам фиксированной

длины, которые могут быть представлены как диапазоны, конкретные значения через точку запятой или несколько диапазонов.

Пример №3.

Смысл показателя ROI в определении чистой прибыли от инвестиций, которая необходима для получения прибыли. Он также может говорить о том, насколько эффективно используются активы. В MS Excel для расчета IRR используется функция: =ВСД(). В английской версии: =IRR().

Синтаксис: =IRR(values;[guess]) values – диапазон с потоками денежных средств. guess – необязательное поле, используемое для определения ставки методом подбора. Предположение, о том, какая будет величина ставки, необходимо для начала отсчета именно от этого значения.

Для приведенного ранее примера расчета NPV и значений денежного потока сумма CF по всем периодам составит 1,75 млн, а значит при исходном значении инвестиций в 500 тыс. коэффициент возврата инвестиций будет равен 250%.

Чистый денежный поток (CFt)
-500 000
+1 000 000
750 000
500 000

Пример №4.

Период окупаемости инвестиций (PaybackPeriod, PP) – Продолжительность времени, в течение которого обеспечивается возврат первоначальных инвестиций.

Как правило, инвесторы склонны более благоприятно относиться к проектам с более быстрым оборотом средств, нежели преследовать долгосрочные выгоды, которые ассоциированы с большими рисками. Для определения, в какой момент проект достигнет точки окупаемости, необходимо последовательно рассчитывать показатель NPV для каждого периода проекта, пока значение NPV Этот показатель определяется последовательным расчетом NPV для каждого периода проекта, точка, в которой NPV станет положительным, будет являться точкой окупаемости.

Год (t)	NPV
0	-500 000
1	909 091
2	619 835
3	375 657
Итого	1 404 583

Так, для рассмотренного при расчете NPV примера точка окупаемости будет достигнута уже к первому году, когда NPV станет больше 0.

1.3 SWOT-анализ

Проведение расширенного SWOT-анализа при помощи программы «extended SWOT matrix 1.0» на примере компании Google.

SWOT-анализ (аббревиатура от слов Strengths – силы, Weaknesses – слабости, Opportunities – возможности, Threats – угрозы) является наиболее часто употребляемым инструментом стратегического планирования. SWOT-анализ позволяет дать интегральную оценку ситуации, учитывая присущие компании преимущества и недостатки, а также внешние возможности и угрозы. Классическим примером такого анализа является составление таблиц сильных сторон в деятельности фирмы (S), ее слабых сторон (W), потенциальных благоприятных возможностей (O) и внешних угроз (T).

В ряде работ излагается методика SWOT-анализа, основной упор в которой сделан не на методы определения и оценку S, W, O и T, а на формулирование конкретных стратегий и мероприятий на основе S, W и с учетом O и T. Так, предлагается после определения S, W, O, T перейти к составлению матрицы стратегий:

SO – мероприятия, которые необходимо провести, чтобы использовать сильные стороны для увеличения возможностей компании;

WO – мероприятия, которые необходимо провести, преодолевая слабые стороны и используя представленные возможности;

ST – мероприятия, которые используют сильные стороны организации для избежания угроз;

WT – мероприятия, которые минимизируют слабые стороны для избежания угроз.

Далее происходит отбор и ранжирование мероприятий. Ясен недостаток этой методики – нет комплексности рассмотрения с оценкой вероятности возникновения конкретных ситуаций (возможностей и угроз).

Очевидно, что важно не только определить возможности и угрозы, но и попытаться оценить важность учета той или иной угрозы или возможности в стратегии фирмы.

Предлагаемая ниже методика позволяет обоснованно перейти от фиксации балльных оценок отдельных факторов к выбору наиболее существенных по всему континиуму частных факторов в их взаимосвязи.

Методику можно условно разбить на следующие шаги:

1. Подбор экспертов и формирование экспертных групп для проведения SWOT-анализа.

2. Формулирование экспертами сильных и слабых сторон, благоприятных возможностей и угроз.

3. Оценка экспертами.

4. Обработка (сведение воедино) полученных оценок.

5. Анализ полученных результатов и формулирование стратегий В результате экспертных исследований были получены следующие данные:

Сильные стороны компании (S)

1. Лидер Интернет поиска (в июле 2011 ComScore оценил долю рынка

Google в 72.8 %)

2. Рекламные программы Adwords и AdSense

3. Большое количество бесплатных сервисов (Youtube, Gmail, Google+ Earth etc)

4. Дифференциация продукции (сервисы для работы в сети, рабочего стола, мобильных телефонов и т.п.)

