



OSTIS-2015

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Федотова А.В.*, Давыденко И.Т.**

** Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана,
г. Москва, Россия*

afedotova.bmstu@gmail.com

*** Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

ir.davydenko@gmail.com

В контексте интеллектуализации систем управления жизненным циклом сложной техники рассмотрена проблема управления знаниями о жизненном цикле. Главное внимание уделено структурированию и моделированию знаний о техническом обслуживании (на примере ТО самолета). Изложен онтологический подход к управлению знаниями, относящимися к техническому обслуживанию. Построена иерархическая структура онтологий ТО, разработаны онтологии нижнего уровня. На основе модифицированной многокритериальной классификации онтологий по Т.А.Гавриловой предложен вариант формализации технического задания на разработку онтологий.

Ключевые слова: интеллектуальные технологии, управление жизненным циклом, управление знаниями, база знаний, онтология, онтологическое моделирование, техническое обслуживание.

Введение

Основной стратегией производства XXI-го века является управление жизненным циклом (ЖЦ) сложной технической системы (СТС), который охватывает стадии проектирования, производства и эксплуатации. Модели ЖЦ выступают как метамодели для предприятий, которые объединяют их данные, процессы, организационные структуры и персонал в русле формирования компьютерно-интегрированных организаций [Stark, 2011].

Важнейшей стадией ЖЦ СТС является стадия эксплуатации, на основе которой реализуется, поддерживается и восстанавливается качество сложной технической системы, например, самолета. Эксплуатация включает этапы транспортировки и хранения СТС, ее ввода в действие и использования по назначению, технического обслуживания и ремонта. Развитие системного подхода к проблеме технического обслуживания предполагает изучение и моделирование этапа технического обслуживания (ТО) с позиции целостного ЖЦ.

Современными тенденциями построения систем управления ЖЦ являются их интеграция и интеллектуализация. Одним из предпочтительных вариантов разработки интеллектуальных систем

управления ЖЦ является использование массовой семантической технологии компонентного (модульного) проектирования [Голенков и др., 2011], [OSTIS, 2011]. Компонентное проектирование предполагает создание и постоянное расширение библиотек многократно используемых компонентов. Реализация единой технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем требует:

- обеспечения полной совместимости (интегрируемости) компонентов на основе их единого представления;
- разработки онтологий компонентного проектирования;
- определения и уточнения типологии таких компонентов (предметные онтологии, онтологии верхнего уровня, многократно используемые фрагменты баз знаний, интерфейсные компоненты и т.д.);
- создания языка спецификации многократно используемых компонентов;
- построения средств компьютерной поддержки синтеза интегрированных систем из имеющихся компонентов.

Словосочетание «семантическая технология» подразумевает, что разработка интеллектуальной системы опирается на ее онтолого-семантические или логико-семантические модели, т.е. формальные описания структуры и смысловых единиц

интеллектуальной системы (и всех ее компонентов) с помощью онтологий и логик. Достоинством такого подхода к проектированию является независимость системы от платформы, на которой она реализуется, т.е. разработав базовую семантическую модель интеллектуальной системы, мы имеем возможность ее реализации на различных платформах, существенно не изменяя при этом саму модель.

В данной работе проблема интеллектуализации управления ЖЦ СТС рассматривается в контексте включения в состав систем управления жизненным циклом подсистемы управления знаниями, циркулирующими на всех этапах ЖЦ (см. [Тарасов и др., 2014], [Jun et al., 2007]). При этом особое внимание уделяется знаниям, относящимся к стадии эксплуатации СТС, в частности, этапам технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Развивается онтологический подход к созданию и реализации открытых семантических технологий разработки прикладных интеллектуальных систем (с целью создания в дальнейшем интеллектуальной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом – см. также [Kargay et al., 2013]).

1. Управление знаниями на основе онтологического моделирования

1.1. Управление знаниями

Важнейшей подзадачей управления ЖЦ СТС является управление знаниями, циркулирующими на его этапах и стадиях. Управление знаниями на протяжении жизненного цикла – это инновационная стратегия предприятия, направленная на обмен знаниями, используемыми на разных этапах ЖЦ, получение новых и обновление существующих знаний, что позволяет сотрудникам лучше понимать друг друга, эффективно взаимодействовать и совместно решать их задачи [Попов, 2001], [Wiig, 1997]. В задачах управления знаниями на предприятии термин «знания» выступает и как ресурс, и как объект управления. В целом, он рассматривается в более широком смысле, чем в искусственном интеллекте.

