

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ и науки  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южный федеральный университет»  
Технологический институт  
Южного федерального университета в г. Таганроге**

С.И. Клевцов

**АНАЛИЗ И ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ  
К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

**Учебное пособие**

Работа выполнена на кафедре "Микропроцессорные системы"  
ТТИ ЮФУ при реализации приоритетного национального  
проекта "Образование"

Таганрог 2007

УДК 681.323

Клевцов С.И. Анализ и формирование требований к ПО информационных систем сбора и обработки данных: Учебное пособие. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. - 100 с.

Учебное пособие посвящено изучению основ анализа и формирования требований к программному обеспечению информационных систем сбора и обработки информации о состоянии технических объектов.

В учебном пособии рассматриваются вопросы анализа объектов или технологических процессов в целях выявления их структуры, функций, особенностей функционирования и формирования на этой основе требований для проектирования программного обеспечения информационных систем.

В учебном пособии представлены модели создания информационных систем, их особенности, достоинства и недостатки. Подробно рассмотрены вопросы структурного анализа информационных систем, метод функционального моделирования, моделирования потоков данных, процессов, анализа и формирования системных, пользовательских, функциональных и нефункциональных требований, документирования требований, оценки их выполнимости .

Учебное пособие предназначено для студентов дневной и безотрывной форм обучения специальностей 230201 «Информационные системы и технологии» и 210106 «Промышленная электроника».

Табл. 7 Ил. 27. Библиогр.: 20 назв.

ISBN

© Технологический институт Южного федерального университета, 2007

© Клевцов С.И., 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Модели жизненного цикла программного обеспечения	6
2. Основные принципы структурного анализа	16
3. Построение структурно-функциональной модели объекта.	21
4. Модель DFD.	38
4.1. Построение диаграмм потоков данных.	38
4.2. Построение иерархии диаграмм потоков данных	43
5. Методика "сущность-связь" построения структур баз данных	47
6. Метод описания процессов WORKFLOW DIAGRAMMING	58
7. Анализ требований к информационной системе	69
7.1. Требования к программному обеспечению информационной системы	69
7.1.1. Общие требования к информационной системе	69
7.1.2. Функциональные и нефункциональные требования	72
7.1.3. Пользовательские требования	81
7.1.4. Системные требования.	89
Документирование требований	89
7.2. Разработка требований к программному обеспечению информационной системы	90
7.2.1. Анализ возможности выполнения	93
7.2.2. Формирование и анализ требований	
7.2.3. Согласование требований	
Заключение	98
Список использованных источников	99

## *Введение*

Настоящее учебно-методическое пособие посвящено изучению основ анализа и формирования требований к программному обеспечению информационных систем сбора и обработки информации о состоянии технических объектов.

В учебном пособии рассматриваются вопросы анализа объектов или технологических процессов в целях выявления их структуры, функций, особенностей функционирования и формирования на этой основе требований для проектирования программного обеспечения информационных систем.

В учебном пособии представлены модели создания информационных систем, их особенности, достоинства и недостатки. Подробно рассмотрены вопросы структурного анализа информационных систем, метод функционального моделирования, моделирования потоков данных, процессов, анализа и формирования системных, пользовательских, функциональных и нефункциональных требований, документирования требований, оценки их выполнимости.

Учебно-методическое пособие состоит из 6 разделов.

В первом разделе рассматривается понятие жизненного цикла ПО, определяются процессы жизненного цикла информационной системы. Также анализируются различные модели создания программного обеспечения информационных систем.

Во втором разделе рассматриваются основные принципы структурного анализа информационной системы.

Третий раздел посвящен основам структурного и функционально-модульного проектирования ИС. В частности, приводятся принципы структурного подхода, последовательность построения функциональной модели ИС. Рассматривается модель SADT, ее состав, схемы построения иерархии диаграмм и определения типов связей между отдельными функциями.

В четвертом разделе приводятся основные сведения о построении диаграмм потоков данных, описывается модель DFD, ее состав и основные требования к построению диаграмм.

В пятом разделе подробно описывается методика "сущность-связь" построения структур баз данных. Описание базировано на примере построения структуры базы данных, приводятся правила трансформации конструкций, полученных в ре-

зультате применения методики, в таблицы реляционной базы данных.

Шестой раздел посвящен изучению основ методики описания процессов IDEF3, методики моделирования, использующей графическое описание информационных потоков, взаимоотношений между процессами обработки информации и объектами, которые являются частью этих процессов. Диаграммы процессов используются для описания логики взаимодействия информационных потоков.

В седьмом разделе рассматриваются вопросы анализа требований к программному обеспечению информационной системы, - общие требования к информационной системе, функциональные и нефункциональные требования, пользовательские требования, системные требования, документирования требований. Также приводятся сведения о разработке требований к программному обеспечению информационной системы, анализу возможности их выполнения, процедурам формирования и согласования требований.

## *1. Модели жизненного цикла программного обеспечения*

В основе создания ПО лежит понятие жизненного цикла (ЖЦ). ЖЦ ПО - это непрерывный процесс, который начинается с момента принятия решения о необходимости его создания и заканчивается в момент его полного изъятия из эксплуатации [2].

Основным нормативным документом, регламентирующим ЖЦ ПО, является международный стандарт ISO/IEC 12207 (ISO - International Organization of Standardization - Международная организация по стандартизации, IEC - International Electrotechnical Commission - Международная комиссия по электротехнике). Он определяет структуру ЖЦ, содержащую процессы, действия и задачи, которые должны быть выполнены во время создания ПО.

В соответствии со стандартом ISO/IEC 12207 все процессы ЖЦ ПО разделены на три группы [ 2, 3].

Это следующие группы:

1. Основные процессы:
  - приобретение,
  - поставка,
  - разработка,
  - эксплуатация,
  - сопровождение.
2. Вспомогательные процессы, обеспечивающих выполнение основных процессов:
  - документирование,
  - управление конфигурацией,
  - обеспечение качества,
  - верификация, аттестация,
  - совместная оценка, аудит,
  - разрешение проблем.
3. Организационные процессы:
  - управление,
  - создание инфраструктуры,
  - усовершенствование,
  - обучение.

Подробно о структуре и содержании каждого из перечисленных процессов ЖЦ ПО изложено в [2].

Стандарт ISO/IEC 12207 не предлагает конкретную модель ЖЦ ПО и методы разработки.

Существует множество моделей ЖЦ, каждая из которых определяет структуру, последовательность выполнения и взаимосвязи процессов, этапов, действий и задач на протяжении жизненного цикла, а также критерии перехода от этапа к следующему. Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие модели ЖЦ:

1. **Классическая каскадная модель** и модель реальной поэтапной разработки на ее основе [1,2].

Классическая каскадная модель включает в себя следующие этапы:

- системный анализ;
- анализ требований;
- проектирование;
- кодирование;
- тестирование;
- сопровождение.

Разработка в рамках модели рассматривается как последовательность этапов, причем переход на следующий, иерархически нижний этап происходит только после полного завершения работ на текущем этапе.

Подразумевается, что разработка начинается на системном уровне и проходит через анализ, проектирование, кодирование, тестирование и сопровождение. При этом моделируются действия стандартного инженерного цикла.

*Системный анализ* задает роль каждого элемента в компьютерной системе, взаимодействие элементов друг с другом. Поскольку ПО является лишь частью большой системы, то анализ начинается с определения требований ко всем системным элементам и назначения подмножества этих требований программному компоненту. Необходимость системного подхода явно проявляется, когда формируется интерфейс ПО с другими элементами (аппаратурой, людьми,

*Анализ требований* – процесс жизненного цикла программы, во время которого требования заказчика уточняются, формализуются и документируются. Анализ требований относится к программному обеспечению ИС. Уточняются и детализируются

его функции, характеристики и интерфейс.

Результаты анализа (системного анализа и анализа требований к ПО) документируются в *спецификации анализа*.

Проектирование – процесс жизненного цикла программного обеспечения, во время которого исследуется его структура и взаимосвязи элементов.

Проектирование состоит в создании представлений:

- архитектуры ПО;
- модульной структуры ПО;
- алгоритмической структуры ПО;
- структуры данных;
- входного и выходного интерфейса (входных и выходных форм данных).

Исходные данные для проектирования содержатся в *спецификации анализа*, то есть в ходе проектирования выполняется трансляция требований к ПО во множество проектных представлений. При решении задач проектирования основное внимание уделяется качеству будущего программного

Как и любая инженерная схема, классическая каскадная модель имеет достоинства и недостатки.

*Основным достоинством классической модели* является четкий план и временной график по всем этапам проекта, который упорядочивает ход конструирования.

Недостатки классической модели связаны с тем, что требования модели часто противоречат процессам реальной разработки ПО. Например, на практике необходимы отклонения от стандартной последовательности этапов, возврат на предыдущие этапы, что не допускается в классической модели. Процесс создания ПО носит, как правило, итерационный характер: результаты очередной стадии часто вызывают изменения в проектных решениях, выработанных на более ранних стадиях. Постоянно возникает потребность в возврате к предыдущим стадиям и уточнении или пересмотре

В результате реальный процесс создания ПО в развитие классической модели принимает иной вид (рис. 1.1) [2].

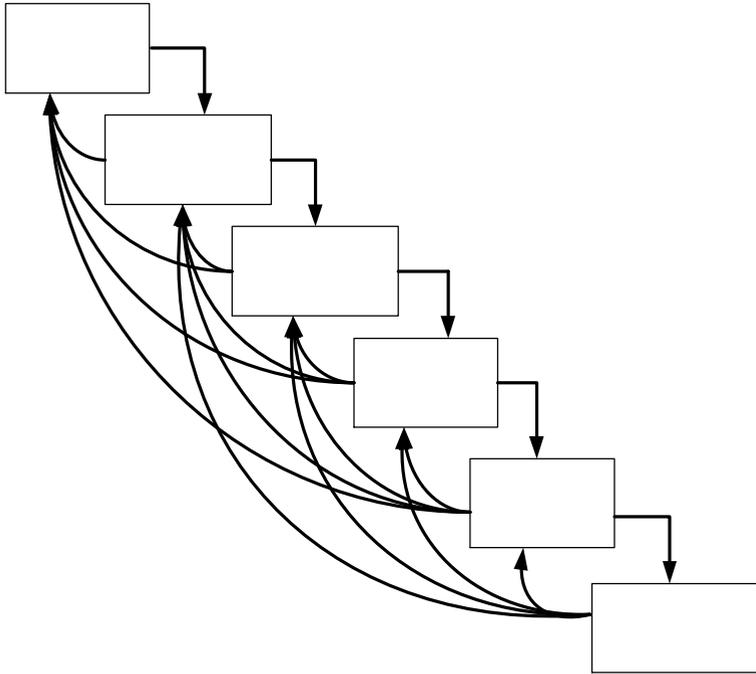


Рисунок 1.1. – Реальный процесс разработки ПО

Изображенная на рис. 1.1 схема обеспечивает большую надежность разработки по сравнению с каскадной моделью, хотя и увеличивает весь период создания ПО.

Основным недостатком каскадного подхода являются существенное запаздывание с получением результатов и, как следствие, достаточно высокий риск создания системы, не удовлетворяющей изменившимся потребностям пользователей. Практика показывает, что на начальной стадии проекта полностью и точно сформулировать все требования к будущей системе не удается.

Это объясняется тем, что пользователи не в состоянии сразу изложить все свои требования и не могут предвидеть, как они изменятся в ходе разработки, а кроме того, за время разработки могут произойти изменения во внешней среде, которые повлия-

ют на требования к системе.

В рамках каскадного подхода требования к ИС фиксируются в виде технического задания на все время ее создания, а согласование получаемых результатов с пользователями производится только в точках, планируемых после завершения каждой стадии. При этом возможна корректировка результатов по замечаниям пользователей, если они не затрагивают требования, изложенные в техническом задании.

Таким образом, пользователи могут внести существенные замечания только после того, как работа над системой будет полностью завершена. В случае неточного изложения требований или их изменения в течение длительного периода создания ПО пользователи получают систему, не удовлетворяющую их потребностям. В результате приходится начинать новый проект, который может постигнуть та же

## ***2. Инкрементная модель [1, 3].***

В рамках этой модели в начале процесса определяются все пользовательские и системные требования.

Все конструирование ПО выполняется в виде последовательности версий. Первая версия реализует часть запланированных возможностей, следующая версия реализует дополнительные возможности и т. д., пока не будет получена

Инкрементная модель объединяет элементы последовательной каскадной модели с итерационной стратегией макетирования ПО (рис. 1.2).

Каждая линейная последовательность этапов создания ПО вырабатывает определенный для данной итерации инкремент ПО. Первый инкремент приводит к получению базового продукта, реализующего базовые требования.

План следующего инкремента предусматривает модификацию базового продукта, обеспечивающую дополнительные характеристики и функциональность.

По своей природе инкрементный процесс итеративен. Важным достоинством модели является то, что инкрементная модель обеспечивает на каждом инкременте работающий продукт.

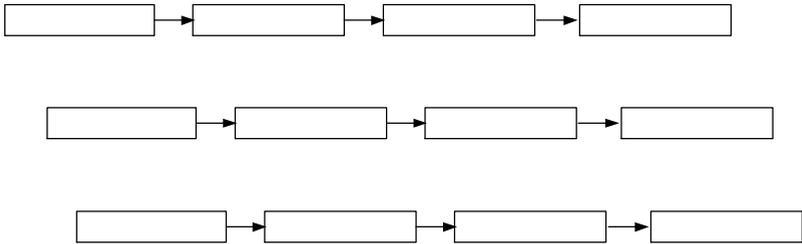


Рисунок 1.2. - Инкрементная модель

Современная реализация инкрементного подхода — экстремальное программирование (eXtreme Programming, XP) [4,5]. Оно ориентировано на очень малые приращения функциональности.

XP-процесс ориентирован на группы малого и среднего размера, строящие программное обеспечение в условиях неопределенных или быстро изменяющихся требований. XP-группу образуют до 10 сотрудников, которые размещаются в одном помещении.

Основная идея XP — устранить высокую стоимость изменения, характерную для приложений с использованием объектов, паттернов (паттерн является решением типичной проблемы в определенном контексте) и реляционных баз данных. Поэтому XP-процесс должен быть высокодинамичным

XP-группа имеет дело с изменениями требований на всем протяжении итерационного цикла разработки, причем цикл состоит из очень коротких итераций.

Четырьмя базовыми действиями в XP-цикле являются:

- кодирование,
- тестирование,
- выслушивание заказчика,
- проектирование.

Динамизм обеспечивается с помощью четырех характеристик:

- непрерывной связи с заказчиком (и в пределах группы),
- простоты (всегда выбирается минимальное решение),

- быстрой обратной связи (с помощью модульного и функционального тестирования),
- смелости в проведении профилактики возможных проблем.

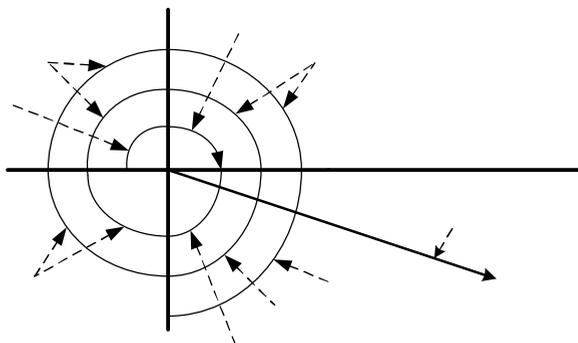
Большинство принципов, поддерживаемых в XP (минимальность, простота, эволюционный цикл разработки, малая длительность итерации, участие пользователя, оптимальные стандарты кодирования и т. д.), продиктованы здравым смыслом и применяются в любом упорядоченном

#### **4. Спиральная модель [1, 2, 6].**

Спиральная модель базируется на лучших свойствах классического жизненного цикла и макетирования, к которым добавляется новый элемент — анализ риска, отсутствующий в этих парадигмах.

Как показано на рис. 1.3, модель определяет четыре действия, представляемые четырьмя квадрантами спирали.

1. Планирование — определение целей, вариантов и ограничений.
2. Анализ риска — анализ вариантов и распознавание/выбор риска.
3. Конструирование — разработка продукта следующего уровня.
4. Оценивание — оценка заказчиком текущих результатов конструирования.



### Рисунок 1.3. - Спиральная модель:

- 1 — начальный сбор требований и планирование проекта;
- 2 — та же работа, но на основе рекомендаций заказчика;
- 3 — анализ риска на основе начальных требований;
- 4 — анализ риска на основе реакции заказчика;
- 5 — переход к комплексной системе;
- 6 — начальный макет системы;
- 7 — следующий уровень макета;
- 8 — сконструированная система;
- 9 — оценивание заказчиком

С каждой итерацией по спирали (продвижением от центра к периферии) строятся все более полные версии ПО. В первом витке спирали определяются начальные цели, варианты и ограничения, распознается и анализируется риск. Если анализ риска показывает неопределенность требований, на помощь разработчику и заказчику приходит макетирование (используемое в квадранте конструирования). Для дальнейшего определения проблемных и уточненных требований может быть использовано моделирование. Заказчик оценивает инженерную (конструкторскую) работу и вносит предложения по модификации (квадрант оценки заказчиком). Следующая фаза планирования и анализа риска базируется на предложениях заказчика. В каждом цикле по спирали результаты анализа риска формируются в виде «продолжать, не продолжать». Если риск слишком велик, проект может быть остановлен.

В большинстве случаев движение по спирали продолжается, с каждым шагом продвигая разработчиков к более общей модели системы. В каждом цикле по спирали требуется конструирование (нижний правый квадрант), которое может быть реализовано классическим жизненным циклом или макетированием. Заметим, что количество действий по разработке (происходящих в правом нижнем квадранте) возрастает по мере продвижения от центра спирали.

#### *Достоинства спиральной модели:*

1) наиболее реально (в виде эволюции) отображает разработку программного обеспечения;

2) позволяет явно учитывать риск на каждом витке эволюции разработки;

3) включает шаг системного подхода в итерационную структуру разработки;

4) использует моделирование для уменьшения риска и совершенствования программного изделия.

*Недостатки спиральной модели:*

1) новизна (отсутствует достаточная статистика эффективности модели);

2) повышенные требования к заказчику;

3) трудности контроля и управления временем разработки.

Одним из возможных подходов к разработке программного обеспечения в рамках спиральной модели ЖЦ является получившая в последнее время широкое распространение *методология быстрой разработки приложений RAD* (Rapid Application Development) [1]. Под этим термином обычно понимается процесс разработки программного обеспечения, содержащий 3 элемента:

- небольшую команду программистов (от 2 до 10 человек);
- короткий, но тщательно проработанный производственный график (от 2 до 6 мес.);
- повторяющийся цикл, при котором разработчики, по мере того, как приложение начинает обретать форму, запрашивают и реализуют в продукте требования, полученные через взаимодействие с заказчиком.
- Команда разработчиков должна представлять из себя группу профессионалов, имеющих опыт в анализе, проектировании, генерации кода и тестировании программного обеспечения с использованием CASE-средств. Члены коллектива должны также уметь трансформировать в рабочие прототипы предложения конечных пользователей.

