

# Пример синтеза интерактивных электронных технических руководств и экспертных систем(ИЭТР)

Горин Александр Андреевич  
Аспирант 3 г. о. МИЭМ НИУ ВШЭ

Научный руководитель: к.т.н., доцент  
Внуков Андрей Анатольевич

# Автоматизация предприятий

- В связи с высокой компьютеризацией предприятий возникали идеи автоматизации производства. Первыми шагами были разработки различных систем автоматизации предприятия (CAD), инженерных расчетов (CAE), всевозможные АСУ, выполнявшие простейшие функции подготовки документов. В итоге это переросло в создание единого информационного пространства или интегрированной информационной среды (ИИС), охватывающей все этапы жизненного цикла (ЖЦ) выпускаемой этим предприятием продукции.
- Эта идея легла в основу подхода, получившего название CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла)

# Связь CALS и ИЭТР

- CALS(Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла) - концепция, объединяющая принципы и технологии информационной поддержки ЖЦ изделия на всех его стадиях, основанная на использовании интегрированной информационной среды, обеспечивающая стандартизованные способы управления процессами и взаимодействия участников цикла
- Одним из важнейших процессов по организации интегрированной логистической поддержки изделия является обеспечение персонала электронной эксплуатационной документацией(ЭЭД)
- Система являющаяся основой организации интегрированной логистической поддержки изделия является Интерактивное Электронное Техническое Руководство(ИЭТР)

# Применение ИЭТР

- Обучение персонала правилам эксплуатации и ремонта изделия.
- Обеспечение справочным материалом об устройстве и принципах работы изделия (в виде электронных документов с элементами мультимедиа).
- Обеспечение персонала справочным материалом при эксплуатации и регламентных работах на технике.
- Обеспечение персонала справочным материалом при ремонте изделия.
- Обеспечение информацией о проведении операций с изделием (необходимый инструмент и материалы, количество и квалификация персонала).
- Автоматический сбор и обработка данных, полученных с диагностических приборов.
- Диагностика оборудования и поиск неисправностей.
- Автоматизированный заказ материалов и запасных частей.
- Планирование и учет проведения регламентных работ.
- Обмен данными между потребителем и поставщиком.

# Цель работы

- Обеспечение интеллектуальной поддержки при разработке и использовании ИЭТР
- Повышение эффективности эксплуатации, обслуживания ремонта и создания не только базы, но и пополняемой базы знаний технической документации
- Обеспечить возможность диалога пользователя с системой, что обеспечит легкий доступ к искомой информации
- Повысить качество документации средствами ЭС
- Дать системе возможность накопления и организации данных для подготовки документации

# Актуальность работы

- Актуальность подобной системы будет состоять в том, что она представляет собой интеллектуализацию интерактивного электронного технического руководства, обеспечивающее пользователя необходимой информацией об изделии, помогающее в освоении навыков эксплуатации и технической поддержки интересующего пользователя изделия, облегчающее поиск конкретных элементов с возможностью накопления знаний экспертами.

# Задачи разработки синтеза ЭС и ИЭТР

1. Реализация возможности создания базы знаний для ИЭТР
2. Создание подсистемы приобретения знаний
3. Разработка механизма логического вывода, использующего имеющиеся знания
4. Представление основных элементов ИЭТР в виде фреймов
5. Максимальная автоматизация процессов составления ИЭТР
6. Создание модели системы поддержки жизненного цикла изделия, объединяющей в одно целое ИЭТР и ЭС
7. Применение фреймовой модели представления знаний к разработке ИЭТР

# Классификация ИЭТР

- Различают пять классов ИЭТР:
- 1 Класс – индексированные цифровые изображения страниц
- 2 Класс – линейно структурированные электронные документы
- 3 Класс – иерархически структурированные электронные документы
- 4 Класс – интегрированные ИЭТР
- 5 Класс – ИЭТР с системой накопления данных



# Индексированные цифровые изображения страниц

- Этот тип ИЭТР представляет собой набор изображений, полученных сканированием страниц документации. Страницы индексированы в соответствии с содержанием, списком иллюстраций, списком таблиц и т. п. Индексация должна отображать необходимое растровое представление раздела документации сразу после его выбора в содержании ИЭТР.
- Достоинства: максимально короткое время на реализацию проекта, полное соответствие бумажному оригиналу (отсутствие проблемы электронного подписания документа).
- Недостатки: сложность внесения изменений в документацию, большие объемы памяти для хранения графической информации (отсканированных страниц).