Обычно информационные ресурсы предприятия включают структурированные базы данных, различные документы, неявные знания сотрудников. Управление знаниями означает создание единого информационного пространства предприятия и его постепенное превращение в пространство знаний [Хорошевский, 2008]. Это обеспечивает гибкий распределенный подход к генерации, сбору, представлению, пополнению, распространению, практическому использованию коллективных знаний предприятия и организации доступа к ним.

Существующие общие классификации знаний чаще всего строятся как дихотомии, например: индивидуальные – коллективные, эвристические – алгоритмические, явные (эксплицитные) – неявные (имплицитные), поверхностные (субъективные)

эвристические правила) – глубинные (теории, формальные модели).

Важнейшим аспектом управления знаниями на протяжении как всего ЖЦ СТС, так и его этапов является первоначальное структурирование знаний. Знания на предприятиях могут подразделяться по различным основаниям, например: 1) стадии и этапы жизненного цикла – проектные, производственные, эксплуатационные знания; 2) компоненты деятельности предприятия – знания о продуктах и услугах, о процессах и технологиях, об оборудовании и оснастке, об организационных структурах и персонале предприятия; 3) компоненты окружающей микросреды предприятия – знания о заказчиках, поставщиках, партнерах, конкурентах.

Следуя Т.А.Гавриловой [Гаврилова и др., 2001], предложившей оригинальную классификацию знаний, где тип знаний соотносится с видом профессиональной деятельности, проведем общее структурирование эксплуатационных знаний для решения задач ТО (табл. 1).

Таблица 1 – Виды знаний, циркулирующих в сфере технического обслуживания

№	Тип знания	Вид профессиональной деятельности
1	ЗАЧЕМ-знания	Стратегический анализ: назначение и функции системы ТО
2	СКОЛЬКО-знания	Экономический анализ: затраты на ТО требуемые ресурсы
3	ЧТО-знания	Концептуальный анализ: основные понятия ТО, отношения между ними, понятийная структура
4	КАК-знания	Функциональный анализ: гипотезы и модели, используемые при организации процедур и работ ТО
5	ПОЧЕМУ-знания	Причинно-следственный анализ, диагностика причин и определение соответствующих видов ТО
6	КОГДА-знания	Временной анализ: определение сроков и продолжительности проведения ТО
7	ГДЕ-знания	Пространственный анализ, определение места проведения ТО
8	КТО-знания	Организационный анализ, распределение функций в группе специалистов, выполняющих ТО

База знаний является ключевым компонентом интеллектуальной системы [Гаврилова и др., 2001]. Понятие базы знаний тесно связано с понятием предметной области. В [Голенков и др., 2011] семантическая структура базы знаний трактуется в рамках семантической технологии проектирования баз знаний интеллектуальных систем как иерархическая система взаимосвязанных между собой предметных областей.

Для построения иерархической структуры базы знаний необходимо в рамках предметной области явно указать класс исследуемых объектов, класс вторичных объектов, построенных на основе

исследуемых, класс вспомогательных объектов, через связи с которыми описываются некоторые характеристики исследуемых объектов. Также надо выделить отношения, связывающие исследуемые объекты между собой, а также отношения, которые связывают исследуемые объекты с вторичными и вспомогательными. Речь идет о построении систем онтологий.

1.2. Онтологии: определение, формализация, характеристики, виды

В информатике под онтологией понимается наглядное и формализованное описание структуры некоторой проблемной области (темы). Исходные теоретические представления об онтологиях и онтологическом моделировании изложены в работах [Gruber, 1993], [Guarino, 1995], [Гаврилова и др., 2001] [Добров и др., 2009], [Клещев и др., 2001]. Следуя Т. Груберу, мы рассматриваем онтологию как «спецификацию разделяемой разными людьми концептуализации» [Gruber, 1993]. По сути, построение онтологии обеспечивает формальное представление семантики.