Жизненный цикл программного обеспечения по методологии RAD состоит из четырех фаз:

- фаза анализа и планирования требований;
- фаза проектирования;

- фаза построения;
- фаза внедрения.

Таким образом, технологический цикл создания программного обеспечения (ПО) информационной системы (ИС) включает три основные комплексные стадии [1]:

- анализ,
- синтез,
- сопровождение,

каждая из которых разукрупняется и уточняется в зависимости от выбранной модели жизненного цикла.

### Контрольные вопросы

1. Что такое жизненный цикл программного обеспечения?
2. Перечислите основные этапы классической каскадной модели жизненного цикла программного обеспечения (ЖЦ ПО).
3. Укажите основные достоинства и недостатки классической каскадной модели ЖЦ ПО.
4. Укажите основные отличия реального процесса создания ПО в рамках каскадной модели от классической каскадной модели ЖЦ ПО.
5. Перечислите основные положения инкрементной модели ЖЦ ПО.
6. Укажите особенности реализации модели экстремального программирования.
7. Приведите основные положения спиральной модели ЖЦ ПО.
8. Перечислите основные достоинства и недостатки спиральной модели ЖЦ ПО.
9. Укажите особенности реализации методологии быстрой разработки приложений.

## 2. Основные принципы структурного анализа

Проанализировав все основные модели жизненного цикла ПО, можно выделить ключевые процессы - **структурный ана-**

**лиз и проектирование**, выполняемые на начальном этапе создания ПО ИС, от которых в целом зависит успешное его создание.

**Структурный анализ** - метод исследования системы, заключающийся в последовательной ее детализации на основе определенного представления об этой системе (например, с позиций выполняемых ею функций и обмена информационными и управляющими потоками), и формировании описания системы в виде иерархической многоуровневой структуры из элементов выбранного представления.

Для метода характерно:

- разбиение на уровни абстракции с ограничением числа элементов на каждом из уровней иерархии представления (обычно от 3 до 6-7);
- ограниченный контекст, включающий лишь существенные на каждом уровне детали;
- двойственность данных и операций над ними;
- использование строгих формальных правил записи;
- последовательное приближение к конечному результату.

В ходе анализа определяются все задачи и функции системы и формируются требования к ИС. Именно на этой стадии закладывается фундамент успеха всего проекта. Известно множество неудачных реализаций из-за неполноты и неточностей в определении требований к системе.

Список требований к разрабатываемой системе должен включать:

1. Совокупность условий, при которых предполагается эксплуатировать будущую систему (аппаратные и программные ресурсы, предоставляемые системе; внешние условия ее функционирования; состав людей и работ, имеющих к ней отношение),
2. Описание выполняемых системой функций,
3. Ограничения в процессе разработки (директивные сроки завершения отдельных этапов, имеющиеся ресурсы, ор-

ганизационные процедуры и мероприятия, обеспечивающие защиту информации).

Целью анализа является преобразование общих, неясных знаний о требованиях к будущей системе в точные (по возможности) определения. На этом этапе определяются:

1. Архитектура системы, ее функции, внешние условия, распределение функций между аппаратурой и ПО,
2. Интерфейсы и распределение функций между человеком и системой,
3. Требования к программным и информационным компонентам ПО, необходимые аппаратные ресурсы, требования к БД, физические характеристики компонентов ПО, их интерфейсы.

Анализ требований разрабатываемой системы является важнейшим среди всех этапов ЖЦ. Он оказывает существенное влияние на все последующие этапы, являясь в то же время наименее изученным и понятным процессом.

На этом этапе:

- необходимо понять, что предполагается сделать;
- документально зафиксировать полученную информацию, т.к. если требования не зафиксированы и не сделаны доступными для участников проекта, то можно считать, что они не существуют.

Язык, на котором формулируются требования, должен быть достаточно прост и понятен заказчику.

Во многих аспектах системный анализ является наиболее трудной частью разработки. Проблемы, с которыми сталкивается разработчик, взаимосвязаны, что и является одной из главных причин их трудной разрешимости:

1. Разработчику сложно получить исчерпывающую информацию для оценки требований к системе с точки зрения заказчика,
2. Заказчик, в свою очередь, не имеет достаточной информации о проблеме обработки данных, чтобы судить, что является выполнимым, а что нет,

3. Разработчик сталкивается с чрезмерным количеством подробных сведений о предметной области и о новой системе,
4. Спецификация системы из-за объема и технических терминов часто непонятна для заказчика,
5. В случае понятности спецификации для заказчика, она будет являться недостаточной для проектировщиков и программистов, создающих систему.

Применение известных аналитических методов снимает некоторые из перечисленных проблем анализа, однако эти проблемы могут быть существенно облегчены за счет применения современных структурных методов, среди которых центральное место занимают методологии структурного анализа. Сущность структурного подхода к разработке ИС, подчеркнем еще раз, заключается в ее декомпозиции (разбиении) на автоматизируемые функции: система разбивается на функциональные подсистемы, которые в свою очередь делятся на подфункции, подразделяемые на задачи и так далее. Процесс разбиения продолжается вплоть до конкретных процедур. При этом автоматизируемая система сохраняет целостное представление, в котором все составные элементы взаимосвязаны. Все методологии структурного анализа базируются на ряде общих принципов, часть из которых регламентирует организацию работ на начальных этапах ЖЦ, а часть используется при выработке рекомендаций по организации работ. Все наиболее распространенные методологии структурного подхода [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] базируются на ряде общих принципов [1, 2, 3, 14]. В качестве двух базовых принципов используются следующие:

- *принцип "разделяй и властвуй"* - принцип решения сложных проблем путем их разбиения на множество меньших независимых задач, легких для понимания и решения;
- *принцип иерархического упорядочивания* - принцип организации составных частей общей проблемы в иерархические древовидные структуры с добавлением новых деталей на каждом уровне. Второй принцип декларирует, что устройство этих частей также существенно для понимания, а ясность и понима-

ние проблемы резко повышается при организации ее частей в древовидные иерархические структуры.

Выделение двух базовых принципов не означает, что остальные принципы являются второстепенными, поскольку игнорирование любого из них может привести к непредсказуемым последствиям (в том числе и к провалу всего проекта). Основными из этих принципов являются следующие:

- *принцип абстрагирования* - заключается в выделении существенных с некоторыми позициями аспектов системы и отвлечение от несущественных с целью представления проблемы в простом общем виде;
- *принцип формализации* - заключается в необходимости строгого методического подхода к решению проблемы;
- *принцип непротиворечивости* - заключается в обоснованности и согласованности элементов;
- *принцип ограниченной видимости*, который заключается в игнорировании несущественной на конкретном этапе информации, когда каждая часть системы знает только необходимую ей информацию;
- *принцип концептуальной общности* заключается в следовании единой методологии на всех этапах ЖЦ ПО, в данном случае последовательность процессов: структурный анализ; структурное проектирование; структурное программирование; структурное проектирование;
- *принцип проектирования* необходимой полноты заключается в контроле присутствия лишних элементов и их исключении из части системы;
- *принцип логической независимости* заключается в необходимости акцента на логическое проектирование для обеспечения независимости от физического проектирования;
- *принцип независимости данных* заключается в том, что модели данных должны быть проанализированы и спроектированы независимо от процессов их логической обработки, а также от их физической структуры и распределения;

- *принцип структурирования данных* заключается в том, что данные должны быть структурированы и иерархически организованы,
- *принцип доступа конечного пользователя* заключается в том, что пользователь должен иметь средства доступа к базе данных, которые он может использовать непосредственно (без программирования).

Соблюдение указанных принципов необходимо при организации работ на начальных этапах ЖЦ независимо от типа разрабатываемого ПО и используемых при этом методологий. Руководствуясь всеми принципами в комплексе, можно на более ранних стадиях разработки понять, что будет представлять из себя создаваемая система, обнаружить промахи и недоработки, что, в свою очередь, облегчит работы на последующих этапах ЖЦ и понизит стоимость разработки.

В структурном анализе используются в основном две группы средств, иллюстрирующих функции, выполняемые системой и отношения между данными.

*Первая группа* - модели, реализуемые в виде диаграмм, иллюстрирующие функции, которые система должна выполнять, и связи между этими функциями. На практике наиболее часто используют:

- SADT (Structured Analysis and Design Technique) модели и соответствующие функциональные диаграммы;
- DFD (Data Flow Diagrams) диаграммы потоков данных.

*Вторая группа* - модели, реализуемые в виде диаграмм, моделирующие данные и их отношения.

Подавляющее большинство разработчиков ПО использует ERD (Entity-Relationship Diagrams) диаграммы "сущность-связь".

### Контрольные вопросы

1. Что такое структурный анализ?
2. В чем состоит суть метода структурного анализа?
3. Что характерно для метода структурного анализа?
4. Какие основные требования предъявляются к системе?
5. Что определяется на этапе структурного анализа?

6. Перечислите и охарактеризуйте основные принципы структурного анализа.
7. Перечислите и охарактеризуйте вспомогательные принципы структурного анализа.

### **3. Построение структурно-функциональной модели объекта.**

Методология SADT представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области. При этом решается задача анализа объекта с позиции компьютеризации, а сама модель используется для определения требований к ПО ИС и проектирования ИС. На основе SADT разработана известная методология IDEF0 (Icam DEFinition) анализа и проектирования ПО ИС.

Функциональная модель SADT отображает функциональную структуру объекта, т.е. производимые им действия и связи между этими действиями. Основные элементы этой методологии основываются на принципах структурного анализа и включают в себя:

- графическое представление блочного моделирования. В SADT-диаграммах функция объекта отображается в виде блока, а интерфейсы входа/выхода функций представляются дугами, соответственно входящими в блок и выходящими из него. Взаимодействие блоков друг с другом описываются посредством интерфейсных дуг, которые определяют, когда и каким образом функции выполняются и управляются;
- строгость и точность выполнения правил построения модели. Выполнение правил SADT требует достаточной строгости и точности, не накладывая в то же время чрезмерных ограничений на действия разработчика.

Правила SADT включают:

- ограничение количества блоков (не более 3-6 блоков) на каждом уровне декомпозиции, что опирается на общие требования структурного подхода и обосновывается

- психологическими особенностями человека в части обработки информации;
- связность диаграмм, заключающаяся в построении системы нумерации блоков;
  - уникальность меток и наименований, реализуемая требованием отсутствия повторяющихся имен в диаграммах;
  - синтаксические правила для графики, т.е. блоков и дуг;
  - разделение входов данных и управлений, которое базируется на правиле определения роли данных в реализации той или иной функции, т.е. будут данные служить в качестве обрабатываемой информации или они используются только для управления обработкой.
  - отделение объекта анализа от функции, т.е. исключение влияния текущего состояния объекта на разрабатываемую функциональную модель.

Методология SADT может использоваться для моделирования широкого круга систем и *определения требований и функций*, а затем для *разработки системы, которая удовлетворяет этим требованиям и реализует эти функции*. Для уже существующих систем SADT может быть использована для анализа функций, выполняемых системой, а также для указания механизмов, посредством которых они осуществляются.

#### *Состав функциональной модели*

Как уже было сказано, основным рабочим элементом при моделировании является диаграмма. Модель SADT объединяет и организует диаграммы в иерархические древовидные структуры, при этом, чем выше уровень диаграммы, тем она менее детализирована. В состав диаграммы входят блоки, изображающие функции моделируемой системы, и дуги, связывающие блоки вместе и изображающие взаимодействия и взаимосвязи между блоками. Вместо одной громоздкой модели используются несколько небольших взаимосвязанных моделей, значения которых взаимодополняют друг друга, делая понятной структуризацию сложного объекта.

Блоки на диаграммах изображаются прямоугольниками и сопровождаются текстами на естественном языке, описываю-

щими функции.

В отличие от других методов структурного анализа в SADT каждая сторона блока имеет вполне определенное особое назначение (рис.3.1):

- левая сторона блока предназначена для **Входов** данных, которые обрабатываются функциональным блоком (преобразовываются, претерпевают количественные или качественные изменения) ,
- правая сторона блока предназначена для **Выходов** данных, которые были получены после обработки в функциональном блоке,
- верхняя сторона блока предназначена для **Управления**. Это тоже данные, но которые используются для управления обработкой в функциональном блоке. Они, как правило, не претерпевают количественных или качественных изменений,
- нижняя сторона блока предназначена для **Исполнителей**, - элементов системы, программной или аппаратной составляющих ее, которые реализуют или в рамках которых реализуется функциональный блок.

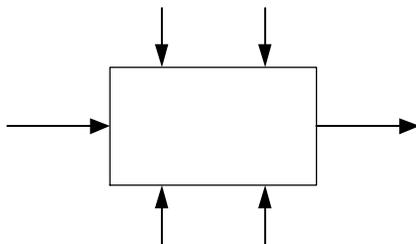


Рисунок 3.1 – Функциональный блок и интерфейсные дуги

Такое обозначение отражает определенные принципы описания системы с позиции функций, когда входная информация после обработки преобразуются в выходную, управляющие

данные ограничивают или предписывают условия выполнения тех или иных подфункций (алгоритмов) в функциональном блоке, а исполнители описывают исполнительные механизмы (подпрограмма, модуль, подсистема, оператор, элементы аппаратной части системы и т.д.), в составе какого реального компонента ИС и за счет чего выполняются преобразования в функциональном блоке.

Таким образом, дуги в SADT представляют поименованные, т.е. маркированные текстами на естественном языке, потоки данных, которые могут представлять в рамках модели различные предметы или элементы системы (объекта) (рис. 3.2).

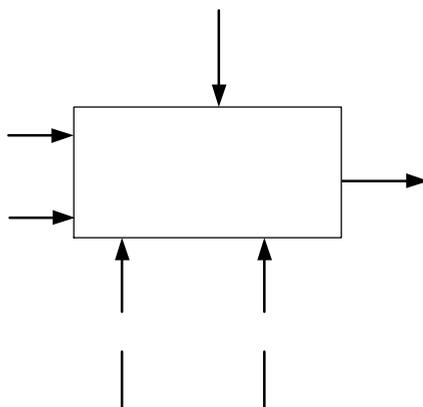


Рисунок 3.2 – Пример представления функционального блока и интерфейсных дуг

Блоки на диаграмме размещаются по ступенчатой схеме в соответствии с их доминированием, которое понимается как влияние, оказываемое одним блоком на другие. Кроме того, блоки должны быть пронумерованы, например, в соответствии с их доминированием. Номера блоков служат однозначными идентификаторами для функций и формируют функциональную иерархическую структуру или иерархию моделей. Взаимовлияние блоков может выражаться либо в пере-

сылке Выходных данных к другому функциональному блоку для дальнейшего преобразования, либо в выработке управляющей информации, предписывающей, что именно должен делать другой функциональный блок.

Таким образом, диаграммы SADT являются предписывающими диаграммами, описывающими как преобразования между Входом и Выходом, так и предписывающие правила этих преобразований.

В SADT требуются только пять типов взаимосвязей между блоками для описания их отношений: Управление, Вход, Управленческая Обратная Связь, Входная Обратная Связь, Выход-Исполнитель.

Отношения Управления и Входа являются простейшими, поскольку они отражают интуитивно очевидные прямые воздействия.

Отношение Управления возникает тогда, когда Выход одного блока непосредственно влияет на блок с меньшим доминированием (Рис. 3.3).

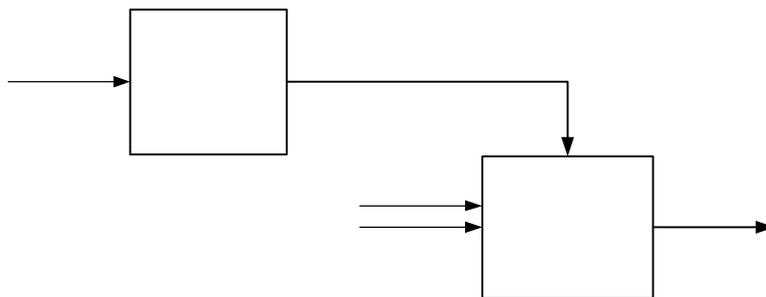


Рисунок 3.3 – Схема отношения Управление - Вход

Отношение Входа возникает, когда Выход одного блока становится Входом для блока с меньшим доминированием (Рис.3.4).

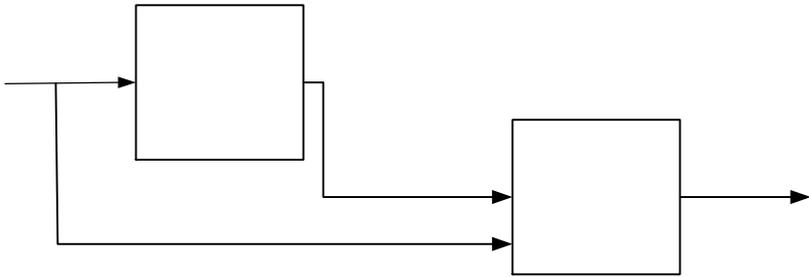


Рисунок 3.4 – Схема отношения Вход

Обратные связи более сложны, поскольку они отражают итерацию или рекурсию. Выходы из одного функционального блока влияют на будущее выполнение других функций, что впоследствии влияет на исходный функциональный блок.

Управленческая Обратная Связь возникает, когда Выход некоторого блока влияет на блок с большим доминированием (Рис.3.5).

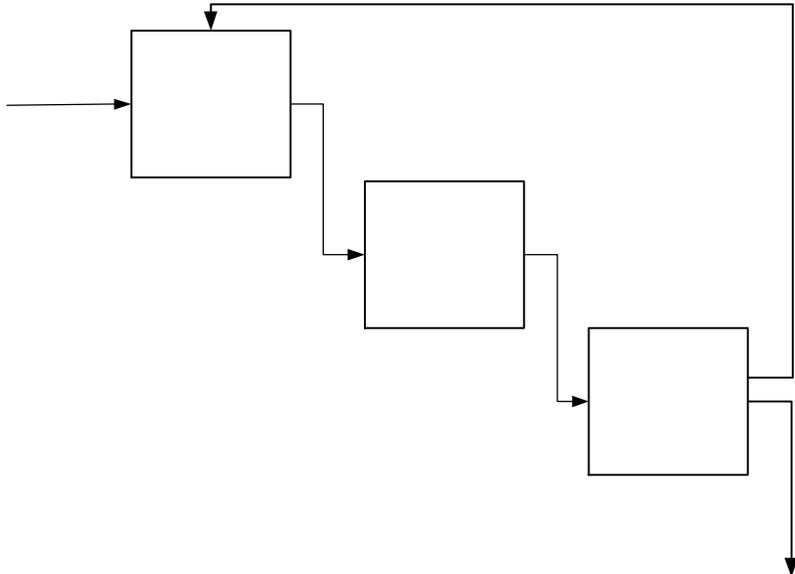


Рисунок 3.5 – Схема отношения Управленческая Обратная  
Связь

Отношение Входной Обратной Связи имеет место, когда Выход одного блока становится Входом другого блока с большим доминированием (Рис.3.6).