# Линейно структурированные электронные документы

- Данный класс ИЭТР представляет собой совокупность текстов в формате SGML(язык разметки). Документы данного класса отличаются возможностью редактирования посредством различных текстовых редакторов, оглавление документа содержит ссылки на соответствующие разделы технического руководства. Документ может содержать перекрестные ссылки, таблицы, иллюстрации, ссылки на звуковые и видеоданные. Руководства данного класса позволяют производить поиск данных в документе, содержат растровую и векторную графику, сноски и заметки. Данный класс ИЭТР может быть просмотрен на экране целиком и распечатан без предварительной обработки. Пример – файл PDF
- Достоинства: возможность оперативного внесения изменений в любую часть электронной документации, резкое сокращение затрат выпуска документации на последующие модификации продукции.
- Недостатки: необходимость дублирования однородной информации, такой как замечания, предостережения, заметки, графики.

# Иерархически структурированные электронные документы

- Технические данные в документах данного класса организованы как объекты внутри хранилища информации, имеющего иерархическую структуру. Дублирование многократно используемых данных предотвращается системой ссылок.
- Особенностью данного класса ИЭТП, обусловленной структурированным размещением данных в БД и отсутствием заранее подготовленной разметки страниц, является невозможность просмотра и получения бумажной копии без предварительной обработки специальными программно-аппаратными средствами.
- Достоинства: Данные создаются один раз, а затем в документе проставляется только ссылка на них. Также к достоинствам можно отнести высокую интерактивность и возможность отбора данных по функциональным признакам при запросах
- Недостатки: ИЭТР класса 3 организованы иерархически, поэтому документация не может быть распечатана без предварительной обработки.

# Интегрированные ИЭТР

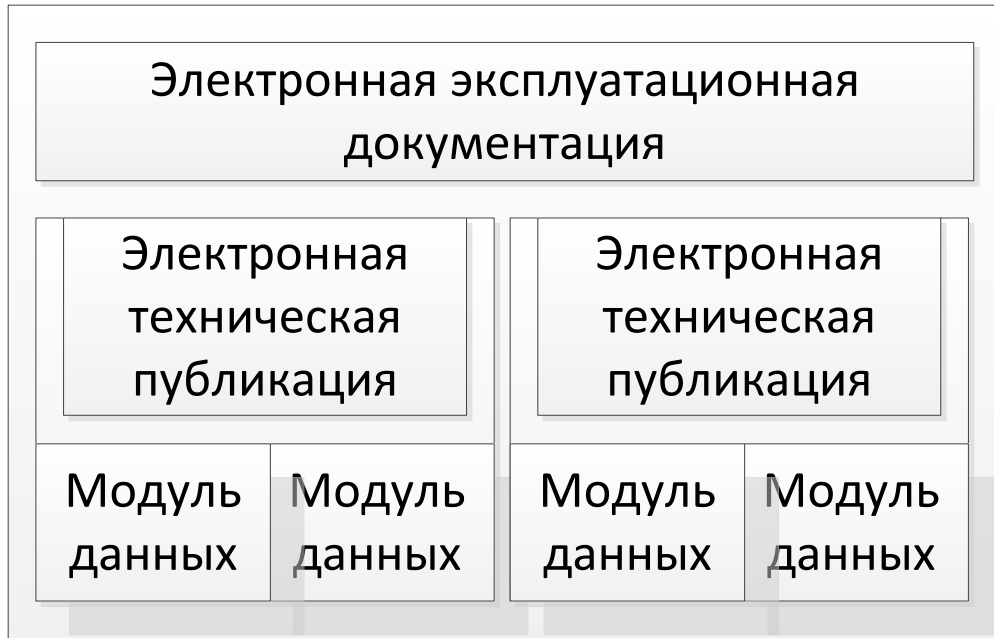
- ИЭТР данного класса сочетают в себе функциональность технических руководств предыдущих классов с возможностью прямого интерфейсного взаимодействия с электронными модулями диагностики изделий, что позволяет оператору выполнять задачи более быстро и эффективно.
- Достоинства: ИЭТР класса 4 позволяют наиболее быстро проводить операции по поиску неисправностей в изделии, локализации сбоев, подбору запасных частей, а также производить подбор информации для анализа состояния изделия в конкретной ситуации.
- Недостатки: Такие руководства не совмещены с экспертной системой