5. Выпуск собственного интернет браузера (Chrome)

6. Низкий уровень маркетинговых затрат – пользователи сами рекламируют продукцию

7. Низкая операционная стоимость продуктов и услуг

8. Возможность поиска на разных языках

9. Один из 10 самых дорогих брендов в США

10. Открытие кода мобильной операционной системы Android

Слабые стороны компании (W)

1. Не представлен в социальных сетях

2. Слишком большая зависимость от рекламы поисковых запросов

3. Относительно не высокая точность выполнения поисковых запросов

4. При значительных затратах Youtube не приносит прибыли

5. Постоянно растущая стоимость центров обработки запросов

6. Снижение качества продукции

7. Мошенники часто используют предоставляемые сервисы

8. Интеграция продуктов и сервисов слишком гетерогенна

Возможности (O)

1. Компания может предоставлять больше сервисов для реализации гаджетов и мобильных телефонов

2. Снизить стоимость переключения потенциальных пользователей с других порталов

3. Увеличение пользователей Интернет во всем мире, что позволит увеличить доходы от рекламных программ

4. Экспансия на не Интернет рынке (создание журнала, канала, агентства путешествий)

5. Создание операционной системы для персональных компьютеров

6. Новые приобретения (новостные и развлекательные порталы)

7. Объединение с успешным порталом для увеличения числа пользователей и рекламодателей

8. Создание университета информационных технологий и электронного бизнеса

9. Разработка новых сервисов

10. Приход демократии в Китай

Угрозы (T)

1. Растущая конкуренция со стороны конкурентов

2. Более персонализированный и детализированный поиск приведет к еще большим проблемам с законом

3. Бренд постепенно растворяется в названиях поглощаемых компаний

4. Масштабы компании могут создавать проблемы при обновлении или интеграции новых технологий

5. Есть вероятность застрять в судебных процессах относительно находимой информации

6. Поисковики могут быть интегрированы в программное обеспечение конкурентов

7. Диверсификация прибыли может привести к потере фокуса и снижению качества поиска

8. Технические проблемы в работе или приостановка сервисов

9. Потеря доли рынка в следствии объединения Microsoft и Yahoo Для обработки экспертных данных воспользуемся программой «extended SWOT matrix 1.0»

Для проведения расширенного SWOT анализа необходимо заполнить таблицу отношений (рис. 3.2.8) экспертными данными.

В столбце K_i - проставить значение коэффициента влияния на деятельность фирмы конкретных благоприятных возможностей или угроз, руководствуясь следующими правилами:

- никак не влияет на деятельность фирмы – оценка 0;
- слабое влияние 1-2;
- среднее влияние 3;
- сильное влияние 4;
- создает коренные новые возможности или в случае реализации угрозы деятельность организации может быть прекращена – оценка 5;

В столбце P_i проставить вероятность (в пределах от 0 до 1) появления конкретных благоприятных возможностей и угроз.

В строке A_i проставить оценку интенсивности сильных или слабых сторон компании в пределах (1–5), пользуясь следующими правилами:

- оценка 5 – максимальная интенсивность;
- оценка 4 – 3 – интенсивность выше, чем среднеотраслевая;
- оценка 2 – 1 – интенсивность вероятно выше, чем среднеотраслевая, но это недостоверно.

В квадрантах SO, ST, WO, WT (рис. 3.2.9) выставить в клетках (a_{ij}) оценки влияния соответствующих факторов S и W на использование благоприятных возможностей или на защиту (или усугубление) от опасности, пользуясь следующими правилами:

«+» - положительное влияние на использование благоприятных возможностей или на защиту от угроз;

«-» - отрицательное влияние на использование благоприятных возможностей или на четкое усиление угрозы;

«0» - нет практического влияния фактора на конкретные факторы O и T.