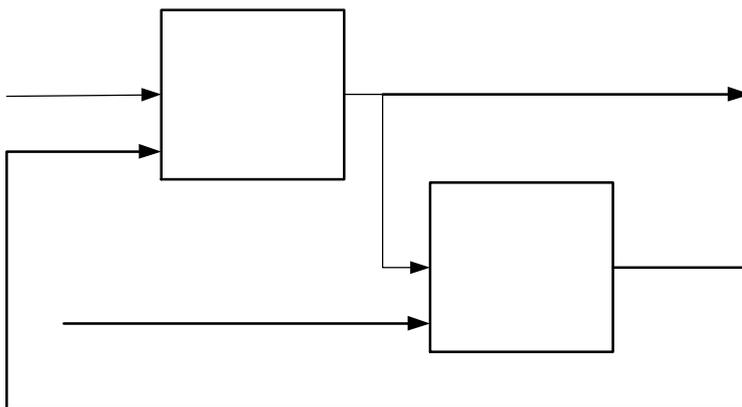


Рисунок 3.6 – Схема отношения Входная Обратная Связь

Отношения Выход- Исполнитель встречаются нечасто и представляют особый интерес. Они отражают ситуацию, при которой Выход одного функционального блока становится средством достижения цели другого функционального блока (Рис.3.7).

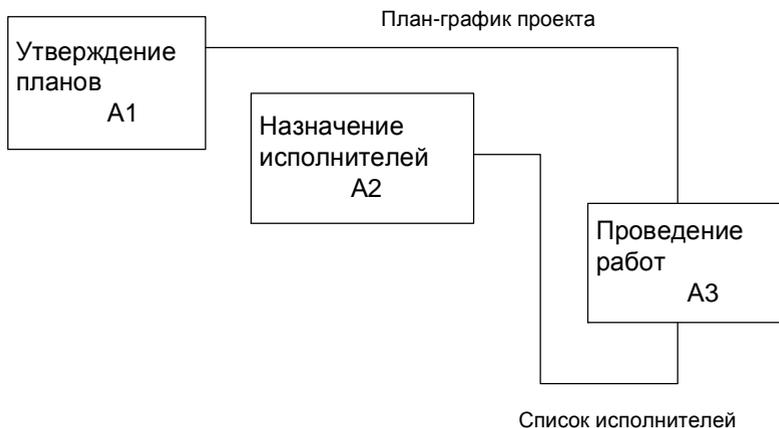


Рисунок 3.7 – Схема отношения Выход- Исполнитель

Дуги SADT, как правило, изображают потоки данных, поэтому они могут разветвляться и соединяться вместе различным образом. Разветвления дуги означают, что часть ее содержимого (или весь поток) может появиться в каждом ответвлении дуги. Дуга всегда помечается до разветвления, чтобы дать название всему набору (Рис.3.8).

Кроме того, каждая ветвь дуги может быть помечена в соответствии со следующими правилами:

- считается, что непомеченная ветвь содержит все предметы, указанные в метке перед разветвлением;
- каждая метка ветви уточняет, что именно содержит эта ветвь.

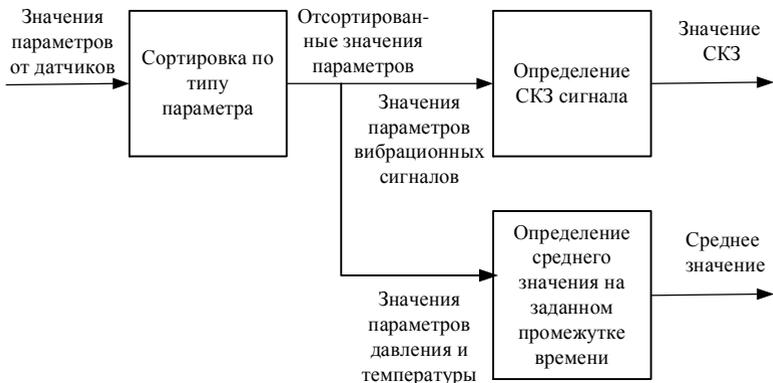


Рисунок 3.8 – Разветвление данных

Слияние дуг указывает, что содержимое каждой ветви участвует в формировании после слияния объединенной дуги. После слияния дуга всегда помечается для указания нового потока (Рис. 3.9).

Кроме того, каждая ветвь перед слиянием может помечаться в соответствии со следующими правилами:

- считается, что непомеченные ветви содержат все данные, указанные в общей метке после слияния;
- каждая метка ветви уточняет, что именно содержит эта ветвь.

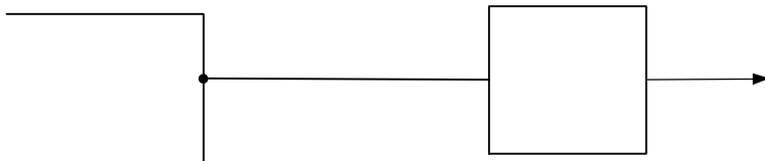


Рисунок 3.9 – Слияние данных

Результатом применения методологии SADT является модель, которая состоит из:

- диаграмм,
- фрагментов текстов,
- глоссария,

имеющих ссылки друг на друга.

Диаграммы - главные компоненты модели, все функции ИС и интерфейсы на них представлены как блоки и дуги.

Одной из наиболее важных особенностей методологии SADT является постепенное введение все больших уровней детализации по мере создания диаграмм, отображающих модель. На рисунке 3.10, где приведены четыре диаграммы и их взаимосвязи, показана структура SADT-модели. Каждый компонент модели может быть декомпозирован на другой диаграмме. Каждая диаграмма иллюстрирует "внутреннее строение" блока на родительской диаграмме.

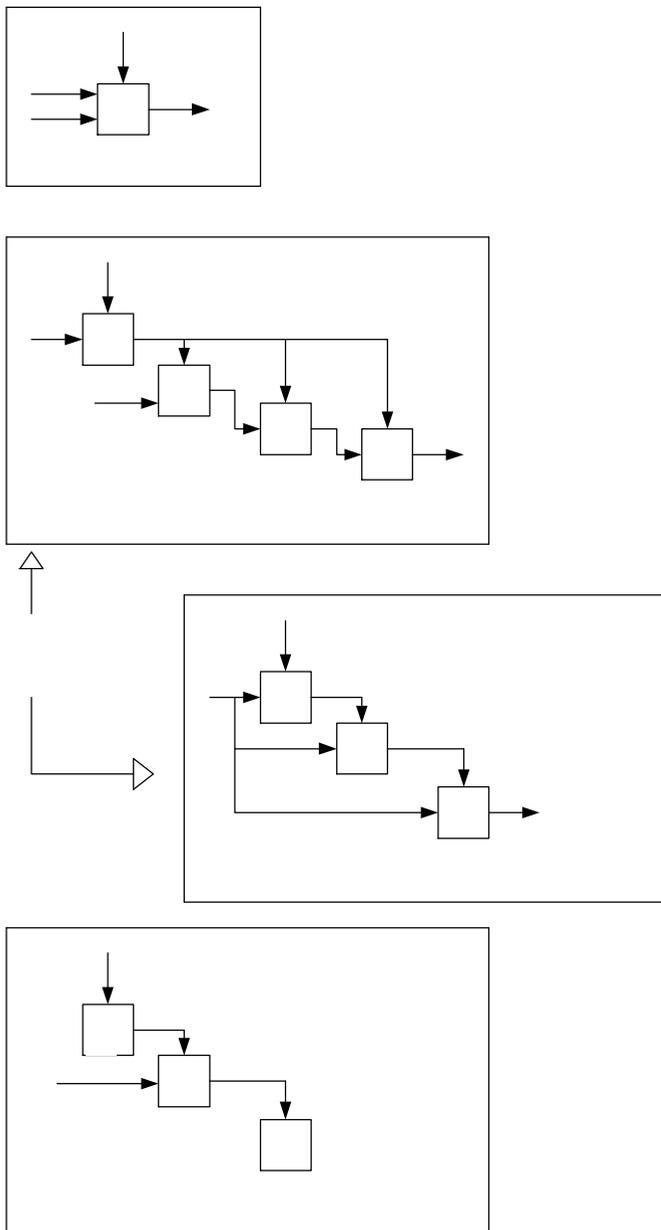


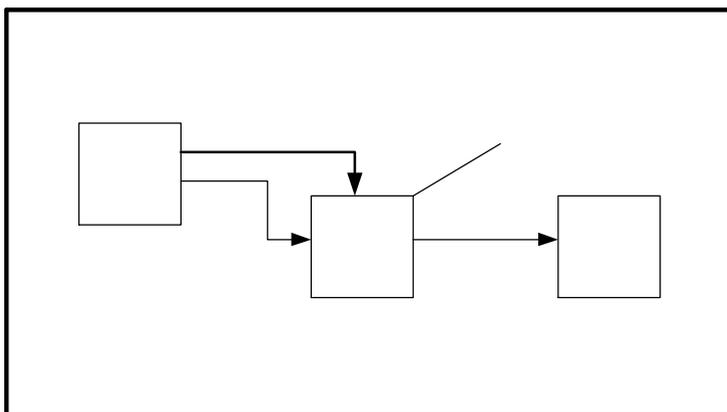
Рис. 3.10 - Структура SADТ-модели. Декомпозиция диаграмм

### *Иерархия диаграмм*

Построение SADT-модели начинается с представления всей системы в виде простейшей компоненты - одного блока и дуг, изображающих интерфейсы с функциями вне системы. Поскольку единственный блок представляет всю систему как единое целое, имя, указанное в блоке, является общим. Это верно и для интерфейсных дуг - они также представляют полный набор внешних интерфейсов системы в целом.

Затем блок, который представляет систему в качестве единого модуля, детализируется на другой диаграмме с помощью нескольких блоков, соединенных интерфейсными дугами. Эти блоки представляют основные подфункции исходной функции. Данная декомпозиция выявляет полный набор подфункций, каждая из которых представлена как блок, границы которого определены интерфейсными дугами. Каждая из этих подфункций может быть декомпозирована подобным образом для более детального представления.

Во всех случаях каждая подфункция может содержать только те элементы, которые входят в исходную функцию. Кроме того, модель не может опустить какие-либо элементы, т.е., как уже отмечалось, родительский блок и его интерфейсы обеспечивают контекст. К нему нельзя ничего добавить, и из него не может быть ничего удалено (Рис. 3.11).



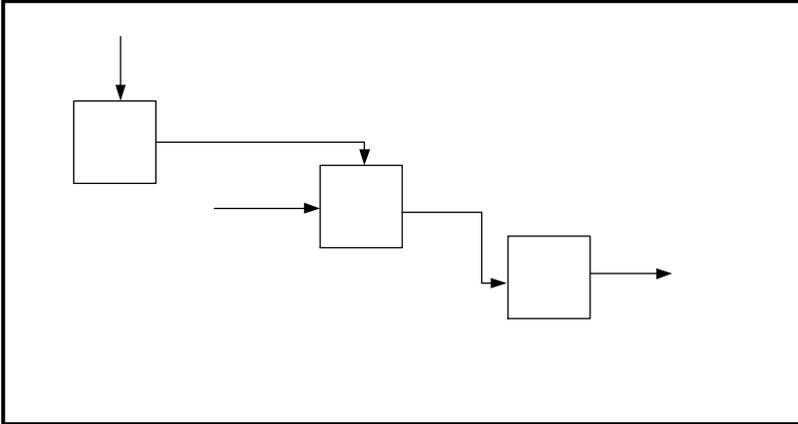


Рисунок 3.11 - Соответствие между родительским блоком и блоком - потомком

Некоторые дуги присоединены к блокам диаграммы обоими концами, у других же один конец остается неприсоединенным.

Неприсоединенные дуги соответствуют входам, управлениям и выходам родительского блока. Источник или получатель этих пограничных дуг может быть обнаружен только на родительской диаграмме. Неприсоединенные концы должны соответствовать дугам на исходной диаграмме. Все граничные дуги должны продолжаться на родительской диаграмме, чтобы она была полной и непротиворечивой.

Модель SADT представляет собой серию диаграмм с сопроводительной документацией, разбивающих сложный объект на составные части, которые представлены в виде блоков. Детали каждого из основных блоков показаны в виде блоков на других диаграммах. Каждая детальная диаграмма является декомпозицией блока из более общей диаграммы. На каждом шаге декомпозиции более общая диаграмма называется родительской для более детальной диаграммы.

Дуги, входящие в блок и выходящие из него на диаграмме верхнего уровня, являются точно теми же самыми, что и дуги, входящие в диаграмму нижнего уровня и выходящие из нее, по-

тому что блок и диаграмма представляют одну и ту же часть системы.

На рисунках 3.12 - 3.13 дополнительно схематично представлены различные варианты выполнения функций и соединения дуг с блоками.

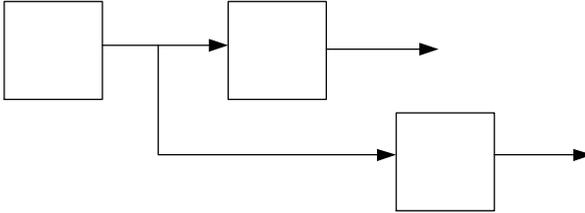


Рисунок 3.12 - Одновременное выполнение

На SADT-диаграммах не указаны явно ни последовательность, ни время. Обратные связи, итерации, продолжающиеся процессы и перекрывающиеся (по времени) функции могут быть изображены с помощью дуг. Обратные связи могут выступать в виде комментариев, замечаний, исправлений и т.д. (рисунок 3.13).

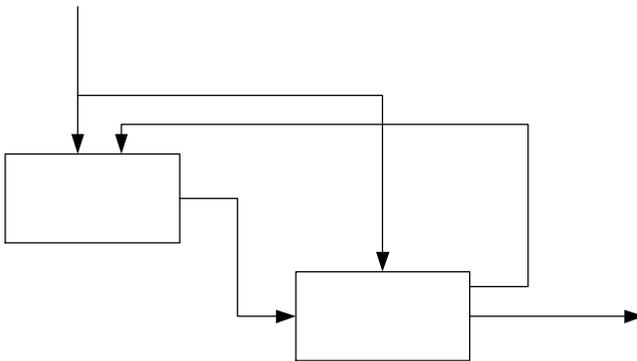


Рисунок 3.13 - Пример обратной связи

Как было отмечено, механизмы (дуги с нижней стороны) показывают средства, с помощью которых осуществляется выполнение функций. Механизм может быть человеком, компьютером или любым другим устройством, которое помогает выполнять данную функцию (рисунок 3.14).

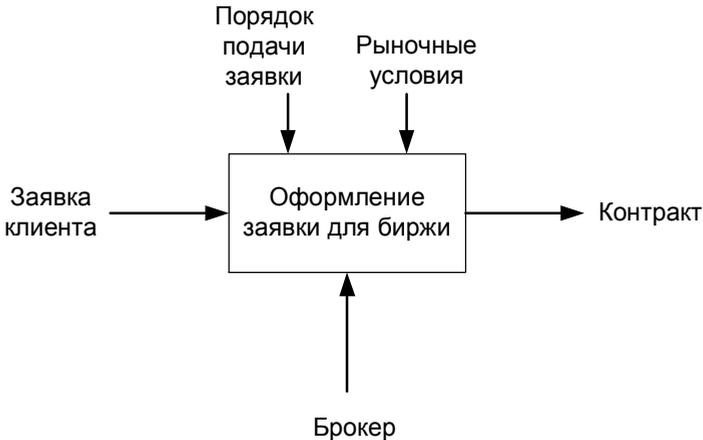


Рисунок 3.14 - Пример исполнителя (механизма)

Как уже было сказано ранее, каждый блок на диаграмме имеет свой номер. Блок любой диаграммы может быть далее описан диаграммой нижнего уровня, которая, в свою очередь, может быть далее детализирована с помощью необходимого числа диаграмм. Таким образом, формируется иерархия диаграмм.

Для того, чтобы указать положение любой диаграммы или блока в иерархии, используются номера диаграмм. Например, A21 является диаграммой, которая детализирует блок 1 на диаграмме A2. Аналогично, A2 детализирует блок 2 на диаграмме A0, которая является самой верхней диаграммой модели. На рисунке 3.15 показано типичное дерево диаграмм.

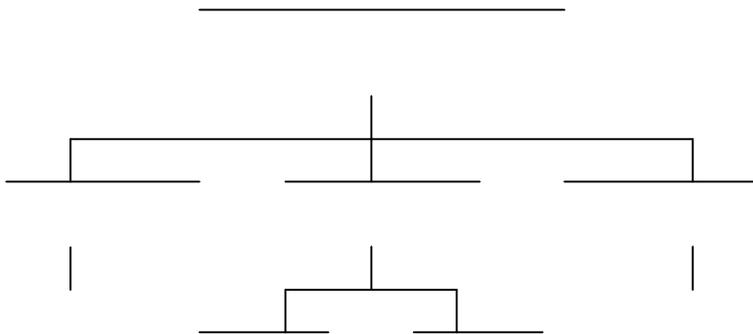


Рисунок 3.15 - Иерархия диаграмм

При создании модели одна и та же диаграмма чертится несколько раз, что создает различные ее варианты. Чтобы различать различные версии одной и той же диаграммы, в SADT используется схема контроля конфигурации диаграмм, основанная на их номерах. Если диаграмма замещает более старый вариант, то предыдущий номер помещается в скобках для указания связи с предыдущей работой.

Пример SADT-диаграммы, моделирующей деятельность компании, занимающейся распределением товаров по заказам, приведен на рис. 3.16.

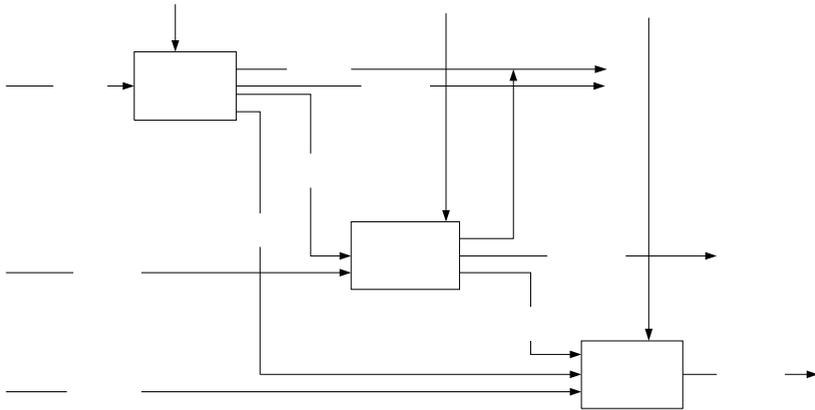


Рисунок 3.16 - Пример SADT-диаграммы, моделирующей деятельность компании, занимающейся распределением товаров по заказам

SADT, как и другие методологии проектирования, целесообразно использовать на ранних этапах ЖЦ: для понимания системы до ее воплощения. SADT позволяет сократить дорогостоящие ошибки на ранних этапах создания системы, улучшить контакт между пользователями и разработчиками, сгладить переход от анализа к проектированию. Несомненное достоинство SADT заключается в том, что она легко отражает такие характеристики как

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные принципы и правила SADT.
2. Приведите и опишите элементы диаграммы SADT (блок и интерфейсная дуга).
3. Опишите характер взаимосвязи между блоками типа «Вход» и приведите пример элемента диаграммы.
4. Опишите характер взаимосвязи между блоками типа «Управление» и приведите пример элемента диаграммы.
5. Опишите характер взаимосвязи между блоками типа

- «Управленческая Обратная Связь» и приведите пример элемента диаграммы.
6. Опишите характер взаимосвязи между блоками типа «Входная Обратная Связь» и приведите пример элемента диаграммы.
  7. Опишите характер взаимосвязи между блоками типа «Выход-Исполнитель» и приведите пример элемента диаграммы.
  8. Опишите правила разветвления и слияния потоков данных и приведите примеры элементов диаграмм.
  9. Опишите соотношения между родительской и дочерними диаграммами в модели SADT.
  10. Приведите пример декомпозиции диаграмм.
  11. Перечислите особенности построения иерархии диаграмм в модели SADT.