# ИЭТР с системой накопления данных

- ИЭТР, обладающие основной функциональностью 3-го и/или 4-го классов и включающие в себя средства накопления полученных в процессе эксплуатации технических данных, их анализа и формирования рекомендаций пользователям ИЭТР о предпочтительном порядке обслуживания изделия и диагностики неисправностей (ИЭТР, включающие в себя элементы экспертных систем).
- Достоинства – система упрощает обслуживание изделия
- Недостатки – экспертные системы не используются для разработки самой системы, а задействованы в системах диагностики неисправностей, которые разрабатываются отдельно

# Состав интерактивного электронного технического руководства

- Модули данных
- Информационные наборы
- ЭТП

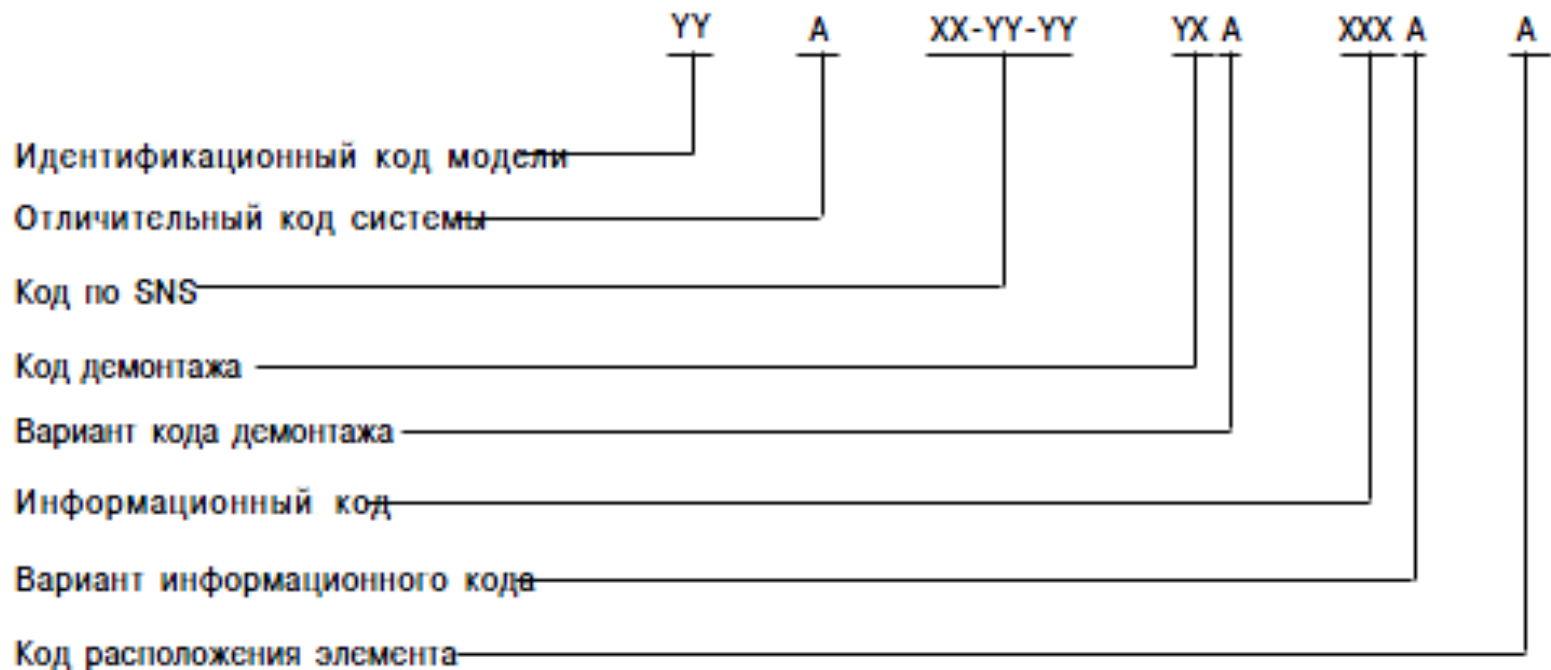


# Понятие модуля данных(МД)

Модуль данных – электронный документ, являющийся наименьшей самостоятельной информационной единицей, входящей в состав технической документации. МД хранятся в общей базе исходных данных, где и обеспечивается их обработка. В модуле данных может содержаться текст, изображения, видео, 3d модели. Модуль данных может описывать компоненты изделия, процесс ремонта изделия, процесс эксплуатации изделия и т. д. Модули данных, схожие по смыслу и тематике объединяются в информационные наборы, которые в свою очередь могут состоять в электронных технических публикациях(ЭТП). ЭТП является аналогом книги.