Заполните все данные как показано на рисунке 3.2.10

			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
	Ki	Pi/Ai	4	5	4	3	3	2	3	4	3	3	5	4	3	2	2	3	1	4
O1	4	0,4	0	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-
O2	3	0,7	+	+	0	0	0	+	0	+	+	0	-	0	-	0	0	0	0	0
O3	5	0,4	0	0	0	+	0	0	0	0	+	+	0	0	0	0	-	0	0	-
O4	3	0,2	0	0	+	0	+	+	0	0	0	+	-	-	0	-	0	0	0	0
O5	4	0,7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	0	0	-	0	-	0	-
O6	2	0,8	+	0	0	0	+	0	0	+	0	+	-	0	0	-	0	0	-	0
O7	3	0,8	0	0	0	+	0	0	0	+	0	+	0	0	0	-	0	0	0	0
O8	4	0,7	0	0	0	0	0	+	0	+	0	+	-	0	0	0	0	0	0	0
O9	2	0,8	+	0	0	0	0	0	0	+	0	+	-	0	0	-	0	0	-	0
O10	4	0,3	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	-
T1	4	0,3	+	+	0	+	+	+	+	+	0	+	-	0	0	-	0	0	0	0
T2	2	0,4	0	0	0	0	+	0	0	+	+	0	-	0	0	0	0	0	0	0
T3	2	0,3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	-
T4	4	0,1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	2	0,6	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	+	-	0
T6	2	0,7	+	0	0	0	0	+	+	+	0	0	-	0	0	-	0	-	0	0
T7	4	0,3	-	0	-	0	0	0	-	0	0	-	+	0	0	0	0	0	0	0
T8	5	0,1	-	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-
T9	4	0,4	0	+	+	+	+	+	+	+	0	+	-	-	0	0	0	0	0	0

После занесения всех экспертных данных в таблицу отношений, переходим к расчету и анализу введенных данных. Для этого необходимо перейти в меню «Файл»->«Расчитать». В результате расчета мы получаем итоговую матрицу SWOTанализа. Для её просмотра переходим на вкладку «Таблица результатов» (рис. 3.2.13 п.1)

	Ki	Pi/Ai	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8			
O1	4	0,4	0	8	0	4,8	0	3,2	0	0	0	0	16	0	0	-4,8	0	0	0	-6,4	-11		
O2	3	0,7	8,4	10,5	0	0	0	4,2	0	8,4	6,3	0	36	-1...	0	-6,3	0	0	0	0	-15		
O3	5	0,4	0	0	0	6	0	0	0	6	6	0	18	0	0	0	0	-4	0	0	-8	-12	
O4	3	0,2	0	0	2,4	0	1,8	1,2	0	0	0	1,8	7	-3	-2,4	0	-1,2	0	0	0	-6		
O5	4	0,7	11,2	14	11,2	8,4	8,4	5,6	8,4	11,2	0	0	77	-14	0	0	-5,6	0	-8,4	-2,8	0	-31	
O6	2	0,8	6,4	0	0	0	4,8	0	0	4,8	0	0	18	-8	0	0	-3,2	0	0	-1,6	0	-13	
O7	3	0,8	0	0	0	7,2	0	0	0	9,6	0	7,2	24	0	0	0	-4,8	0	0	0	0	-5	
O8	4	0,7	0	0	0	0	5,6	0	0	11,2	0	8,4	25	-14	0	0	0	0	0	0	0	-14	
O9	2	0,8	6,4	0	0	0	0	0	0	6,4	0	4,8	17	-8	0	0	-3,2	0	0	-1,6	0	-13	
O10	4	0,3	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	5	-6	0	0	0	0	0	0	-4,8	-11	
T1	4	0,3	4,8	6	0	3,6	3,6	2,4	3,6	4,8	0	3,6	34	-6	0	0	-2,4	0	0	0	0	-8	
T2	2	0,4	0	0	0	2,4	0	0	3,2	2,4	0	0	7	-4	0	0	0	0	0	0	0	-4	
T3	2	0,3	0	0	-2,4	0	0	0	0	0	0	0	-2	3	0	0	0	0	0	-0,6	0	2	
T4	4	0,1	-1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T5	2	0,6	0	0	-4,8	0	0	0	-3,6	0	0	0	-9	0	0	0	0	0	0	3,6	-1,2	0	
T6	2	0,7	5,6	0	0	0	0	2,8	4,2	5,6	0	0	19	-7	0	0	-2,8	0	-4,2	0	0	-14	
T7	4	0,3	-4,8	0	-4,8	0	0	0	-3,6	0	0	-3,6	-18	6	0	0	0	0	0	0	0	6	
T8	5	0,1	-2	0	0	0	0	-1,5	-2	0	0	0	-6	0	0	0	-1	0	0	0	0	-2	
T9	4	0,4	0	8	6,4	4,8	4,8	3,2	4,8	6,4	0	4,8	43	-8	-6,4	0	0	0	0	0	0	0	-14

В этой таблице оценивается степень значимости каждого фактора с точки зрения формирования стратегии:

- оценка уровня благоприятных возможностей для компании
- оценка уровня конкретных угроз для фирмы

- оценка сильных сторон компании
- оценка слабых сторон компании

Значение полученное на пересечении каждого фактора (далее A_{ij}) – это комплексный параметр отношения факторов.