#### **4. Модель DFD.**

##### **4.1. Построение диаграмм потоков данных.**

###### *Моделирование потоков данных (процессов)*

В основе методики лежит построение модели анализируемого объекта и, соответственно, разрабатываемой системы с позиций движения, распределения, обработки и представления данных. Модель системы определяется как иерархия диаграмм потоков данных (DFD), описывающих процесс преобразования информации от ее ввода в систему до выдачи ~~Модель состоит~~ *Модель состоит* ~~из~~ *из* ~~двух~~ *двух* ~~уровней~~ *уровней* ~~представления:~~

1. *Первый* уровень представления составляют диаграммы верхних уровней иерархии (контекстные диаграммы), которые определяют основные процессы или подсистемы ИС с внешними входами и выходами.
2. *Второй* уровень представления составляют собственно диаграммы потоков данных и процессов их обработки. Они детализируют контекстные диаграммы. Такая декомпозиция продолжается, создавая многоуровневую иерархию диаграмм, до тех пор, пока не будет достигнут такой уровень декомпозиции, на котором процесс становится элементарными и детализировать их далее невозможно. На этом уров-

не декомпозиции выполняются мини спецификации.

Основными компонентами диаграмм потоков данных являются:

- внешние сущности;
- системы/подсистемы;
- процессы;
- накопители данных;
- потоки данных.

Внешние сущности, характеризующие источники информации, порождают потоки данных, которые переносят информацию к подсистемам или процессам. Те в свою очередь преобразуют информацию и порождают новые потоки данных, которые переносят информацию к другим процессам или подсистемам, накопителям данных или потребителям информации - внешним сущностям.

#### *Внешняя сущность*

Внешняя сущность представляет собой материальный предмет или физическое лицо, представляющее собой источник или приемник информации, например, оператор, внешняя система и др. Определение некоторого объекта или системы в качестве внешней сущности указывает на то, что она находится за пределами границ анализируемой ИС. В процессе анализа некоторые внешние сущности могут быть перенесены внутрь диаграммы анализируемой ИС, если это необходимо, или, наоборот, часть процессов ИС может быть вынесена за пределы диаграммы и представлена как внешняя сущность.

Внешняя сущность обозначается квадратом (рисунок 4.1).

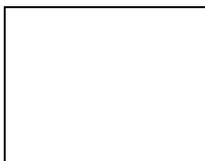


Рис. 4.1 - Внешняя сущность

### Системы и подсистемы

При формировании контекстных диаграмм для сложной ИС на первом уровне представления часто используют такие элементы, как система и подсистема.

Система или подсистема на контекстной диаграмме изображается следующим образом (рисунок 4.2).

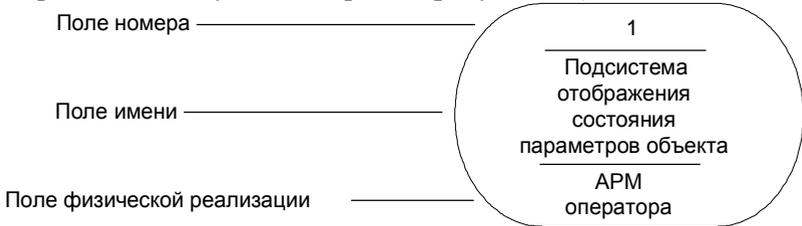


Рисунок 4.2 - Подсистема

Номер подсистемы служит для ее идентификации. В поле имени вводится наименование подсистемы в виде предложения с подлежащим и соответствующими определениями и дополнениями.

### Процессы

*Процесс* характеризует конкретное преобразование входных потоков данных в выходные в соответствии с определенным алгоритмом. Например, преобразование входного потока данных о значениях сигналов с датчиков в выходной поток вычисленных физических величин (давление, температура) *изображение процесса* на диаграмме потоков данных показано на рисунке 4.3.

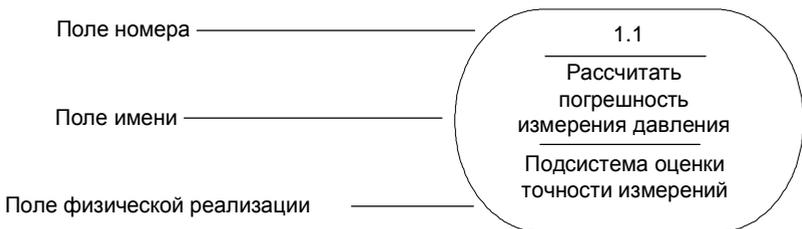


Рисунок 4.3 - Процесс

Номер *процесса* служит для его идентификации. В поле имени вводится наименование *процесса* в виде предложения с активным глаголом в неопределенной форме (вычислить, рассчитать, проверить, определить, создать, получить), за которым следуют существительные в винительном падеже, например "Рассчитать давление на объекте";

- "Вычислить среднее значение температуры".

Фраза, характеризующая процесс, должна недвусмысленным образом определять конкретную операцию или совокупность операций, которым подвергается входящий поток данных.

Информация в поле физической реализации показывает, какое подразделение организации, программа или аппаратное устройство выполняет данный процесс.

#### *Накопители данных*

Накопитель данных представляет собой абстрактное устройство для хранения информации, которую можно в любой момент поместить в накопитель и через некоторое время извлечь, причем способы помещения и извлечения могут быть любыми.

Накопитель данных может быть реализован физически в виде базы данных, файла на магнитном носителе, таблицы в оперативной памяти и т.д. На диаграмме потоков данных накопитель данных изображается, как показано на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 - Накопитель данных

Накопитель данных идентифицируется буквой "D" и произвольным числом. Имя накопителя выбирается из соображения наибольшей информативности для проекта. ~~Проектирование~~ *Проектирование* данных в общем случае является прообразом будущей базы данных и описание хранящихся в нем данных должно быть увязано с информационной моделью.

#### *Поток данных*

Поток данных определяет информацию, передаваемую через некоторое соединение от источника к приемнику. Реаль-

ный поток данных может быть информацией, передаваемой по линии связи между датчиком и микроконтроллером, по кабелю между двумя вычислительными устройствами и т.д.

На диаграмме поток данных изображается в виде линии со стрелкой, которая показывает направление потока (рисунок 4.5). Каждый поток данных должен иметь имя, отражающее его содержание.

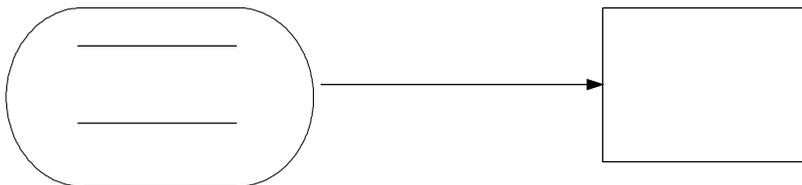


Рисунок 4.5 - Поток данных

Как уже было сказано ранее, анализ объекта и описание ИС, его автоматизирующей, с помощью модели DFD осуществляется в виде иерархии диаграмм потоков данных.

#### **4.2. Построение иерархии диаграмм потоков данных**

*Первый уровень* представления модели - уровень контекстных диаграмм.

Первым шагом при построении иерархии ДПД является построение контекстных диаграмм. Модель простой ИС может быть представлена контекстной диаграммой в виде одной системы как единого целого. Модель в этом случае выглядит как контекстная диаграмма со звездообразной топологией, в центре которой находится так называемый главный процесс, соединенный с приемниками и источниками информации, посредством которых с системой взаимодействуют пользователи и другие внешние системы (рис. 4.6).



Рисунок 4.6 - Поток данных

Если же для сложной системы ограничиться единственной контекстной диаграммой, то она будет содержать слишком большое количество источников и приемников информации, которые трудно расположить на листе бумаги нормального формата, и кроме того, единственный главный процесс не раскрывает структуры распределенной системы.

Признаками сложности ИС могут быть:

- наличие большого количества внешних сущностей (десять и более);
- распределенная природа системы;
- многофункциональность системы с уже сложившейся или выявленной группировкой функций в отдельные подсистемы.

Для сложных ИС строится иерархия контекстных диаграмм. Для модели сложной ИС контекстная диаграмма верхнего уровня содержит не единственный главный процесс, а набор подсистем, соединенных потоками данных. Далее эта диаграмма последовательно декомпозируется на ряд подсистем нижнего уровня и в итоге может быть представлена в виде иерархии контекстных диаграмм. При этом контекстные диаграммы следующего уровня детализируют контекст и структуру подсистем. Иерархия контекстных диаграмм определяет взаимодействие основных функциональных подсистем проектируемой ИС как между собой, так и с внешними входными и выходными потоками данных и внешними объектами (источниками и прием-

никами информации), с которыми взаимодействует ИС.

Разработка контекстных диаграмм решает проблему строгого определения функциональной структуры ИС на самой ранней стадии ее проектирования, что особенно важно для сложных многофункциональных систем, в разработке которых участвуют разные организации и коллективы разработчиков.

В заключении полученную иерархию контекстных диаграмм проверяют на полноту исходных данных об объектах системы и изолированность объектов (отсутствие информационных связей с другими объектами).

*Второй уровень* представления модели – уровень диаграмм потоков данных и процессов их обработки.

Каждая подсистема, которая присутствует на контекстных диаграммах, детализируется при помощи DFD – диаграмм и, как правило, представляется в виде процессов, связанных между собой потоками данных.

Каждый процесс на диаграмме, в свою очередь, может быть детализирован при помощи DFD – диаграмм или, если дальнейшая детализация на подпроцессы невозможна или нецелесообразна, представлен в виде спецификации.

При детализации должны выполняться следующие правила [2]:

- *правило балансировки* - означает, что при детализации подсистемы или процесса детализирующая диаграмма в качестве внешних источников/приемников данных может иметь только те компоненты (подсистемы, процессы, внешние сущности, накопители данных), с которыми имеет информационную связь детализируемая подсистема или процесс на родительской диаграмме;
- *правило нумерации* - означает, что при детализации процессов должна поддерживаться их иерархическая нумерация. Например, процессы, детализирующие процесс с номером 12, получают номера 12.1, 12.2, 12.3

Спецификация является конечной вершиной иерархии ДПД. Решение о завершении детализации процесса и использовании спецификации принимается исходя из следующих критериев:

- наличия у процесса относительно небольшого количества входных и выходных потоков данных (2-3 потока);
- возможности описания преобразования данных процессом в виде последовательного алгоритма;
- выполнения процессом единственной логической функции преобразования входной информации в выходную;
- возможности описания логики процесса при помощи спецификации небольшого объема (не более 20-30 строк).

Спецификация (описание логики процесса) должна формулировать его основные функции таким образом, чтобы в дальнейшем специалист, выполняющий реализацию проекта, смог выполнить их или разработать соответствующую программу.

Важно отметить, что до построения иерархии DFD-диаграмм для детализации процессов необходимо определить содержание всех потоков и накопителей данных, которое описывается при помощи структур данных.

Структуры данных конструируются из элементов данных и могут содержать альтернативы, условные вхождения и итерации.

Условное вхождение означает, что данный компонент может отсутствовать в структуре.

Альтернатива означает, что в структуру может входить один из перечисленных элементов.

Итерация означает вхождение любого числа элементов в указанном диапазоне.

Для каждого элемента данных может указываться его тип (непрерывные или дискретные данные). Для непрерывных данных может указываться единица измерения, диапазон значений, точность представления и форма физического кодирования. Для дискретных данных может указываться таблица допустимых значений.

После построения законченной модели системы ее необходимо верифицировать, то есть проверить на полноту и согласованность. В полной модели все ее объекты (подсистемы, процессы, потоки данных) должны быть подробно описаны и детализированы. Выявленные недетализированные объекты следует

детализировать, вернувшись на предыдущие шаги разработки. В согласованной модели для всех потоков данных и накопителей данных должно выполняться правило сохранения информации: все поступающие куда-либо данные должны быть считаны, а все считываемые данные должны быть записаны.

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте уровни представления модели диаграмм потоков данных (DFD).
2. Перечислите основные элементы DFD.
3. Опишите и приведите пример элемента DFD *внешняя сущность*.
4. Опишите и приведите пример элемента DFD *система/подсистема*.
5. Опишите и приведите пример элемента DFD *процесс*.
6. Опишите и приведите пример элемента DFD *накопитель данных*.
7. Опишите и приведите пример элемента DFD *поток данных*.
8. Приведите основные правила построения иерархии контекстных диаграмм.
9. Приведите основные правила и особенности построения иерархии диаграмм потоков данных.
10. Приведите пример контекстной диаграммы.
11. Приведите пример иерархии диаграмм потоков данных.

### **5. Методика "сущность-связь" построения структур баз данных**

Одними из важнейших элементов информационной системы являются базы данных. Самый ответственный момент в создании базы данных — это построение ее структуры. Если структура базы данных построена стратегически правильно, то это незамедлительно положительно отразится на характеристике всей БД, особенно на надежности и скорости выборки данных. Поэтому в данном разделе ставится цель рассказать о методике создания самого структурного каркаса базы данных как ключевого звена в проектировании информационных систем.

Для начала вспомним термины, которые приняты при проектировании БД.

**База данных** — некоторый упорядоченный банк информации, предназначенный для хранения необходимых

**Система управления базой данных (СУБД)** — программный комплекс, отвечающий за работу с базой данных, как-то: ее сортировка, извлечение информации по запросу пользователя и некоторые другие действия.

**Поле** — самая маленькая единица хранения информации, из которой строятся другие более крупные единицы данных — **записи**. В поле обычно хранится один атрибут для описания некоего объекта, информация о котором хранится в базе данных.

**Запись** — набор полей, объединенных в единую структуру, на значение которой — хранить информацию об экземпляре интересующего нас объекта. Иногда в литературе запись называют кортежем.

**Таблица** — набор записей, в который входит информация обо всех экземплярах объекта. Обычно каждая таблица сохраняется в виде отдельного файла. На рис. 5.1 представлена таблица БД.

	<b>Один столбец соответствует одному полю</b>	<i>Поле записи</i>		
	<b>Имя 1</b>	<b>Имя 2</b>	<b>Имя 3</b>	<b>Имя 4</b>
<b>Одна строка соответствует одной записи</b>	<i>ФИО</i>	<i>Начислено</i>	<i>Удержано</i>	<i>Сумма</i>
<i>Запись БД</i>	Иванов В.А.	8900	1200	7700
	Дроздов И.И.	12300	2000	10300
	Жариков А.А.	10870	1340	9530
	...	...	...	...

Рисунок 5.1 – Таблица базы данных

В качестве хорошего примера таблицы в базе данных

можно привести ведомость выдачи зарплаты, на которой удобно демонстрировать принцип работы СУБД. За сквозной пример можно принять систему подсчета зарплаты.

Для начала примем следующее *техническое задание*:  
**создать систему хранения и вычисления заработной платы с учетом различных премий, надбавок и налогов.**

В простейшем случае мы можем создать таблицу, состоящую из четырех полей:

"Фамилия",  
"Начислено",  
"Удержано",  
"Сумма",

и такой "плоской" базы данных нам бы вполне могло хватить.

Но на нашем гипотетическом предприятии несколько тысяч работников, и если теперь спроецировать полученную таблицу на реальный мир, то становится ясно, что она не свободна от недостатков.

Так, например, у каждого работника может быть много различных начислений, равно как и налогов. Исходя из этого, мы вынуждены делать новую запись на каждое начисление и удержание. Результат не замедлит сказаться: файл, в котором хранится наша таблица, настолько увеличился, что найти в нем теперь нужную запись становится весьма не просто. А постоянное дублирование информации в поле "Фамилия" просто выводит из себя. А поле "Сумма"? Из какой записи его считать? Из первой, второй или может последней?

Придется применить другой подход для решения нашей задачи. Первое, что приходит на ум, это преобразование нашей плоской базы данных в реляционную.

Реляционная база данных представляет собой набор таблиц, которые содержат всю необходимую информацию. Чтобы преобразовать старую базу данных в реляционную БД, мы должны произвести нормализацию, то есть разбиение универсальной таблицы на несколько простых. Для правильной нормализации мы воспользуемся методикой "сущность-связь".

**Сущности** — это объекты, которыми мы оперируем при помощи СУБД и которые нас интересуют.

**Связи** - показывают, как эти сущности взаимодействуют меж-

ду собой.

Например, для нашей БД одна из связей сущности звучит примерно так: "**Работник** *получает* **Деньги**".

Здесь "**Работник**" и "**Деньги**" — сущности, а "*получает*" — связь, описывающая их взаимодействие.

Связи зачастую выглядят как глаголы с предлогами, если предлог есть.

Определяя сущности, необходимо также выделить те их атрибуты, которые будут использованы в базе данных.

**Атрибуты** — это свойства, которыми сущности обладают.

Так, для сущности "Работник" нас будут интересовать такие атрибуты, как "Фамилия Имя Отчество" ("ФИО"), "Табельный номер" и "Должность".

Правильность структуры базы данных будет во многом зависеть от того, как подробно и корректно вы опишете сущности, связи между ними и атрибуты сущностей.

Следующее, что мы должны определить — каковы степени связей, которые мы выделили.

**Степень связи** — абстрактная характеристика, показывающая, сколько элементов одной сущности связано со сколькими элементами другой сущности в рамках решения конкретной задачи.

Степень связи может принимать значения:

- **Один к одному – 1 : 1** – один элемент одной сущности связан только с одним элементом другой сущности;
- **Один к многим – 1 : М** – один элемент одной сущности связан со многими элементами другой
- **Многие к одному – М : 1** – многие элементы одной сущности связаны с одним элементом другой сущности;
- **Многие ко многим – М : М** – многие элементы одной сущности связаны с многими элементами другой сущности.

Для выделенного звена степень связи будет 1:1, то есть один работник может получить лишь одну сумму денег, и наобо-

рот, запланированная для этого человека сумма денег может быть получена только им одним.