У каждого модуля данных есть свой код. На следующем слайде представлен формат кода МД

# Формат кода модуля данных



- Y – алфавитно-цифровые символы
- A – буквенные символы
- X – цифровые символы



# Состав модуля данных(МД)

Все МД состоят из двух частей:

- идентификационно-статусной части, содержащей необходимую управляющую информацию.

Нужна для управления МД в рамках БД, процессом контроля качества, для комплектовки информационных наборов, для предоставления общей информации пользователям, имеющим доступ к общей базе исходных данных и т.д.

- содержательной части - представляет собой вторую часть МД.

В ней может находиться текстовая информация, таблицы, иллюстрации, видео- и аудио- ролики, компьютерные модели. Содержательная часть зависит от типа МД.

# Идентификационная часть модуля данных

Содержит все идентификационные элементы, требуемые для адресации и управления МД:

1. Код МД (обязательный элемент).

Является идентификатором МД для получения к нему доступа

2. Расширение кода МД (необязательный элемент).

Содержит дополнительные параметры, необходимые для уникальной идентификации МД в тех случаях, когда не хватает основных элементов кода МД

3. Название МД (обязательный элемент).

Содержит техническое(обязательный) и информационное название(необязательный)

4. Номер издания (обязательный элемент).

new,deleted,changed,revisited,status,rinstate-status и т.д.

5. Дата издания (обязательный элемент).

6. Язык (необязательный элемент).

# Статусная часть модуля данных

Содержит всю информацию о статусе.

Некоторые из них – гриф секретности, название ответственной компании-контрагента, название компании-разработчика, применимость, ссылки на правила выполнения проекта, обеспечение качества и прочие атрибуты.

# Содержательная часть МД

Содержательная часть представляет собой вторую часть МД. В ней может находиться текстовая информация, таблицы, иллюстрации, видео- и аудио- ролики, компьютерные модели. Содержательная часть зависит от типа МД.

МД делятся на типы в зависимости от информации, содержащейся в них. Существуют следующие виды информации:

1. Описательные данные.	8. Данные по схемам электрооборудования.
2. Данные по техническому обслуживанию.	9. Процессный МД.
3. Информация по поиску неисправностей.	10. Репозиторий технической информации (справочники).
4. Планирование технического обслуживания.	11. Таблица перекрестных ссылок на Объект.
5. Информация для экипажа/эксплуатирующего персонала	12. Таблица перекрестных ссылок на технические условия.
6. Информация по иллюстрированному каталогу.	13. Контейнер.
7. Оценка боевых повреждений и ремонт.	14. Правила выполнения проекта.

# Логическая схема МД

SGML - стандартный обобщённый язык разметки

HTML и XML произошли от SGML. HTML — это приложение SGML, а XML — это подмножество SGML, разработанное для упрощения процесса машинного разбора документа

Для XML логическая схема МД определяется согласно XML-схеме или XML DTD. При использовании языка SGML логическая схема документа задается в DTD. Любой корректный SGML документ состоит из двух частей –

- DTD – формальное описание объектов, их атрибутов и связей

- Данные, в которых знаками разметки выделены объекты, объявленные в DTD

DTD/XML-Схема задают структуру содержимого МД и не влияют на его представление или вывод. То есть DTD определяет семантику модуля данных

# Язык Определений Типов Документов - Document type definition(DTD)

Логическую структуру XML-документа можно описать с помощью языка Определений Типов Документов. В DTD используется формальная грамматика, позволяющая определить как структуру документа, так и допустимые значения. При обработке документов, если с ними будут ассоциированы правила, оформленные на языке DTD, анализаторы могут проверять данные на их соответствие с описаниями, тем самым сигнализировать о наличие структурных ошибок в данных XML-документов. В DTD объявляются объекты