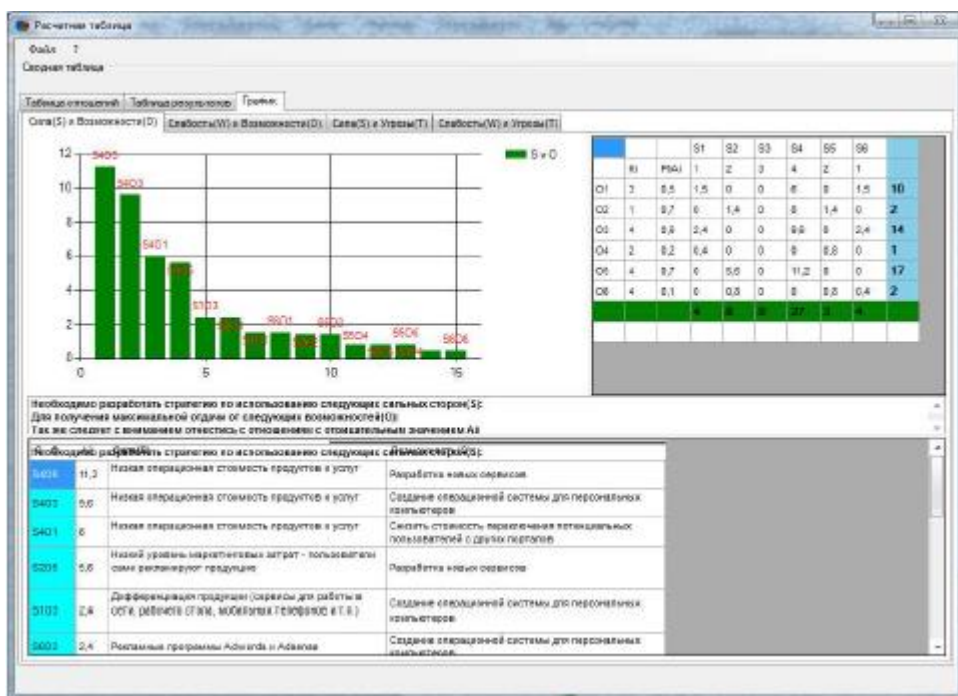
Анализ степени значимости каждого отношения нам позволит выбрать наиболее верную и перспективную стратегию развития компании. Также мы можем определить какие именно факторы влияют на наши возможности и угрозы в большей степени, а какие в меньшей.

Также необходимо учитывать тот факт, что значимость определённых элементов не статична и может изменяться под воздействием различных факторов микро- и макросреды организации, поэтому эффективность SWOT-анализа возрастает при его систематическом применении через определенные временные интервалы.

Современная бизнес-среда очень динамична, и часто изменение одного значимого фактора может стать причиной изменения целого ряда показателей из различных разделов матрицы, поэтому построение новой матрицы позволяет посмотреть на тот или иной аспект бизнеса компании под новым ракурсом, что, в конечном итоге, может стать причиной изменения стратегии компаний. Даже незначительные изменения факторов внутренней или внешней среды, а также потеря или появление новых сильных или слабых сторон должны являться поводом для построения новой SWOT-матрицы и переосмысления стратегий компании.

Для более детального изучения каждой матрицы стратегий, переходим во вкладку «График» (рис. 3.2.13 п.2).

Перед нами появится форма для детального изучения стратегии (рис. 3.2.14).



После проведения анализа, полученные данные можно вывести в виде отчета в документе WORD (рис. 3.2.18) . Для этого необходимо перейти в пункт меню «Файл»->«Создать отчет». В результате отчет появится на экране в формате *.doc.

Задание для практической работы:

1. Для организации из практической работы №2 провести SWOT-анализ.
2. По полученным результатам сделать выводы и оформить отчет.
3. Отчет защитить у преподавателя.