Кроме степени связи в проектировании БД есть, еще одна важная характеристика, называемая классом принадлежности.

**Класс принадлежности** – характеристика, определяющая, обязательно или нет все элементы сущности должны быть связаны с элементами другой сущности.

Классы принадлежностей:

- Обязательный – (O);
- Необязательный – (N)

Для нашего случая мы должны рассуждать следующим образом:

поскольку человек делает работу, он должен получить зарплату, значит, все элементы сущности «Работник» связаны с сущностью "Деньги". Из этого следует, что класс принадлежности сущности «Работник» обязательный - O.

Для сущности "Деньги" класс принадлежности также будет обязательный - O, поскольку каждая сумма, планируемая к выдаче, принадлежит какому-то работнику.

Можно представить все вышесказанное в виде диаграммы (см. рис. 5.2).

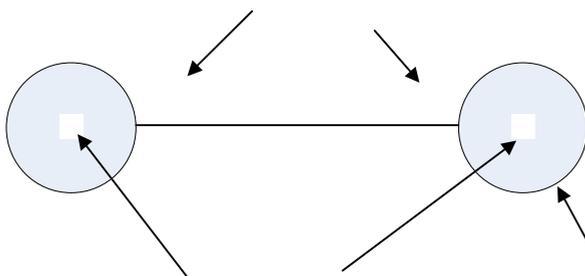


Рисунок 5.2 – Диаграмма для конструкции "**Работник получает Деньги**"

Прежде чем построить полную диаграмму базы данных,

давайте зададимся вопросом: а что будет, если несколько работников носят одну и ту же фамилию? Очевидно, что ИС может ошибиться и предоставить нам данные о другом работнике.

Для того, чтобы различать такие записи, используют понятие *ключа*.

*Ключ*, или *первичный ключ*, как его часто называют, помогает однозначно выделить именно ту запись в БД, которая нам нужна. Для этого в таблице выбирается одно или несколько полей, по содержимому которого (которых) можно с полной уверенностью установить, ту ли запись мы нашли.

*Ключ* из нескольких полей называют *композиционным*, то есть составным. Нахождение *ключа* для таблицы — дело довольно трудное.

Поле "ФИО" может содержать одну и ту же фамилию в разных записях, если есть однофамильцы, следовательно, оно *не может* служить *ключом*. А вот поле "Табельный номер", без сомнения, подходит на эту роль.

В самом деле: на каком предприятии разные работники могут иметь одинаковые табельные номера?

Теперь ИС будет сортировать записи этой таблицы по степени возрастания этих номеров.

Если вам неудобен такой порядок и вы предпочитаете сортировку по фамилиям, то можете задать альтернативный ключ сортировки, называемый *вторичным индексом*. Таким ключом может служить поле "ФИО".

Используя вторичный индекс, ИС может извлекать данные в алфавитном порядке, не меняя физического расположения записей в таблице.

Вернемся к диаграмме. Усложним задачу. Пусть сумма выплаты работнику будет вычисляться из нескольких сумм, каждая из которых считается за каждую выполненную работу отдельно. Видов работ также может быть несколько.

Таким образом, мы имеем четыре сущности:

**"Работник"** - информация о сотруднике,

**"Виды работ"** - типовые работы, выполняемые на предприятии, и расценки,

**"Выполненные работы"** - список закрытых нарядов,

**"Баланс"** - заработанная сумма, налоги и итоговая сум-

ма для получения.

Атрибуты сущностей:

**"Работник"**: Фамилия, Имя, Отчество, Табельный номер, Должность.

**"Виды работ"** : Наименование, Стоимость.

**"Выполненные работы"**: Наименование вида, номер закрытого наряда, объект.

**"Баланс"**: Сумма выплат.

Детализируя связи для диаграммы, получаем следующие возможные конструкции:

1. **Работник** *выполняет* разные **Виды работ**.
2. **Выполненные работы** *состоят из* разных **Видов работ**.
3. **Работник** *участвовал в* **Выполнении работ (Выполненные работы)**.
4. **Работник** *имеет* **Баланс** **выплаты**.
5. **Выполненные работы** *составляют* **Баланс**.

Проанализируем эти конструкции на предмет избыточности.

Выражения 4 и 5 мы отбрасываем, поскольку все суммы денег мы можем легко вычислить из расценок на работы и закрытых нарядов:

- каждая отдельная сумма равна расценке на работу, умноженной на количество единиц выполненной работы;
- общая сумма складывается из полученных отдельных сумм;
- налог начисляется с общей суммы; сумма к выдаче получается из общей заработной суммы за вычетом налогов.

В таком случае от сущности **"Баланс"** мы также можем отказаться, тем более что итоговые суммы для ведомости выдачи зарплаты мы считаем один раз и не имеет смысла хранить конечный результат, если в базе есть все компоненты для его

Тогда структура диаграммы будет выглядеть следующим образом (см. рис. 5.3)

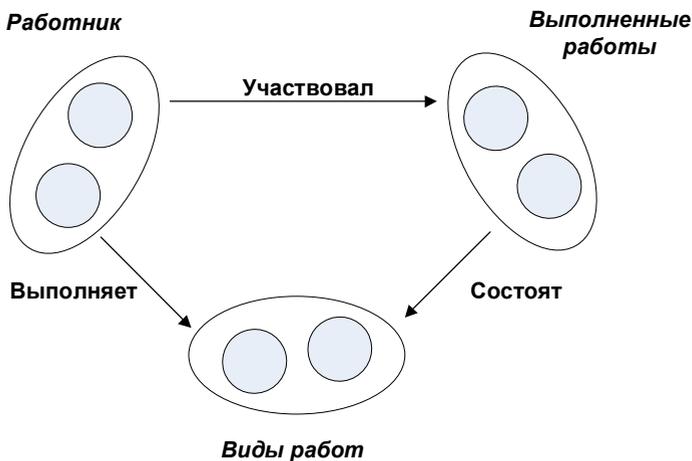


Рисунок 5.3 – Структура диаграммы

Определим степень связи и класс принадлежности каждой конструкции на диаграмме.

Анализ конструкции **Работник выполняет разные Виды работ**.

1. Определение класса принадлежности:

- каждый работник должен выполнять какой-то вид работы, следовательно, здесь сущность "**Работник**" имеет обязательный класс принадлежности - **О**.
- работники предприятия должны выполнять весь спектр видов работ (имеется в виду нормальное предприятие). Следовательно, сущность «**Виды работ**» имеет также обязательный класс принадлежности - **О**.

2. Определение степени связи:

- каждый работник может выполнять несколько видов работ;
- каждый вид работы может быть выполнен несколькими работниками

Следовательно, конструкция имеет степень связи "**многие**"

ко многим" (М:М).

Анализ конструкции **Выполненные работы** *состоят из* разных **Видов работ**.

1. Определение класса принадлежности:

- каждая выполненная работа должна быть определенного вида, следовательно, здесь сущность **Выполненные работы** имеет обязательный класс принадлежности - **О**.
- некоторые виды работ могут в текущем месяце не выполняться совсем, что дает сущности "**Вид работ**" в данной конструкции имеет необязательный класс принадлежности - **Н**.

2. Определение степени связи:

- многие выполненные работы могут быть одного вида;
- каждая выполненная работа может быть только одного вида. Следовательно, конструкция имеет степень связи "**многие к одному**" (М:1).

Анализ конструкции **Работник участвовал в** **Выполнении работ** (**Выполненные работы**).

1. Определение класса принадлежности:

- каждый работник должен участвовать в выполнении работ, следовательно, здесь сущность **Работник** имеет обязательный класс принадлежности - **О**.
- каждая выполненная работа имеет своего исполнителя, то есть сущность **Выполненные работы** в данной конструкции имеет обязательный класс принадлежности - **О**.

2. Определение степени связи:

- один работник может участвовать в выполнении множества работ;
- одна выполненная работа выполняется одним работником. Следовательно, конструкция имеет степень связи "**один ко многим**" (1:М).

Итоговая диаграмма будет выглядеть следующим образом (см. рис. 5.4)

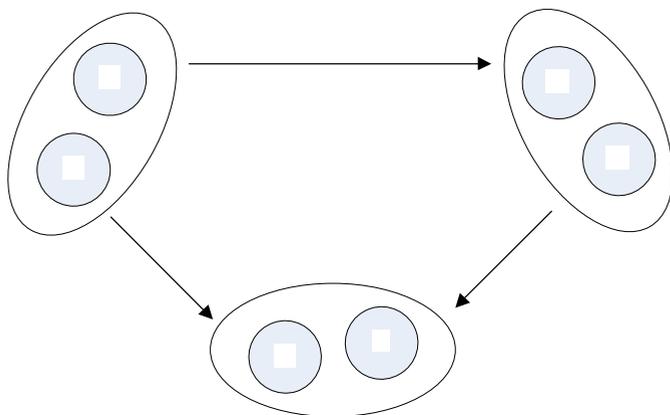


Рисунок 5.4 – Итоговая диаграмма

Зафиксируем атрибуты каждой сущности (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Атрибуты сущностей диаграммы

<b>Сущность</b>	<b>Атрибуты</b>
Работник	Табельный номер, ФИО, Отдел
Виды работ	Название работы, Расценка
Выполненные работы	Номер наряда, Количество выполненных единиц работы, Сумма за работу

Для построения таблиц БД на основе диаграмм «сущность - связь» имеются правила:

### **Правило №1**

Если имеется связь степени 1:1 и класс принадлежности обеих сущностей обязательный, то требуется всего одна таблица. Первичным ключом этой таблицы может быть любой из ключей сущностей.

### **Правило №2**

Если имеется связь степени 1:1 и класс принадлежности одной сущности является обязательным, а другой — необязательным, то требуются две таблицы. Для каждой сущности необходимо создать свою таблицу, первичным ключом которой будет ключ этой сущности. Кроме того, первичный ключ сущности с необязательным классом принадлежности должен быть добавлен в качестве атрибута в таблицу, созданную для сущности с обязательным классом принадлежности.

### **Правило №3**

Если имеется связь степени 1:1 и класс принадлежности обеих сущностей является необязательным, то требуются три таблицы. Для каждой сущности необходимо создать свою таблицу, первичным ключом которой будет ключ этой сущности. Кроме того, связующая таблица должна содержать в себе ключи других таблиц в качестве атрибутов.

### **Правило №4**

Если имеется связь степени 1 :М и класс принадлежности М-связанной сущности является обязательным, то требуются две таблицы. Для каждой сущности необходимо создать свою таблицу, первичным ключом которой будет ключ этой сущности. Кроме того, первичный ключ 1-связанной сущности должен быть добавлен в качестве атрибута М-связанной таблицы.

### **Правило №5**

Если имеется связь степени 1:М и класс принадлежности М-связанной сущности является необязательным, то требуются три таблицы. Для каждой сущности необходимо создать свою таблицу, первичным ключом которой будет ключ этой сущности. Кроме того, связующая таблица должна содержать в себе ключи других таблиц в качестве ее атрибутов.

### **Правило №6**

Если имеется связь степени М:М, то требуются три таблицы. Для каждой сущности необходимо создать свою таблицу, первичным ключом которой будет ключ этой сущности. Кроме того, связующая таб-

лица должна содержать в себе ключи других таблиц в качестве ее атрибутов.

### **Правило №7**

При наличии многосторонней связи необходимо создать свою таблицу для каждой сущности, первичным ключом которой будет ключ этой сущности. Кроме того, необходимо создать еще одну таблицу связи, которая будет содержать первичные ключи остальных таблиц в качестве своих атрибутов. То есть для  $n$ -сторонней связи необходимо создать  $n+1$  таблиц.

Воспользуемся правилами для построения структуры БД для нашего случая.

Из рис. 5.4 явствует, что мы имеем трехстороннюю связь, которая подпадает под правило 7 преобразования сущностей в таблицы.

В соответствии с этим правилом нужно создать четыре таблицы по одной для каждой сущности и дополнительную таблицу связи.

- 1 таблица: **Работник** ("Табельный номер", "ФИО", "Отдел").
- 2 таблица: **Виды работ** ("Название работы", "Расценка").
- 3 таблица: **Выполненные работы** ("Наряд №", "Количество единиц работы", "Сумма").
- 4 таблица: **Таблица связи** ("Табельный номер", "Название работы", "Наряд №").

Здесь имя перед скобками означает название таблицы.

Названия в скобках соответствуют будущим полям таблиц.

Подчеркиванием показаны поля, которые выбраны в качестве первичного индекса (*ключа*) таблицы.

В заключение несколько советов:

- старайтесь делать ключевым первое поле в таблице, так как некоторые СУБД требуют этого;
- записывайте свои размышления на бумаге, это поможет обнаружить многие дефекты;
- не храните в базе те данные, которые могут быть вычислены из других полей.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение, что такое база данных, СУБД, запись,

поле записи, таблица базы данных?

2. Дайте определение сущности, связи, степени связи, класса принадлежности?

3. Какие значения может принимать степень связи и класс принадлежности?

4. Как строится структура диаграммы «сущность - связь»?

5. Как анализируется конструкция диаграммы «сущность - связь»?

6. Сформулируйте правила для построения таблиц БД на основе диаграмм «сущность - связь».

## **6. Метод описания процессов *WORKFLOW DIAGRAMMING***

Наличие в диаграммах *DFD* элементов для описания источников, приемников и хранилищ данных позволяет более эффективно и наглядно описать процесс обработки информации. Однако для описания логики взаимодействия информационных потоков более подходит *IDEF3*, называемая также *workflow diagramming* - методологией моделирования, использующая графическое описание информационных потоков, взаимоотношений между процессами обработки информации и объектов, являющихся частью этих процессов.

Диаграммы *Workflow* могут быть использованы в моделировании бизнес-процессов для анализа завершенности процедур обработки информации. С их помощью можно описывать сценарии действий сотрудников организации, например последовательность обработки заказа или события, которые необходимо обработать за конечное время. Каждый сценарий сопровождается описанием процесса и может быть использован для документирования каждой функции.

*IDEF3* - это метод, основная цель которого, - дать возможность аналитикам описать ситуацию, когда процессы выполняются в определенной последовательности, а также описать объекты, участвующие совместно в одном процессе.

Техника описания набора данных *IDEF3* является частью структурного анализа. *IDEF3*, в отличие от некоторых методик описаний процессов, не ограничивает разработчика чрезмерно жесткими рамками синтаксиса, что может привести к созданию

неполных или противоречивых моделей.

**IDEF3** также может быть использован в качестве метода создания процессов.

**IDEF3** дополняет **SADT** (то есть **IDEF0**) и содержит все необходимое для построения моделей, которые в дальнейшем могут быть использованы для имитационного анализа.

Каждая работа в **IDEF3** описывает какой-либо сценарий бизнес-процесса и может являться составляющей другой работы. Поскольку сценарий описывает цель и рамки модели, важно, чтобы работы именовались отглагольным существительным, обозначающим процесс действия, или фразой, содержащей такое существительное.

Точка зрения на модель должна быть задокументирована. Обычно это точка зрения человека, ответственного за работу в целом. Также необходимо задокументировать цель модели - те вопросы, на которые призвана ответить модель.

**Диаграммы.** Диаграмма является основной единицей описания в **IDEF3**. Важно правильно построить диаграммы, поскольку они предназначены для чтения другими людьми.

**Единицы работы - Unit of Work (UOW).** **UOW**, также называемые работами (**activity**) и являются центральными компонентами модели.

В **IDEF3** работы изображаются прямоугольниками с прямыми углами и имеют имя, выраженное отглагольным существительным, одиночным или в составе фразы, обозначающим процесс действия и номер (идентификатор) (см.

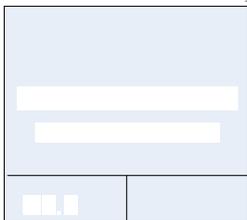


Рисунок 6.1 – Изображение работы на диаграмме **IDEF3**

Другое имя существительное в составе той же фразы обычно отображает основной выход (результат) работы (например, "Изготовление изделия"). Часто имя существительное в

имени работы меняется в процессе моделирования, поскольку модель может уточняться и редактироваться. Идентификатор работы присваивается при создании и *не меняется никогда*. Даже если работа будет удалена, ее идентификатор не будет вновь использоваться для других работ.

Обычно номер работы состоит из номера родительской работы и порядкового номера на текущей диаграмме.

**Связи.** Связи показывают взаимоотношения работ. Все связи в *IDEF3* однонаправлены и могут быть направлены куда угодно, но обычно диаграммы *IDEF3* стараются построить так, чтобы связи были направлены слева направо. В *IDEF3* различают три типа стрелок, изображающих связи:

*Старшая (Precedence)* - сплошная линия, связывающая единицы работ (*UOW*). Рисуеться слева направо или сверху вниз. Показывает, что работа-источник должна закончиться прежде, чем работа-цель начнется (рис. 6.2).



Рисунок 6.2 – Изображение связи *Старшая* на диаграмме *IDEF3*

*Отношения (Relational Link)* - пунктирная линия, используемая для изображения связей между единицами работ (*UOW*) а также между единицами работ и объектами ссылок (рис. 6.3).



Рисунок 6.3 – Изображение связи *Отношения* на диаграмме *IDEF3*

*Потоки объектов (Object Flow)* - стрелка с двумя наконечниками, применяется для описания того факта, что объект используется в двух или более единицах работы, например, когда объект порождается в одной работе и используется в другой (рис 6.4).

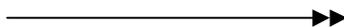


Рисунок 6.4 – Изображение связи *Потоки объектов* на диаграмме *IDEF3*

**Старшая связь и поток объектов.** Старшая связь показы-

вает, что работа-источник заканчивается ранее, чем начинается работа-цель. Часто результатом работы-источника становится объект, необходимый для запуска работы-цели. В этом случае стрелку, обозначающую объект, изображают с двойным накопчиком. Имя стрелки должно ясно идентифицировать отображаемый объект. Поток объектов имеет ту же семантику, что и старшая стрелка.

Отношение показывает, что стрелка является альтернативой старшей стрелке или потоку объектов в смысле задания последовательности выполнения работ - работа-источник не обязательно должна закончиться, прежде чем работа-цель начнется. Более того, работа-цель может закончиться прежде, чем закончится работа-источник.

**Перекрестки (Junction).** Окончание одной работы может служить сигналом к началу нескольких работ, или же одна работа для своего запуска может ожидать окончания нескольких работ. Перекрестки используются для отображения логики взаимодействия стрелок при слиянии и разветвлении или для отображения множества событий, которые могут или должны быть завершены перед началом следующей работы.

Различают перекрестки:

- для слияния (*Fan-in Junction*) стрелок;
- для разветвления (*Fan-out Junction*) стрелок.

Перекресток не может использоваться одновременно для слияния и для разветвления.