# Пример XML-документа с использованием DTD

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE note [
  <!ELEMENT note (to,from,heading,body)> --элемент note содержит
                                         --4 элемента
  <!ELEMENT to (#PCDATA)>               --элемент to должен
    иметь тип                           --"#PCDATA"
  <!ELEMENT from (#PCDATA)>
  <!ELEMENT heading (#PCDATA)>
  <!ELEMENT body (#PCDATA)> ]>
<note>
<to>Tove</to>
<from>Jani</from>
<heading>Reminder</heading>
<body>Don't forget me this weekend</body> </note>
```

# Существующие в России ИЭТР

- Arbortext ASD 1000D
- Technical Guide Builder
- ЭСАН
- Seamatica-ED
- Vdocumentation
- Нэотек Марин



# Technical Guide Builder

- TG- buider – модульный комплекс для разработки, сопровождения, изменений и публикации эксплуатационной документации
- Для подготовки разных видов ЭД (описательной, процедурно-технологической, каталогов и т.д.) в TGB предусмотрен набор специализированных программных приложений-редакторов. Использование высокоуровневых приложений позволяет инженерному составу разрабатывать ЭД, концентрируя свое внимание только на содержательной части ЭД, и не требует от пользователя глубоких знаний языков SGML/XML, что характерно при использовании имеющихся на рынке XML-редакторов.
- Класс создаваемого ИЭТР - 3-4

# Основные технологии разработки TGBuilder

- Разработка ЭД с помощью XML, SGML
- Использование Document type Defenition(DTD)
- Стандарт АЕСМА SE

Simplified English (SE) - это свод методик для написания технической документации, в основе которого лежат нормативная лексика и ограниченное количество грамматических правил.

- Разработка БД – ORACLE

# Пример ЭД, созданной по правилам АЕСМА SE

## Стандартное руководство

### 1.1.2 Технические характеристики

#### 1.1.2.1 Характеристики направленности

В РЛС используется активная фазированная приемо-передающая антенная решетка на передачу и прием. Конструктивно раскрыв антенны выполняется из квадратных секций полотна (СП) размером 8 x 8 излучателей (2,8 x 2,8) м, шаг излучателей – 0,35 м. В соответствии с требованиями ТТЗ конструкция РЛС дает возможность изменять характеристики в зависимости от предъявленных к станции требований для каждого конкретного места дислокации. Изменение характеристик достигается изменением комплектаций станции: антенны и приемного устройства станции. При этом вертикальный размер раскрыва остается постоянным и равен 22,4 м. Минимальный горизонтальный размер раскрыва равен 5,6 м. Величина этого размера может наращиваться с шагом 5,6 м до величины 44,8 м. Минимальное количество излучателей в антенне 1024 (16 секций полотна), максимальное - 64 x 128 = 8192 (128 секций полотна). На приём из каждой секции полотна формируются две аналоговые подрешётки. Сигналы с выхода подрешёток после усиления, преобразования по частоте и фильтрации оцифровываются. В цифре формируются приёмные адаптивные ДН от всего раскрыва антенны.

В соответствии с ТТЗ приняты следующие основные комплектации станции:

- малопотенциальная (МП)-16 секц. пол. 32 подрешётки;
- среднеспотенциальная (СП)-96 секц. пол. 192 подрешётки;
- высокопотенциальная (ВП)-128 секц. пол. 256 подрешёток.

## Руководство в TG Builder

### 1 Технические характеристики

#### 1.1 Характеристики направленности

В РЛС используется активная фазированная приемо-передающая антенная решетка на передачу и прием. Конструктивно раскрыв антенны выполняется согласно таблицы 1.

Таблица 1 Конструктивный раскрыв антенны

Характеристика	Значение
Квадратная секция полотна (СП)	8x8 излучателей (2,8x2,8)м
Шаг излучателя	0,35 м

В соответствии с требованиями ТТЗ конструкция РЛС дает возможность изменять характеристики в зависимости от предъявленных к станции требований для каждого конкретного места дислокации.

#### 1.2 Изменение характеристик

Изменение характеристик достигается изменением комплектаций станции: антенны и приемного устройства станции (таблица 2).

Таблица 2 Характеристики раскрыва антенны

Характеристика	Значение
Вертикальный размер раскрыва, const	22,4 м
Min горизонтальный размер раскрыва	5,6 м
Шаг наращивания величины горизонтального размера раскрыва	5,6 м
Max величина горизонтального размера раскрыва	44,8 м
Min количество излучателей в антенне	1024 (16 секций полотна)
Max количество излучателей в антенне 64x128	8192 (128 секций полотна)

На приём из каждой секции полотна формируются две аналоговые подрешётки. Сигналы с выхода подрешёток после усиления, преобразования по частоте и фильтрации оцифровываются. В цифре формируются приёмные адаптивные ДН от всего раскрыва антенны.

#### 1.3 Излучаемая мощность

Излучаемая мощность определяется размером используемого раскрыва антенны (таблица 3).

Таблица 3 Зависимость излучаемой мощности от комплектации станции

Характеристика	Значение
Выходная мощность излучателя (при скважности 2)	0,3 кВт
Средняя мощность излучения базовой РЛС	0,6144 мВт
Средняя мощность излучения малопотенциальной РЛС	0,3072 мВт
Средняя мощность излучения среднеспотенциальной РЛС	0,9215 мВт
Средняя мощность излучения высокопотенциальной РЛС	1,288 мВт

# АЕСМА SE и SGML

Пример неразмеченного текста

Жегалкин Иван Владимирович Петров Андрей  
Владимирович Введение в языки разметки 1989  
год Под языками разметки ....

Пример размеченного текста