Расшифровки каждого типа перекрестков приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Типы перекрестков

Наименование	Смысл в случае слияния стрелок ( <i>Fan-in Junction</i> )	Смысл в случае разветвления ( <i>Fan-out Junction</i> )
Asynchronous AND	Все предшествующие процессы должны быть завершены	Все следующие процессы должны быть запущены
Synchronous AND	Все предшествующие процессы должны быть завершены одновременно	Все следующие процессы должны быть запущены одновременно

Asynchronous OR	Один или несколько предшествующих процессов должны быть завершены	Один или несколько следующих процессов должны быть запущены
Synchronous OR	Один или несколько предшествующих процессов должны быть завершены одновременно	Один или несколько следующих процессов запускаются одновременно
Exclusive OR (XOR)	Только один предшествующий процесс должен быть	Только один следующий процесс запускается

Все перекрестки на диаграмме нумеруются, каждый номер имеет префикс *J*. Свойства перекрестка можно редактировать. В отличие от *IDEF0* и *DFD* в *IDEF3* стрелки могут сливаться и разветвляться только через перекрестки.

**Объект ссылки.** Объект ссылки в *IDEF3* выражает некую идею, концепцию или данные, которые нельзя связать со стрелкой, перекрестком или работой (рис. 6.5).

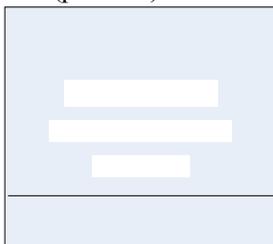


Рисунок 6.5 – Изображение *Объекта ссылки* на диаграмме *IDEF3*

Объект ссылки изображается в виде прямоугольника, похожего на прямоугольник работы.

Объекты ссылки должны быть связаны с единицами работ или перекрестками пунктирными линиями (рис. 6.6).

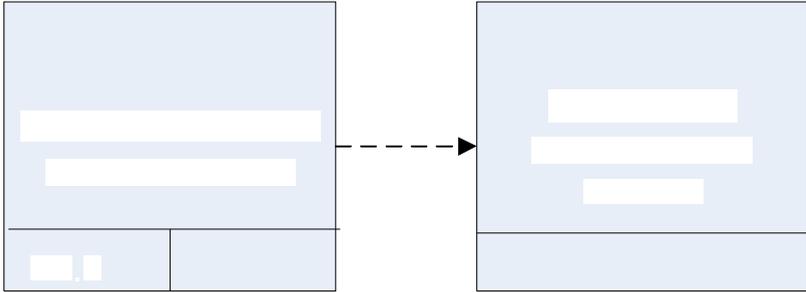


Рисунок 6.6 – Изображение связи между *Работой* и *Объектом ссылки* на диаграмме *IDEF3*

Официальная спецификация *IDEF3* различает три стиля объектов ссылок:

- безусловные (*unconditional*),
- синхронные (*synchronous*),
- асинхронные (*asynchronous*).

При внесении объектов ссылок помимо имени следует указывать тип объекта ссылки. Типы объектов ссылок приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Типы объектов ссылок.

Тип объекта ссылки	Цель описания
<b>OBJECT</b>	Описывает участие важного объекта в работе
<b>GOTO</b>	Инструмент циклического перехода (в повторяющейся последовательности работ), возможно на текущей диаграмме, но не обязательно. Если все работы цикла присутствуют на текущей диаграмме, цикл может также изображаться стрелкой, возвращающейся на стартовую работу. GOTO может ссылаться на перекресток
<b>UOB (Unit of behavior)</b>	Применяется, когда необходимо подчеркнуть множественное использование какой-либо работы, но без цикла. Например, работа "Контроль качества" может быть использована в процессе "Изготовления изделия" несколько раз, после каждой единичной операции. Обычно этот тип ссылки не используется для модели-

	рования автоматически запускающихся работ
<b>NOTE</b>	Используется для документирования важной информации, относящейся к каким-либо графическим объектам на диаграмме. NOTE является альтернативой внесению текстового объекта в диаграмму
<b>ELAB (Elaboration)</b>	Используется для усовершенствования графиков или их более детального описания. Обычно употребляется для детального описания разветвления и слияния стрелок на перекрестках

### Декомпозиция работ.

В *IDEF3* декомпозиция используется для детализации работ. Методология *IDEF3* позволяет декомпонировать работу многократно, т. е. работа может иметь множество дочерних работ. Это позволяет в одной модели описать альтернативные потоки. Возможность множественной декомпозиции предъявляет дополнительные требования к нумерации работ. Так, номер работы состоит из номера родительской работы, версии декомпозиции и собственного номера работы на текущей диаграмме (рис. 6.7).

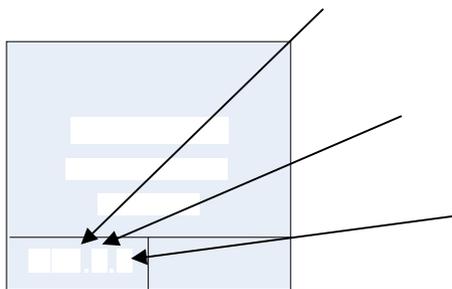


Рисунок 6.7 – Иерархическая структура индекса *Работы* на диаграмме *IDEF3*

Рассмотрим процесс декомпозиции диаграмм *IDEF3*, включающий взаимодействие разработчика и заказчика программного продукта, являющегося экспертом рассматриваемой предметной

области.

На первом этапе формируется описание сценария, области и точки зрения. Перед проведением анализа должен быть подготовлены документированные версии сценариев и границы модели для того, чтобы заказчик мог понять цели декомпозиции. Кроме того, если точка зрения разработчика отличается от точки зрения заказчика, она должна быть особенно тщательно докумен-

Возможно, что заказчик самостоятельно не сможет передать необходимую информацию. В этом случае разработчик должен приготовить список вопросов для проведения опроса заказчика.

Затем определяются работы и объекты.

Обычно заказчик предметной области передает разработчику текстовое описание сценария. В дополнение к этому может существовать документация, описывающая интересующие процессы. Из всей этой информации разработчик должен составить список кандидатов на работы (отглагольные существительные, обозначающие процесс, одиночные или в составе фразы) и кандидатов на объекты (существительные, обозначающие результат выполнения работы), которые необходимы для перечисленных в

В некоторых случаях целесообразно создать графическую модель для представления ее заказчику, который хорошо знает предметную область. Графическая модель может быть также создана после сеанса сбора информации для того, чтобы детали форматирования диаграммы не противоречили мнению

Поскольку разные фрагменты модели *IDEF3* могут быть созданы разными группами разработчиков в разное время, *IDEF3* поддерживает простую схему нумерации работ в рамках всей модели.

Разные разработчики оперируют разными диапазонами номеров, работая при этом независимо.

На следующем этапе проверяется последовательность и согласование диаграмм. Если диаграмма создается после проведения опроса заказчиков, то разработчик должен принять некоторые решения, относящиеся к иерархии диаграмм, например сколько деталей включать в одну диаграмму. Если последовательность и согласование диаграмм неочевидны, может быть проведена еще одна экспертиза предметной области для детализации и уточнения информации. Важно различать подразумевающее согласование (согласование, которое подразумевается в отсутствие связей) и ясное согласование

(согласование, ясно изложенное в мнении заказчика).

**IDEF3** позволяет внести информацию в модель различными способами. Например, логика взаимодействия может быть отображена графически в виде комбинации перекрестков. Та же информация может быть отображена в виде объекта ссылки типа **ELAB (Elaboration)**. Это позволяет разработчику вносить информацию в удобном в данный момент времени виде. Важно учитывать, что модели могут быть реорганизованы, например, для их представления в более презентабельном виде. Выбор формата для презентации часто имеет важное значение для организации модели, поскольку комбинация перекрестков занимает значительное место на диаграмме и использование иерархии перекрестков затрудняет расположение работ на диаграмме.

Для более полного соответствия построенной с помощью **IDEF1**, **IDEF2** и **IDEF3** модели реальной предметной области часто используют имитационное моделирование.

**Имитационное моделирование** - это метод, позволяющий строить модели, учитывающие время выполнения функций.

Полученную модель можно проанализировать во времени и получить статистику происходящих процессов так, как это было бы в реальности. В имитационной модели изменения процессов и данных ассоциируются с событиями. Временной анализ модели заключается в последовательном переходе от одного события к другому.

Обычно имитационные модели строятся для поиска оптимального решения в условиях ограничения по ресурсам, когда другие математические модели оказываются слишком сложными.

Связь между имитационными моделями и моделями процессов заключается в возможности преобразования модели процессов в неполную имитационную модель. Имитационная модель дает больше информации для анализа системы, в свою очередь результаты такого анализа могут стать причиной модификации

Имитационная модель включает следующие основные элементы:

1. Источники и цели (**Sources** и **Destinations**). Источники - это элементы, от которых в модель поступает информация или объекты. По смыслу они близки к понятиям "внешняя ссылка" на **DFD**-диаграммах или "объект ссылки" на диаграммах **IDEF3**. Скорость

поступления данных или объектов от источника обычно задается статистической функцией. Цель - это устройство для приема информации или объектов.

2. Очереди (*Queues*). Понятие очереди близко к понятию хранилища данных на *DFD*-диаграммах - это место, где объекты ожидают обработки. Времена обработки объектов (производительность) в разных работах могут быть разными. В результате перед некоторыми работами могут накапливаться объекты, ожидающие своей очереди. Часто целью имитационного моделирования является минимизация количества объектов в очередях. Тип очереди в имитационной модели может быть конкретизирован. Очередь может быть похожа на стек - пришедшие последними в очередь объекты первыми отправляются на дальнейшую обработку. Альтернативой стеку может быть последовательная обработка, когда первыми на дальнейшую обработку отправляются объекты, пришедшие первыми. Могут быть заданы и более сложные алгоритмы обработки очереди.

3. Оборудование (*Facilities*). Оборудование - это аналог работ в модели процессов. В имитационной модели может быть задана производительность оборудования.

## **7. Анализ требований к информационной системе**

### **7.1. Требования к программному обеспечению информационной системы**

#### **7.1.1. Общие требования к информационной системе**

Исторически сложился ряд требований к информационным системам.

Требования эти таковы:

- Системность;
- Комплексность;
- Модульность;
- Открытость;
- Адаптивность;
- Надежность;
- Безопасность;
- Мобильность;
- Простота в изучении;

➤ Поддержка внедрения и сопровождения со стороны разработчика.

Рассмотрим эти требования подробнее.

ИС, прежде всего, должна отвечать требованиям *комплексности* и *системности*. Она должна охватывать все уровни управления техническим объектом. Контролируемый процесс с точки зрения информатики представляет собой непрерывный процесс порождения, обработки, изменения, хранения и распространения информации. Каждое рабочее место ИС - это узел, потребляющий и порождающий определенную информацию. Все такие узлы связаны между собой потоками информации. Таким образом, функционирующий объект можно представить в виде информационно-логической модели, состоящей из узлов и связей между ними. Такая модель должна охватывать все аспекты функционирования объекта, должна быть логически обоснована и направлена на выявление механизмов достижения основной цели, что и подразумевает требование системности. Достаточно эффективное решение этой задачи возможно только на базе строгого учета максимально возможного обоснованного множества параметров и возможности многокритериального поливариантного анализа, оптимизации и прогнозирования - то есть комплексности системы. Информация в такой модели носит распределенный характер и может быть достаточно строго структурирована на каждом узле и в каждом потоке. Узлы и потоки могут быть условно сгруппированы в подсистемы, что выдвигает еще одно важное требование к ИС - *модульность* построения. Это требование также очень важно с точки зрения внедрения системы, поскольку позволяет распараллелить, облегчить и, соответственно, ускорить процесс инсталляции, подготовки персонала и запуска системы в промышленную эксплуатацию. Кроме того, если система не создается под конкретный объект, а приобретается на рынке готовых систем, модульность позволяет исключить из поставки компоненты, которые не вписываются в инфологическую модель конкретного объекта или без которых на начальном этапе можно обойтись, что позволяет сэкономить средства. Поскольку ни одна реальная система, даже если она создается по специальному заказу, не может быть исчерпывающе

полной (нельзя объять необъятное) и в процессе эксплуатации может возникнуть необходимость в дополнениях, следующим определяющим требованием является *открытость*.

Любой объект существует не в замкнутом пространстве, а в меняющемся окружении других объектов, систем и факторов.

Это означает, что ИС должна обладать свойством *адаптивности*, то есть гибко настраиваться на взаимодействие с другими системами.

Не обладающая свойством адаптивности система обречена на очень непродолжительное существование, в течение которого вряд ли удастся окупить затраты на ее внедрение. Желательно, чтобы кроме средств настройки система обладала и средствами развития - инструментарием, при помощи которого программисты и наиболее квалифицированные пользователи могли бы самостоятельно создавать необходимые им компоненты, которые органично встраиваются в промышленный режим. Когда ИС эксплуатируется в промышленном режиме, она становится незаменимым компонентом функционирующего объекта, способным в случае аварийной остановки застопорить процесс его функционирования.

Поэтому одним из важнейших требований к такой системе является надежность ее функционирования, подразумевающая непрерывность функционирования системы в целом даже в условиях частичного выхода из строя отдельных ее элементов вследствие непредвиденных и непреодолимых причин. Чрезвычайно большое значение для любой информационной системы, содержащей большое количество информации, имеет *безопасность*. Требование безопасности включает в себя несколько аспектов:

*Защита данных от потери.* Это требование реализуется, в основном, на организационном, аппаратном и системном уровнях. Прикладная система не обязательно должна содержать средства резервного копирования и восстановления данных. Эти вопросы решаются на уровне операционной среды.

*Сохранение целостности и непротиворечивости данных.* Прикладная система должна отслеживать изменения во взаимозависимых документах и обеспечивать управление версиями и поколениями наборов данных.

*Предотвращение несанкционированного доступа к данным внутри системы.* Эти задачи решаются комплексно как организационными мероприятиями, так и на уровне операционных и прикладных систем. В частности, прикладные компоненты должны иметь развитые средства администрирования, позволяющие ограничивать доступ к данным и функциональным возможностям системы в зависимости от статуса пользователя, а также вести мониторинг действий пользователей в системе.

*Предотвращение несанкционированного доступа к данным извне.* Решение этой части проблемы ложится в основном на аппаратную и операционную среду функционирования ИС и требует ряда административно-организационных мероприятий.

*Национальные мероприятия.* Развитие предприятия рост требований к производительности и ресурсам информационной системы может потребовать перехода на более производительную программно-аппаратную платформу. Чтобы такой переход не повлек за собой кардинальной ломки производственного процесса и неоправданных капиталовложений на приобретение более мощных прикладных компонентов, необходимо выполнение требования

*Мобильность.* *Простота в изучении* - это требование, включающее в себя не только наличие интуитивно понятного интерфейса программ, но и наличие подробной и хорошо структурированной документации, возможности обучения персонала на специализированных курсах и прохождения ответственных специалистами стажировки на предприятиях родственного профиля, где данная система уже эксплуатируется.

*Поддержка разработчика.* Это понятие включает в себя целый ряд возможностей, таких, как получение новых версий программного обеспечения бесплатно или с существенной скидкой, получение дополнительной методической литературы, консультации по горячей линии, получение информации о других программных продуктах разработчика, возможность участия в семинарах, научно-практических конференциях пользователей и других мероприятиях, проводимых разработчиком или группами пользователей и т.д. Естественно, что обеспечить такую поддержку пользователю способна только серьезная фирма, устойчиво работающая на рынке программных продуктов и имеющая

довольно ясную перспективу на будущее.

*Сопровождение.* В процессе эксплуатации сложных программно-технических комплексов могут возникать ситуации, требующие оперативного вмешательства квалифицированного персонала фирмы-разработчика или ее представителя на месте. Сопровождение включает в себя выезд специалиста на объект заказчика для устранения последствий аварийных ситуаций, техническое обучение на объекте заказчика, методическую и практическую помощь при необходимости внести изменения в систему, не носящие характер радикальной реструктуризации или новой разработки. Подразумевается также установка новых релизов программного обеспечения, получаемого от разработчика бесплатно силами уполномоченной разработчиком сопровождающей организации или силами самого разработчика.

### ***7.1.2. Функциональные и нефункциональные требования***

Требования к программной системе часто классифицируются как функциональные, нефункциональные и требования предметной области.

1. *Функциональные требования.* Это перечень сервисов, которые должна выполнять система, причем должно быть указано, как система реагирует на те или иные входные данные, как она ведет себя в определенных ситуациях и т.д. В некоторых случаях указывается, что система не должна делать.

2. *Нефункциональные требования.* Описывают характеристики системы и ее окружения, а не поведение системы. Здесь также может быть приведен перечень ограничений, накладываемых на действия и функции, выполняемые системой. Они включают временные ограничения, ограничения на процесс разработки системы, стандарты и т.д.

3. *Требования предметной области.* Характеризуют ту предметную область, где будет эксплуатироваться система. Эти требования могут быть функциональными и нефункциональными.

В действительности четкой границы между этими типами требований не существует. Например, пользовательские требо-

вания, касающиеся безопасности системы, можно отнести к нефункциональным. Однако при более детальном рассмотрении такое требование можно отнести к функциональным, поскольку оно порождает необходимость включения в систему средства авторизации пользователя. Поэтому, рассматривая далее эти виды требований, мы должны всегда помнить, что данная классификация в значительной степени искусственна.

Эти требования описывают поведение системы и сервисы (функции), которые она выполняет, и зависят от типа разрабатываемой системы и от потребностей пользователей. Если функциональные требования оформлены как пользовательские, они, как правило, описывают системы в обобщенном виде. В противоположность этому функциональные требования, оформленные как системные, описывают систему максимально подробно, включая ее входные и выходные данные, исключения и т.д.

#### *Функциональные требования*

Функциональные требования для программных систем могут быть описаны разными способами. Рассмотрим для примера функциональные требования к библиотечной системе университета, предназначенной для заказа книг и документов из других библиотек.

1. Пользователь должен иметь возможность проводить поиск необходимых ему книг и документов или по всему множеству доступных каталожных баз данных или по определенному их подмножеству.

2. Система должна предоставлять пользователю подходящее средство просмотра библиотечных документов.

3. Каждый заказ должен быть снабжен уникальным идентификатором, который копируется в формуляр пользователя для постоянного хранения.

Эти функциональные пользовательские требования определяют свойства, которыми должна обладать система. Они взяты из документа, содержащего пользовательские требования, и показывают, что функциональные требования могут быть описаны с разным уровнем детализации (сравните первое и третье требования).

Многие проблемы, возникающие при разработке систем,

связаны с неточностью и "размытостью" спецификации требований. Естественно, разработчики интерпретируют требования, допускающие двоякое толкование, так, чтобы систему было проще реализовать. Но это толкование может не совпадать с ожиданиями заказчика. Такая ситуация приводит к разработке новых требований и внесению изменений в систему. Это, в свою очередь, ведет к задержке сдачи готовой системы и ее удорожанию.

Рассмотрим второе требование к библиотечной системе из приведенного выше списка и обратим внимание на выражение "подходящее средство просмотра документов". Библиотечная система может предоставлять документы в широком спектре форматов. В требовании подразумевается, что система должна предоставить средства для просмотра документов в любом формате. Но поскольку это условие четко не выписано, разработчики в случае дефицита времени могут использовать простое средство для просмотра текстовых документов и настаивать на том, что именно такое решение следует изданного

В принципе спецификация функциональных требований должна быть комплексной и непротиворечивой. Комплексность подразумевает описание (определение) всех системных сервисов. Непротиворечивость означает отсутствие несовместимых и взаимоисключающих определений сервисов. На практике для больших и сложных систем крайне трудно разработать комплексную и непротиворечивую спецификацию функциональных требований. Причина кроется частично в сложности самой разрабатываемой системы, а частично — в несогласованных опорных точках зрения на то, что должна делать система. Эта несогласованность может не проявиться на этапе первоначального формулирования требований — для ее выявления необходим более глубокий анализ спецификации. Когда несогласованность системных функций проявится на каком-либо этапе жизненного цикла программы, в системную спецификацию придется внести соответствующие изменения.

#### *Нефункциональные требования*

Как следует из названия, нефункциональные требования не связаны непосредственно с функциями, выполняемыми системой. Они связаны с такими интеграционными свойствами

системы, как надежность, время ответа или размер системы. Кроме того, нефункциональные требования могут определять ограничения на систему, например на пропускную способность устройств ввода-вывода, или форматы данных, используемых в системном интерфейсе.

Многие нефункциональные требования относятся к системе в целом, а не к отдельным ее средствам. Это означает, что они более значимы и критичны, чем отдельные функциональные требования. Ошибка, допущенная в функциональном требовании, может снизить качество системы, ошибка в нефункциональных требованиях может сделать систему неработоспособной.

Вместе с тем нефункциональные требования могут относиться не только к самой программной системе: одни могут относиться к технологическому процессу создания ПО, другие — содержать перечень стандартов качества, накладываемых на процесс разработки. Кроме того, в спецификации нефункциональных требований может быть указано, что проектирование системы должно выполняться только определенными CASE- средствами, и приведено описание процесса проектирования, которому необходимо следовать.

Нефункциональные требования отображают пользовательские потребности; при этом они основываются на бюджетных ограничениях, учитывают организационные возможности компании-разработчика и возможность взаимодействия разрабатываемой системы с другими программными и вычислительными системами, а также такие внешние факторы, как правила техники безопасности, законодательство о защите интеллектуальной собственности и

На рис. 7.1 показана классификация нефункциональных требований.

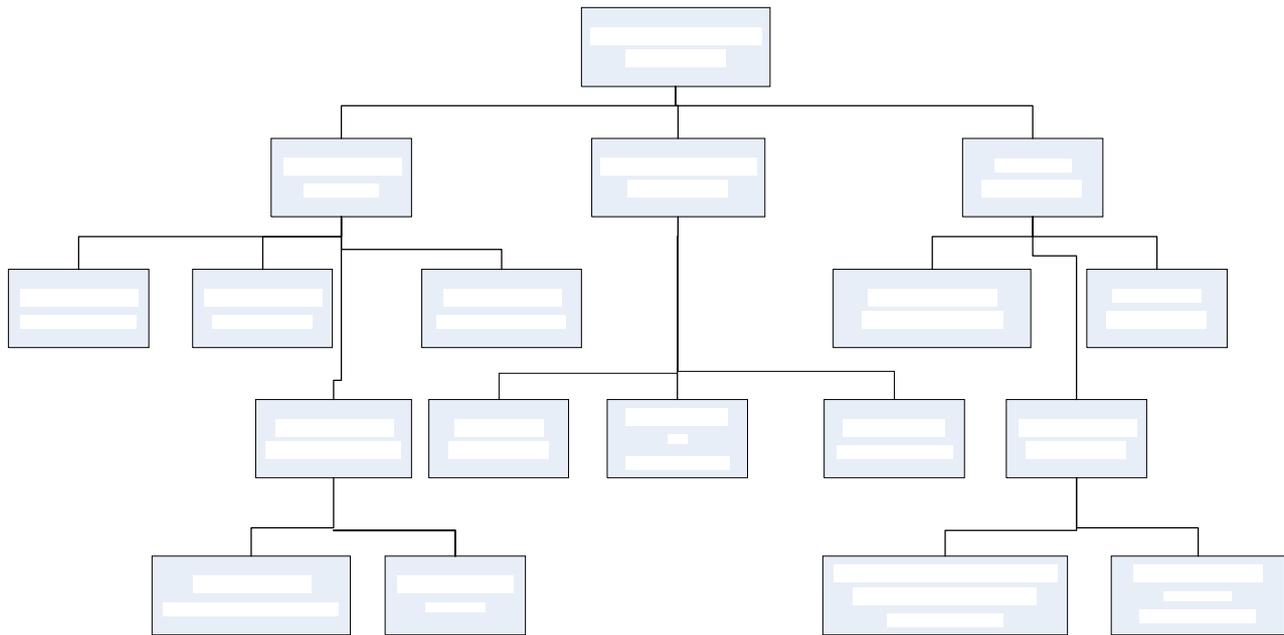


Рисунок 7.1 - Классификация нефункциональных требований

Все нефункциональные требования, показанные на рис. 7.1 разбиты на три большие группы.

1. *Требования к продукту.* Описывают эксплуатационные свойства программного продукта. Сюда относятся требования к производительности системы, объему необходимой памяти, надежности (определяет частоту возможных сбоев в системе), переносимости системы на разные компьютерные платформы и удобству эксплуатации.

2. *Организационные требования.* Отображают политику и организационные процедуры заказчика и разработчика ПО. Они включают стандарты разработки программного продукта, требования к реализации ПО (т.е. к языку программирования и методам проектирования), выходные требования, которые определяют сроки изготовления программного продукта, и сопутствующую документацию.

3. *Внешние требования.* Учитывают факторы, внешние по отношению к разрабатываемой системе и процессу ее разработки. Они включают требования, определяющие взаимодействие данной системы с другими системами, юридические требования, следование которым гарантирует, что система будет разрабатываться и функционировать в рамках существующего законодательства, а также этические требования. Последние должны гарантировать, что система будет приемлемой для пользователей или заказчика.

Проблема нефункциональных требований состоит в том, что их выполнение трудно проверить. Часто они пишутся для того, чтобы отобразить общие цели заказчика системы, такие, как простота эксплуатации, возможность восстановления после сбоев или быстрый ответ на запросы пользователя. Реализация подобных требований может оказаться сложной для системных разработчиков, поскольку они нечетко сформулированы и открывают простор для различных толкований.

В идеале нефункциональные требования должны выражаться через количественные показатели, которые можно объективно измерить.

На практике выразить нефункциональные требования с помощью количественных показателей весьма затруднительно. Часто заказчик ПО не может оформить свое видение будущей системы посредством требований, выраженных количественными показателями. Либо некоторые системные требования, например удобство сопровождения, вообще нельзя выразить через количественные показатели. Кроме того, затраты на объективное измерение количественных нефункциональных требований могут оказаться крайне высоки.

Поэтому часто документ, определяющий требования к системе, содержит описание системных цепей совместно с четко сформулированными требованиями. Эти системные цели, поскольку они отражают представления (и приоритеты) заказчика о будущей системе. Вместе с тем заказчик должен понимать, что его системные цели могут трактоваться различными способами и их невозможно объективно

В табл. 7.1 приведены показатели, с помощью которых можно специфицировать нефункциональные системные свойства. Таблица 7.1. Количественные показатели для нефункциональных требований

<b>Показатель</b>	<b>Единицы измерения</b>
Скорость	Количество выполненных транзакций в секунду; время реакции на действия пользователя; время обновления экрана
Размер	Килобайты; количество модулей памяти
Простота эксплуатации	Время обучения персонала; количество статей в справочной системе
Надежность	Средняя продолжительность времени между двумя последовательными проявлениями ошибок в системе; вероятность выхода системы из строя; коэффициент готовности системы
Устойчивость к сбоям	Время восстановления системы после сбоя; процент событий, приводящих к сбоям; вероятность порчи данных при сбоях
Переносимость	Процент машинно-зависимых операторов; количество машинно-зависимых подсистем

Нефункциональные требования часто вступают в конфликт с другими требованиями, предъявляемыми системе. Если одновременное выполнение этих требований невозможно, то следует отказаться от одного из требований.

### **7.1.3. Пользовательские требования**

Пользовательские требования к системе должны описывать функциональные и нефункциональные системные требования так, чтобы они были понятны даже пользователю, не имеющему специальных технических знаний. Эти требования должны определять только внешнее поведение системы, избегая по возможности определения структурных характеристик системы. Пользовательские требования должны быть написаны естественным языком с использованием простых таблиц, а также наглядных и понятных диаграмм.

Вместе с тем при описании требований на естественном языке могут возникнуть различные проблемы.

1. *Отсутствие четкости изложения.* Иногда нелегко изложить какую-либо мысль естественным языком четко и недвусмысленно, не сделав при этом текст многословным и трудночитаемым.
2. *Смешение требований.* В пользовательских требованиях отсутствует четкое разделение на функциональные и нефункциональные требования, на системные цели и проектную информацию.
3. *Объединение требований.* Несколько различных требований к системе могут описываться как единое пользовательское требование.

В документе, содержащем требования к системе, желательно отделять пользовательские требования от более детализированных системных требований. Иначе неподготовленный читатель пользовательских требований может потонуть в технических подробностях, понимание которых требует определенных профессиональных знаний.

Чтобы свести к минимуму неясности при написании пользовательских требований, рекомендуется придерживаться приведенных ниже правил.

1. Разработайте стандартную форму для записи пользовательских требований и неукоснительно ее придерживайтесь. Стандартная форма записи уменьшает неясности в формулировке требований и позволяет легко их проверить. Рекомендуется включать в форму записи требования не только саму его формулировку, но его обоснование и ссылку на более детализированную спецификацию требований.

2. Делайте различие между обязательными и описательными требованиями. Здесь обязательным требованием является наличие средства добавления новых структурных элементов, описательным — описание последовательности действий пользователя. Описательное требование не является абсолютно необходимым для реализации данного пользовательского требования и при необходимости может быть

3. Используйте разные начертания шрифта {полужирное и курсив) для выделения ключевых частей требования.

4. Избегайте по возможности компьютерного жаргона. Это не исключает использования технических терминов той предметной области, для которой разрабатывается программное обеспечение.

#### ***7.1.4. Системные требования. Документирование требований***

Системные требования — это более детализированное описание пользовательских требований. Они обычно служат основой для заключения контракта на разработку программной системы и поэтому должны представлять максимально полную спецификацию системы в целом. Системные требования также используются в качестве отправной точки на этапе проектирования системы.

Спецификация системных требований может строиться на основе различных системных моделей, таких, как объектная модель или модель потоков данных.

Спецификации системных требований часто пишутся естественным языком. Но использование естественного языка может породить определенные проблемы при написании детализированной спецификации. Применение естественного языка под-

разумеает, что те, кто пишет спецификацию, и те, кто ее читает, одни и те же слова и выражения понимают одинаково. Однако на самом деле это не так, поскольку естественному языку присуща определенная размытость понятий. Вследствие этого одно и то же требование может трактоваться разными людьми по-разному.

Чтобы избежать подобных проблем, разработаны методы описания требований, которые структурируют спецификацию и уменьшают размытость определений. Эти методы представлены в табл. 7.2.

Таблица 7.2 - Способы записи спецификаций требований

<b>Система записи</b>	<b>Описание</b>
Структурированный естественный язык	Использование стандартных форм и шаблонов для написания спецификации
Языки описания программ	Использование специальных структурированных языков, подобных языкам программирования, где спецификация требований строится на основе выбранной операционной модели системы
Графические нотации	Графический язык, использующий для описания функциональных требований диаграммы и блок-схемы, дополненные текстовыми пояснениями. Наиболее известный пример такого графического языка — диаграммы структурного анализа и проектирования ПО (SADT)
Математические спецификации	Это системы нотаций, основанные на математических концепциях, таких, как теория конечных автоматов или теория множеств. Это формализованная однозначная и лишённая двусмысленности запись системных требований. Однако многие заказчики ПО не понимают формальных спецификаций, вследствие чего возникают определенные проблемы при заключении контрактов на разработку программных продуктов.

Структурированный язык спецификации – это сокращенная форма естественного языка, предназначенная для написания спецификации требований. Достоинством такого подхода к написанию спецификаций является то, что он сохраняет выразительность и понятность естественного языка и вместе с тем формализует описание требований. Структурированность языка проявляется в использовании специальной терминологии, а также шаблонов для описания системных требований. Структурированный язык может включать языковые конструкции, взятые из языков програм-

Для описания системных требований часто разрабатываются специальные формы и шаблоны. Они должны учитывать, на основе чего строится спецификация: на основе объектов, управляемых системой, на основе функций, выполняемых системой, или на основе событий,

Стандартные формы, используемые для специфицирования функциональных требований, должны содержать следующую информацию.

1. Описание функции или объекта.
2. Описание входных данных и их источники
3. Описание выходных данных с указанием пункта их назначения.
4. Указание, что необходимо для выполнения функции.
5. Если это спецификация функции, необходимо описание предварительных условий (предусловий), которые должны выполняться перед вызовом функции, и описание заключительного условия (постусловия), которое должно быть выполнено после завершения выполнения функции.
6. Описание побочных эффектов (если они есть).

Использование структурированного языка снимает некоторые проблемы, присущие спецификациям, написанным естественным языком, поскольку снижает "вариабельность" спецификации и более эффективно ее структурирует. Вместе с тем некоторая "размытость" определений и описаний в спецификации остается. Альтернативой использованию структурированного естественного языка может служить специальный язык опи-

сания спецификаций, который полностью снимает проблему нечеткости описания требований. Но с другой стороны, специалист найдет такую спецификацию трудной для чтения и понимания.

Подавляющее большинство разрабатываемых программных систем должны взаимодействовать с другими, уже существующими системами. Для того чтобы новая система могла работать совместно с другими системами, необходимо специфицировать интерфейсы этих систем. Такие спецификации создаются на раннем этапе разработки систем и включаются (обычно в виде приложения) в спецификацию системных требований. Различают три типа специфицируемых интерфейсов.

1. **Процедурные интерфейсы**, когда существующие подсистемы предлагают набор сервисов, доступных посредством вызываемой интерфейсной процедуры.
2. **Структуры (интерфейсные форматы) данных**, которые пересылаются от одной подсистемы к другой. Для описания этого типа интерфейса наиболее подходят диаграммы "сущность-связь".
3. **Специальные представления данных**, например в виде упорядоченной последовательности двоичных разрядов.

### **Документирование системных требований**

Документ, содержащий требования, также называемый спецификацией системных требований, — это официальное предписание для разработчиков программной системы. Он содержит пользовательские требования и детализированное описание системных требований. В некоторых случаях пользовательские и системные требования могут не различаться, выступая совместно в виде однородного описания системы. В других случаях пользовательские требования приводятся во введении документа-спецификации. Если общее количество требований велико, детализированные системные требования могут быть представлены в виде отдельного документа.

Системную спецификацию читает множество разных людей, начиная от высшего руководства компании — заказчика системы и заканчивая рядовым разработчиком системы.

Можно сформулировать шесть условий, которым должна

соответствовать спецификация программной системы.

- Описывать только внешнее поведение системы.
- Указывать ограничения, накладываемые на процесс реализации системы.
- Предусматривать возможность внесения изменений в спецификацию.
- Служить справочным средством в процессе сопровождения системы.
- Отображать весь жизненный цикл системы.
- Предусматривать реакцию системы и группы сопровождения на непредвиденные (нештатные)

Многие организации разработали собственные стандарты документирования спецификации. Наиболее известный стандарт разработан IEEE и называется IEEE/ANSI 830-1993.

Данный стандарт предполагает следующую структуру спецификации.

## 1. Введение

- 1.1. Цели документа
- 1.2. Назначение программного продукта
- 1.3. Определения, акронимы и аббревиатуры
- 1.4. Список литературы и других источников
- 1.5. Обзор спецификации

## 2. **Общее описание**

- 2.1. Описание программного продукта
- 2.2. Функции программного продукта
- 2.3. Пользовательские характеристики
- 2.4. Общие ограничения
- 2.5. Обоснования, предположения и допущения

**Спецификация требований** охватывает функциональные, нефункциональные и интерфейсные требования. Это наиболее значимая часть документа, но вследствие крайне широкого диапазона возможных требований, предъявляемых программным системам, в стандарте не определена структура этого раздела. Здесь могут быть документированы внешние интерфейсы, описаны функциональные возможности системы, приведены требования, определяющие логическую структуру баз данных, ограничения, накладываемые на структуру системы, описаны интеграционные свойства системы все ее качественные

характеристики.

В табл. 7.3 описаны возможные разделы спецификации, построенной на основании стандарта IEEE.

Таблица 7.3. Структура спецификации требований

Раздел	Описание
Предисловие	Здесь определяется круг лиц, на которых рассчитан данный документ. Описываются предыдущие версии разрабатываемого программного продукта, а также изменения, внесенные в каждую версию. Дается обоснование для создания новой версии
Введение	Здесь более развернуто обосновывается необходимость создания системы. Кратко перечисляются системные функции и объясняется, как система будет работать совместно с другими системами. Должно быть показано, как разработка системы "вписывается" в общую бизнес-стратегию компании, заказывающей программный
Глоссарий	Дается описание технических терминов, используемых в документе. Здесь не делается каких-либо предположений об уровне знаний или практическом опыте читателя документа
Пользовательские требования	Описываются сервисы, предоставляемые пользователям, и нефункциональные системные требования. Это описание может быть сделано на естественном языке с использованием диаграмм, блок-схем и других форм записи, понятных заказчику программной системы. Здесь также должны быть приведены стандарты на программный продукт и процесс его разработки
Системная архитектура	Здесь приводится высокоуровневое представление возможной системной архитектуры с указанием, как распределены системные функции по компонентам системы. Обязательно должны быть выделены повторно используемые (т.е. уже существующие) компо-
Системные требования	Подробно описываются функциональные и нефункциональные требования. Если необходимо,

	нефункциональные требования дополняются описанием интерфейсов других систем
Системные модели	Здесь представлено несколько системных моделей, показывающих взаимоотношения между системными компонентами и между системой и ее окружением. Это могут быть объектные модели, модели потоков данных или модели данных
Эволюция системы	Приводятся основные предположения и допущения, на которых базируется система, а также ожидаемые (прогнозируемые) изменения в аппаратных средствах, в потребностях пользователей и т.п.
Приложения	Здесь приводится специализированная информация, относящаяся к разрабатываемой системе, например описание аппаратных средств или базы данных, с которыми должна работать система. При описании аппаратных средств необходимо показать минимальную и оптимальную конфигурации, при которых может работать программная система. Описание базы данных должно отображать логическую структуру данных, с которыми будет работать система, и
Указатели	В документе возможно использование различных указателей. Это может быть обычный алфавитный указатель, указатель диаграмм или указатель системных функций

Конечно, информация, включаемая в спецификацию, зависит от типа разрабатываемого программного обеспечения и от выбранной технологии разработки. Для больших документов необходимо делать оглавление и подробные указатели для поиска необходимой информации.