```
<AUTHOR ID=1>Жегалкин Иван Владимирович</AUTHOR>  
<AUTHOR ID=2>Петров Андрей Владимирович</AUTHOR>  
<TITLE>Введение в языки разметки <TITLE>  
<DATE>1989 год </DATE>  
<CONTENT>Под языками разметки ....
```

# ЭСАН

- ЭСАН – экспертная система причин неисправности. Представляет из себя систему ИИ для:
- автоматизированного анализа причин неисправностей вызывающих отклонение в работе систем и оборудования самолёта и выработки рекомендаций по их устранению
- замены при решении задач экспертов в силу их недостаточного количества, недостаточной оперативности в решении задачи

Возможности –

- работать с системой без привлечения программистов (когнитолог или подготовленный эксперт создают базу знаний (БЗ), используя графический интерфейс);
- использовать конструкторскую и эксплуатационную документацию для обеспечения наглядности представления решений и объяснения выдаваемых системой рекомендаций;
- взаимодействовать со сторонними приложениями, обеспечивающими просмотр документации в требуемых форматах, например TG Browser (TG BUILDER);

# Основные технологии разработки ЭСАН

- В ЭСАН используется продукционная модель и подход ООП
- Инструмент создания БЗ – язык CLIPS

Продукционная модель (ПМ) знания — модель, основанная на правилах, позволяет представить знание в виде предложений типа «Если (условие), то (действие)».

Недостаток ПМ- при накоплении достаточно большого числа продукций они начинают противоречить друг другу.

# Фреймовая модель представления знаний

- Основным преимуществом фреймов как модели представления знаний является то, что она отражает концептуальную основу организации памяти человека, а также ее гибкость и наглядность.

# Формальная структура фрейма

Фрейм представляет знания, взаимосвязанные друг с другом, большинство из которых заданы по умолчанию.

Формальная структура фрейма имеет вид:

$$F[(N_1, V_1), (N_2, V_2), \dots, (N_n, V_n)]$$

Где

$(N_1, V_1)$  – первый слот фрейма

$N_1$  – имя первого слота

$V_1$  – значение первого слота

Значение слота может быть представлено последовательностью

$$\langle An_1, Av_1 \rangle, \dots, \langle An_n, Av_n \rangle; \langle Al_1 \rangle, \dots, \langle Al_n \rangle$$

Где:

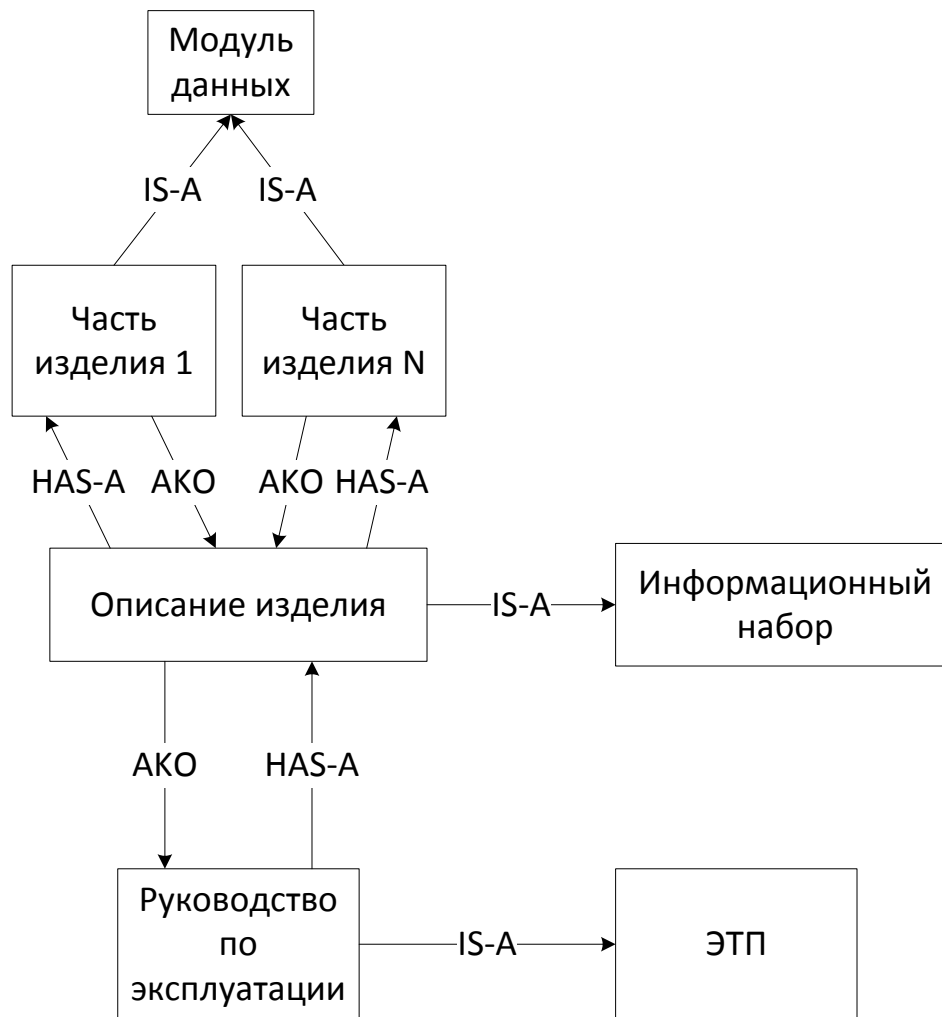
$An_1$  - имя атрибута первого слота

$Av_1$  - значение атрибута первого слота

$Al_1$  - ссылки на другие слоты других фреймов



# Представление ЭТП в виде семантической сети



# Представление кода модуля данных с помощью фреймовой модели

Слот	Атрибут
Код МД	YY A XX-YY-YY YX A XXX A A
Расширение кода МД	IF-NEEDED: процедура ADD_EXTENSION
Название МД	«Название»
Номер издания	(new,deleted,changed,revisited,status,rin state-status,rinstate-changed,rinstate- revisited)
Дата издания	A-KIND-OF Date
Язык	A-KIND-OF Language

# Список литературы

- Методические указания. Разработка и сопровождение технических публикаций, выполняемых по спецификации ASD s1000d[Текст]. – НИЦ CALS «Прикладная логистика» ,2010 – 163с.
- Д. Джарратано. Экспертные системы, принципы разработки и программирование [Текст]/ Д. Джарратано, Г. Райли. – 4-е изд. – Москва: Издательский дом «Вильямс»,2007. – 1148с.
- В.В. Бакаев. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия[Текст]: справочно-учебное пособие/ В.В. Бакаев, Б. В. Судов, В.А. Гомозов и др./Под ред. В.В. Бакаева. – Москва: Машиностроение-1, 2005. – 624с.
- Д.А. Назаров. Интеллектуальные информационные технологии[Электронный ресурс]:курс лекций/ Д.А. Назаров – Владивосток, 2010. – Режим доступа: <http://www.vvsu.ru/newddm/presentation/details/material/10182487/>, свободный.
- М.Р. Когаловский. Стандарты XML и электронные библиотеки[Электронный ресурс]/ М.Р. Когаловский –Новосибирск, 2003. – Режим доступа: [http://www.ict.edu.ru/ft/002338/stand\\_xml\\_rew.pdf](http://www.ict.edu.ru/ft/002338/stand_xml_rew.pdf) , свободный.
- ГОСТ Р 50.1.030\_2001. Интерактивные Электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных[Текст]. – Москва:ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 2001 – 32с.
- А.П. Частиков. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS.[Текст]. – 2003г