## 7.2. Разработка требований к программному обеспечению информационной системы

### 7.2.1. Анализ возможности выполнения

Разработка требований — это процесс, включающий мероприятия, необходимые для создания и утверждения документа, содержащего спецификацию системных требований.

Различают четыре основных этапа процесса разработки требований:

- анализ технической осуществимости создания системы,
- формирование и анализ требований,
- специфицирование требований,
- создание соответствующей документации, а также аттестация этих требований.

На рис. 7.2 показаны взаимосвязи между этими этапами и документы, сопровождающие каждый этап процесса разработки системных требований.

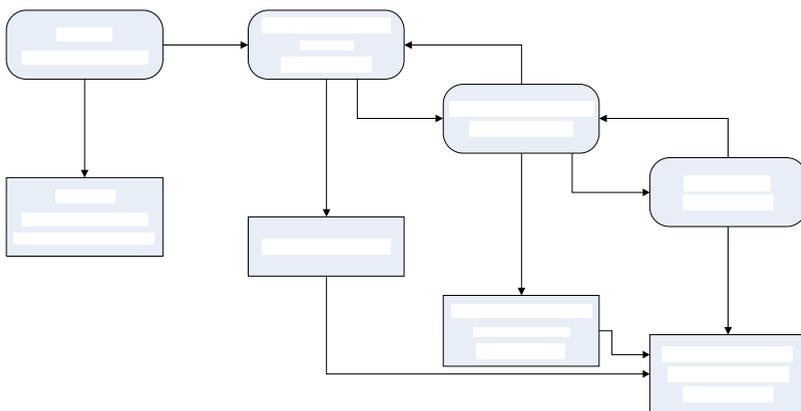


Рисунок 7.2 - Процесс разработки требований

Для новых программных систем процесс разработки требований должен начинаться с анализа осуществимости. Началом такого анализа является общее описание системы и ее назначения, а результатом анализа — отчет, в котором должна быть четкая рекомендация, продолжать или нет процесс разработки требований проектируемой системы. При проведении анализа

осуществимости решаются следующие вопросы:

1. Отвечает ли система поставленным целям заказчика и разработчика?
2. Можно ли реализовать систему, используя существующие на данный момент технологии и не выходя за пределы заданной стоимости?
3. Можно ли объединить систему с другими системами, которые уже эксплуатируются?

Критическим является вопрос, будет ли система соответствовать целям. Если система не соответствует этим целям, она не представляет никакой ценности.

Выполнение анализа осуществимости включает сбор и анализ информации о будущей системе и написание соответствующего отчета. Сначала следует определить, какая именно информация необходима, чтобы ответить на поставленные выше вопросы.

После обработки собранной информации готовится отчет по анализу осуществимости создания системы. В нем должны быть даны рекомендации относительно продолжения разработки системы. Могут быть предложены изменения бюджета и графика работ по созданию системы или предъявлены более высокие требования к системе

### ***7.2.2. Формирование и анализ требований***

После выполнения анализа осуществимости следующим этапом процесса разработки требований является формирование и анализ требований. На этом этапе команда разработчиков ПО работает с заказчиком и конечными пользователями системы для выяснения области применения, описания системных сервисов, определения режимов работы системы и ее характеристик выполнения, аппаратных ограничений и т.д.

В процесс формирования требований могут быть вовлечены люди разных профессий. В нем принимают участие конечные пользователи, которые будут работать с системой, инженеры, которые разрабатывают и эксплуатируют подобные системы, менеджеры, специалисты по предметной области, где будет эксплуатироваться система.

Процесс формирования и анализа требований достаточно сложен по ряду причин.

1. Лица, участвующие в формировании требований, часто не знают конкретно, чего они хотят от компьютерной системы, за исключением наиболее общих положений; им трудно сформулировать, что они ожидают от системы; они могут предъявлять нереальные требования, так как не подозревают, какова стоимость
2. Лица, участвующие в формировании требований, выражают в этих требованиях собственные точки зрения, основываясь на личном опыте работы.
3. Лица, участвующие в формировании требований, имеют различные предпочтения и могут выражать их разными способами. Разработчики должны определить все потенциальные источники требований и выделить общие и противоречивые требования.
4. На требования к системе могут влиять политические факторы. Они могут исходить от руководителей, которые предъявляют требования только для того, чтобы усилить свое влияние в организации.
5. Экономическая обстановка, в которой происходит формирование требований, неизбежно будет меняться в ходе выполнения этого процесса. Следовательно, и важность отдельных требований может изменяться. Новые требования могут быть выдвинуты новым лицом, с которым первоначально не консультиро-

Обобщенная модель процесса формирования и анализа требований показана на рис. 7.3. Каждая организация использует собственный вариант этой модели, зависящий от "местных" факторов: опыта работы коллектива разработчиков, типа разрабатываемой системы, используемых стандартов и т.д.

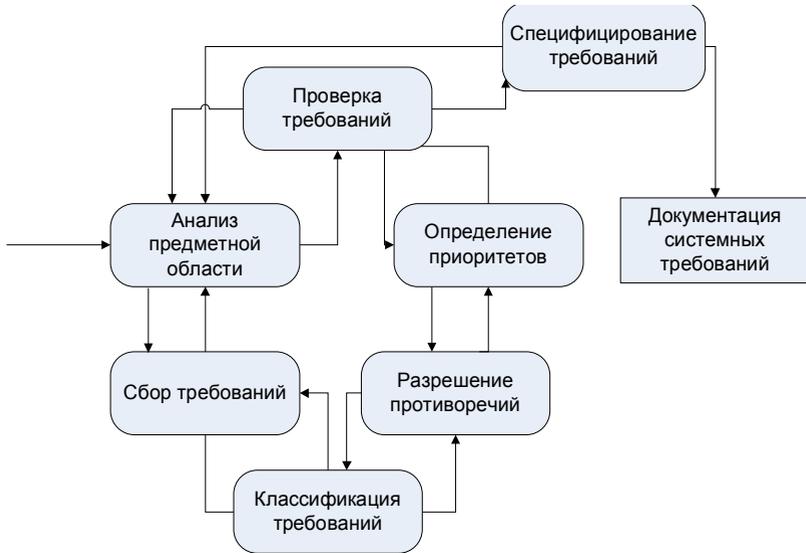


Рисунок 7.3 - Процесс формирования и анализа требований

Процесс формирования и анализа требований проходит через ряд этапов:

1. *Анализ предметной области.* Аналитики должны изучить предметную область, где будет эксплуатироваться система.
2. *Сбор требований.* Это процесс взаимодействия с лицами, формирующими требования. Во время этого процесса продолжается анализ предметной области.
3. *Классификация требований.* На этом этапе бесформенный набор требований преобразуется в логически связанные группы требований.
4. *Разрешение противоречий.* Без сомнения, требования многочисленных лиц, занятых в процессе формирования требований, будут противоречивыми. На этом этапе определяются и разрешаются противоречия такого рода.
5. *Назначение приоритетов.* В любом наборе требований одни из них будут более важны, чем другие. На

этом этапе совместно с лицами, формирующими требования, определяются наиболее важные требования.

6. *Проверка требований.* На этом этапе определяется их полнота, последовательность и непротиворечивость.

Таким образом, процесс формирования и анализа требований циклический, с обратной связью от одного этапа к другому. Цикл начинается с анализа предметной области и заканчивается проверкой требований. Понимание требований предметной области увеличивается в каждом цикле процесса формирования требований.

### **7.2.3. *Согласование требований***

Согласование (аттестация) должна продемонстрировать, что требования действительно определяют ту систему, которую хочет иметь заказчик. Проверка требований важна, так как ошибки в спецификации требований могут привести к переделке системы и большим затратам, если будут обнаружены во время процесса разработки системы или после введения ее в эксплуатацию. Стоимость внесения в систему изменений, необходимых для устранения ошибок в требованиях, намного выше, чем исправление ошибок проектирования или кодирования. Причина в том, что изменение требований обычно влечет за собой значительные изменения в системе, после внесения которых она должна пройти повторное тестирование.

Во время процесса аттестации должны быть выполнены различные типы проверок документации требований.

1. *Проверка правильности требований.* Пользователь может считать, что система необходима для выполнения некоторых определенных функций. Однако дальнейшие размышления и анализ могут привести к необходимости введения дополнительных или новых функций. Системы предназначены для разных пользователей с различными потребностями, и поэтому набор требований будет представлять собой некоторый компромисс между требованиями пользователей
2. *Проверка на непротиворечивость.* Спецификация требований не должна содержать противоречий. Это означает, что в требованиях не должно быть противоречащих

друг другу ограничений или различных описаний одной и той же системной функции.

3. *Проверка на полноту.* Спецификация требований должна содержать требования, которые определяют все системные функции и ограничения, налагаемые на
4. *Проверка на выполнимость.* На основе знания существующих технологий требования должны быть проверены на возможность их реального выполнения. Здесь также проверяются возможности финансирования и график разработки системы.

Существует ряд методов аттестации требований, которые можно использовать совместно или каждый в отдельности.

1. *Обзор требований.* Требования системно анализируются рецензентами. Этот процесс обсуждается в следующем разделе.
2. *Прототипирование.* На этом этапе прототип системы демонстрируется конечным пользователям и заказчику. Они могут экспериментировать с этим прототипом, чтобы убедиться, что он отвечает их потребностям.
3. *Генерация тестовых сценариев.* В идеале требования должны быть такими, чтобы их реализацию можно было протестировать. Если тесты для требований разрабатываются как часть процесса аттестации, то часто это позволяет обнаружить проблемы в спецификации. Если такие тесты сложно или невозможно разработать, то обычно это означает, что требования трудно выполнить и поэтому необходимо их пересмотреть.
4. *Автоматизированный анализ непротиворечивости.* Если требования представлены в виде структурных или формальных системных моделей, можно использовать инструментальные CASE-средства для проверки непротиворечивости моделей. Этот процесс показан на рис. 7.4. Для автоматизированной проверки непротиворечивости необходимо построить базу данных требований и затем проверить все требования в этой базе данных. Анализатор требований готовит отчет обо всех обнаруженных противоречиях.

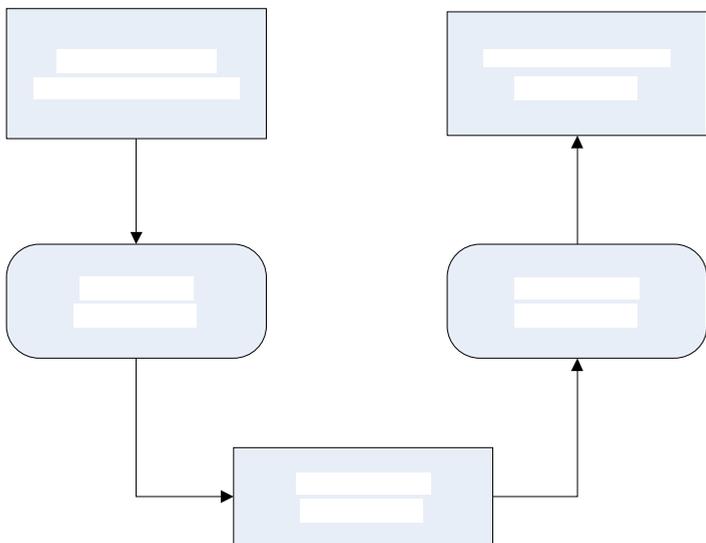


Рисунок 7.4 - Автоматизированный анализ непротиворечивости требований

Трудности аттестации требований нельзя недооценивать. Продемонстрировать, что все требования отвечают потребностям пользователя, очень трудно. Пользователи должны представить систему в действии и вообразить, как эта система впишется в их работу. Это трудно представить даже квалифицированным специалистам, не говоря уже о пользователях системы. В результате аттестации требований редко обнаруживаются все проблемы системной спецификации, поэтому в ней неизбежны изменения даже после согласования *Управление требованиями*

Требования к большим системам ПО неизбежно будут изменяться в процессе их разработки. Причины этого многочисленны и разнообразны. Одной из причин является то, что во время процесса создания ПО понимание разработчиками поставленных перед ними задач будет неизбежно меняться, что вызывает необходимость возвращения к требованиям.

Кроме того, для больших программных систем, которые приходят на смену действующим, должна быть обеспечена пре-

емственность. Хотя проблемы в работе со старой системой известны, трудно предсказать, какой эффект "улучшенная" система даст для организации. Если конечные пользователи имеют опыт работы с подобной системой, новые требования появляются по ряду причин.

1. Большие системы обычно имеют многообразный контингент пользователей. Разные пользователи имеют различные требования и приоритеты, которые могут быть противоречивыми или несовместимыми. Окончательный вариант системных требований представляет неизбежный компромисс между ними, который часто принимается только на заключительном этапе разработки системы.
2. Заказчики системы и ее пользователи— редко одни и те же люди. Заказчики формулируют требования, руководствуясь своими организационными и бюджетными ограничениями. Они могут входить в противоречие с требованиями конечных пользователей.

Деловая среда и техническое окружение системы изменяются, что должно найти отражение в системе. Например, может быть закуплено новое оборудование, может появиться необходимость сопряжения системы с другими системами, деловые приоритеты организации могут измениться, будут введены новые законодательство и стандарты и т.д. Изменения в аппаратных средствах особенно затрагивают нефункциональные системные требования.

Управление требованиями— это процесс управления изменениями системных требований. Процесс управления требованиями выполняется совместно с другими процессами разработки требований. Начало этого процесса планируется на то же время, когда начинается процесс первоначального формирования требований, непосредственно процесс управления требованиями должен начаться сразу после того, как черновая версия спецификации требований будет готова.

При формировании требований основное внимание сосредоточено на возможностях создаваемого ПО, целях и других системах организации. После формирования требований достигается более глубокое понимание потребностей пользователей,

вследствие чего может возникнуть необходимость в изменении ранее сформулированных требований. Измененные требования отсылаются заказчику с объяснением причины сделанных изменений.

Создание большой системы может занять несколько лет. За это время окружение и требования к системе, несомненно, изменятся, что также должно найти отражение в измененных требованиях.

С точки зрения разработки требования можно разделить на два класса.

1. *Постоянные требования.* Это относительно стабильные требования, которые исходят из основной деятельности организации и касаются непосредственно предметной области, где будет эксплуатироваться система.
2. *Изменяемые требования.* Эти требования отображают изменения, сделанные во время разработки системы или после ввода ее в эксплуатацию.

Таблица 7.4. Классификация изменяемых требований

<b>Тип требований</b>	<b>Описание</b>
Непостоянные требования	Требования, которые изменяются из-за изменений в окружении системы
Неожиданно возникающие требования	Требования, которые появляются во время разработки системы. В процессе проектирования может возникнуть необходимость добавления новых требований
Непрямые требования	Требования, которые являются результатом внедрения компьютерной системы, способной изменить организационные процессы и показать новые способы работы, которые приведут к новым системным требованиям
Вторичные требования	Требования, которые зависят от особенностей данной системы или от проблем организации

## **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте общие требования к информационной системе из нескольких.
2. Из каких уровней состоит архитектура информационной системы?
3. Что такое функциональные, нефункциональные требования и требования предметной области
4. Как формируются пользовательские требования?
5. Какова роль системных требований?
6. Опишите особенности документирования требований.
7. Что представляет из себя спецификация требований?
8. Как осуществляется формирование требований?
9. Каковы основные этапы анализа требований?
10. Как осуществляется согласование и управление требованиями?

## **Заключение**

Учебно-методическое пособие посвящено изучению основ анализа требований к программному обеспечению информационных систем мониторинга технических объектов.

Рассмотрены вопросы обеспечения жизненного цикла программных продуктов информационных систем, представлены модели создания информационных систем, их особенности, достоинства и недостатки.

Рассмотрены основы структурного и функционально-модульного проектирования ИС. Приведены принципы структурного подхода, последовательность построения функциональной модели ИС. Рассмотрены модели SADT, DFD, workflow diagramming, их состав, схемы построения

Обобщены требования к программному обеспечению информационной системы и рассмотрен процесс анализа требований к программному обеспечению информационной системы, а также формирования системных, пользовательских, функциональных и нефункциональных требований, документирования требований, оценки их выполнимости .

## Список использованных источников

1. Орлов С.А. Технология разработки программного обеспечения: Учебник. – СПб.: Питер, 2002. – 464с.
2. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. - М. : Финансы и статистика, 2000.
3. Андон Ф.И., Лаврищева Е.М. Методы инженерии распределенных компьютерных систем. — К.: Наукова думка, 1997.
4. Beck, K. Extreme Programming Explained. Embrace Change. Addison-Wesley, 1999. 211pp.
5. Калянов Г.Н. Методы и средства системного структурного анализа и проектирования. - М.:НИВЦМГУ. 1995.
6. Boehm, B. W. A spiral model of software development and enhancement. IEEE Computer, 21 (5), 1988, pp. 61-72.
7. Фокс Д. Программное обеспечение и его разработка. - М.: Мир. 1985.
8. Бозм Б. У. Инженерное проектирование программного обеспечения. М.: Радио и связь, 1985. 511 с.
9. Вендров А.М. CASE-ТЕХНОЛОГИИ. Современные методы и средства проектирования информационных систем. — М.: Финансы и статистика. 1998.
10. Каляное Г.Н. CASE-технологии. Консалтинг при автоматизации бизнес-процессов. 2-е изд. — М.: Горячая линия — Телеком, 2000
11. Кантор М. Управление программными проектами. - М.: Издательский дом «Вильямс». 2002.
12. Коллинз Г., Блей Д. Структурные методы разработки систем: от стратегического планирования до тестирования. - М.: Финансы и статистика. 1986.
13. Лефингвел Д., Уидриг Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход. — М.: Издат. дом "Вильяме", 2002.
14. <http://utc.uni-dubna.ru/~mazny/kurses/titpr/lekcii/>
15. Липаев В.В. Документирование и управление конфигурацией программных средств. Методы и стандарты. - М.: СИНТЕГ, 1998.

16. Липаев В.В. Надежность программных средств. — М.: СИНТЕГ. 1998.
17. Липаев В.В. Отладка сложных программ. - М.: Энергоатомиздат. 1993.
18. Липаев В.В. Тестирование программ. - М.: Радио и связь, 1986.
19. Липаев В.В. Управление разработкой программных комплексов. - М. : Финансы и статистика. 1993.
20. Марка ДА., Мак-Гоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. — М. : Мета-Технология, 1993.
21. Гласе Г. Руководство по надежному программированию. - М.: Финансы и статистика. 1982.

**КЛЕВЦОВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**АНАЛИЗ И ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ  
К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

Ответственный за выпуск Клевцов С.И.

Редактор

Корректор

ЛР №020565 от 23 июня 1997г. Подписано к печати

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная

Офсетная печать. Ус.п.л. – 6,3. Уч.-изд.л. – 6,4.

Заказ №                      Тираж      экз.

“С”

---

Издательство Технологического института Южного  
федерального университета

ГСП 17А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44

Типография Технологического института Южного  
федерального университета

ГСП 17А, Таганрог, 28, Энгельса, 1