В целом, онтологии отражают соглашения о единых способах построения и использования концептуальных моделей. Они выступают как удобный метод представления и повторного использования знаний, средство управления знаниями и обучения, способ достижения взаимопонимания в некотором сообществе специалистов (например, онтологии жизненного цикла СТС служат основой взаимопонимания между сотрудниками из разных подразделений машиностроительного предприятия) Пример онтологии жизненного цикла сложной технической системы в виде ментальной карты приведен в работе [Тарасов и др., 2014].

В плане отображения характеристик предметной области, формирование онтологии предполагает использование всех доступных моделей знаний, релевантных для данной области (рис. 1).

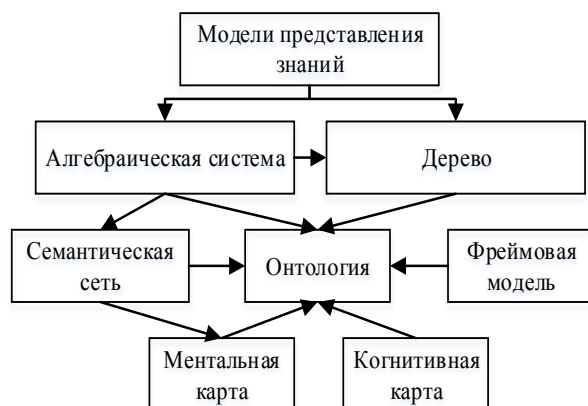


Рисунок 1 – Набор формализмов для представления онтологии

Современные онтологии строятся по большей части одинаково, независимо от языка описания. На

теоретико-множественном языке предметные онтологии задаются четверкой:

$$ONT_{CS} = \langle C, EX, AT, R \rangle, \quad (1)$$

где C – конечное множество понятий предметной области, EX – множество экземпляров, AT – семейство множеств атрибутов понятий (каждое понятие может описываться своим множеством атрибутов), R – конечное множество отношений между понятиями предметной области.

К сожалению, построение единственной понятной и согласованной предметной онтологии часто оказывается невозможным, поэтому обычно строят систему онтологий нижнего и верхнего уровня: на нижнем уровне наряду с предметной онтологией отдельно строятся онтологии задач и приложений, а на верхнем уровне – онтологии базовых категорий, встречающихся в разных предметных областях. Еще выше расположена *метаонтология* (т.е. онтология над онтологиями), которая выступает как основа выбора средств представления, слияния и интеграции онтологий. В нашей работе мы используем два различных вида метаонтологий: сингулярную и гранулярную [Тарасов, 2012]. Так применение сингулярной метаонтологии подразумевает выбор обычного языка теории ориентированных графов и деревьев для онтологии предметной области, а переход к гранулярной метаонтологии означает интервальный характер примитивов онтологии и ее визуализацию с помощью интервалов и гиперграфов. Гранулярные метаонтологии предполагают рассмотрение одних и тех же понятий онтологии на различных уровнях абстрактности. Таким образом, происходят семантизация и прагматизация онтологий.

Следует отметить, что в отечественной литературе два разных понятия – «онтологии верхнего уровня» и «метаонтология» – нередко смешиваются.

Вариант иерархической системы онтологий ТО, представлен на рис. 2. Здесь в качестве онтологии верхнего уровня выступает онтология жизненного цикла СТС.

Для классификации онтологий берут такие основания как цель создания, степень общности, содержимое, глубина проработки, вид базовых отношений и пр. Соответственно онтологии бывают простыми и многоуровневыми, легкими и весомыми, статическими и динамическими, сингулярными и гранулярными, и т.д. [Гаврилова, 2014], [Клещев и др., 2001], [Добров и др., 2009], [Плесневич, 2010], [Тарасов и др., 2012].

Одной из наиболее общих и удобных для постановки задач онтологического моделирования и оценки онтологий является недавно введенная Т.А. Гавриловой базовая классификация онтологий по общему признаку зависимости/независимости от предметной области и следующим 6 критериям:

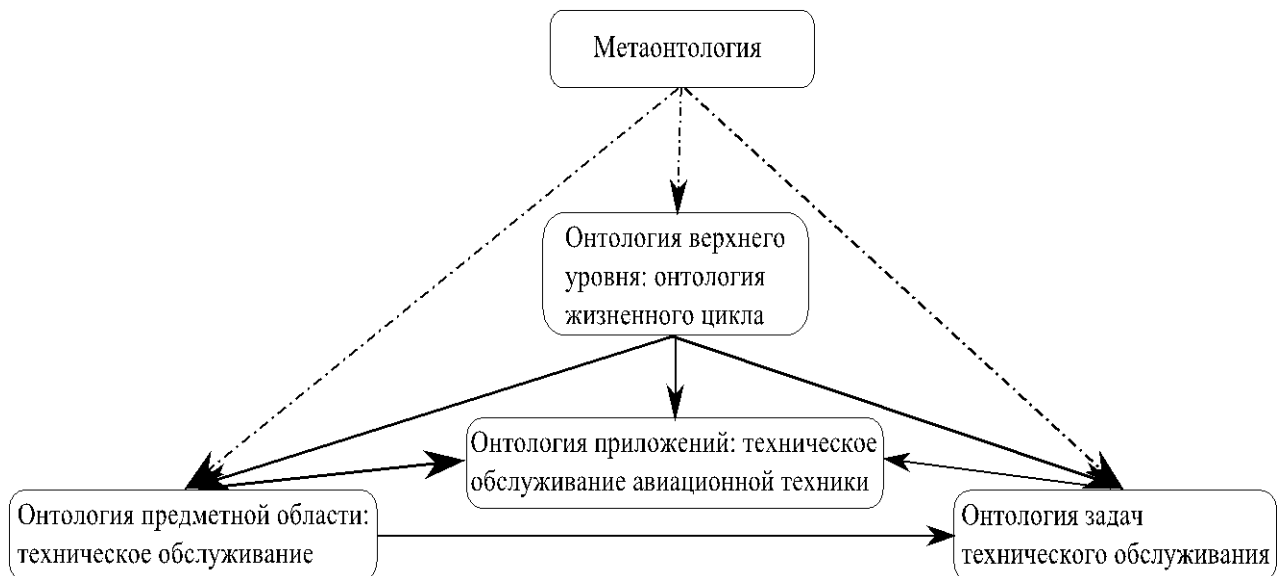


Рисунок 2. – Иерархическая система онтологий технического обслуживания

- Содержание (системная характеристика, определяемая целью построения онтологии, ее функциями, уровнями абстрактности понятий, наличием или отсутствием аксиоматики, логических средств интерпретации и рассуждений);
- Форма (системная характеристика, которая описывает язык представления, глубину онтологии, покрытие или объем, а также ее эргономические характеристики);
- Фокус (возможность постановки акцента на какой-либо ветви);
- Учет времени (наличие динамики);
- Новизна (оригинальность подхода);
- Ошибки (характеризуют синтаксис и семантику онтологии).

Эти шесть критериев позволяют строить набор субъективных классификаций для оценки практических онтологий с учетом их зависимости от предметной области:

- А – зависимые от предметной области,
- В – независимые от предметной области, и
- С – частично зависимые от нее онтологии..

Далее эту классификацию можно продолжить:

А – зависимые от предметной области

А.1– глубина.

А.1.1 – глубинные

А.1.2 – поверхностные (тезаурусы)

А.2 – покрытие (полнота)

А.2.1 – «полные»

А.2.2 – «фрагментарные»

А.3 – эргономичность

А.3.1 – наглядные, удобные для восприятия

А.3.2 – абстрактные

А.4 – корректность

А.4.1 – противоречивые

А.4.2 – непротиворечивые

А.5 – наличие логических средств поддержки

А.5.1 – с логическими средствами рассуждений

А.5.2 – без логических средств

А.6 – обобщенность

А.6.1 – преобладание общих понятий

А.6.2 – преобладание конкретных понятий

А.6.3 – смешанные

А.7 – фокус

А.7.1 – фокус на отдельных ветвях

А.7.2 – сбалансированные

А.8 учет времени

А.8.1 статические

В.8.2 динамические

В – независимые от предметной области

В.1 – новизна

В.1.1 – заимствованные

В.1.2 – оригинальные

В.2 – ошибки

В.2.1 – исправимые

В.2.2 – неисправимые

В.2.2.1 – ошибки синтаксиса

В.2.2.2 – ошибки семантики

В результате можно строить формулы нужных нам онтологий, например, задачу построения онтологии технического обслуживания самолета можно поставить следующим образом:

$A(1.2)(2.1)(3.1)(4.1)(5.2)(7.1)(8.2)$, т.е.

построить поверхностную, но полную, наглядную, динамическую онтологию без строгого анализа непротиворечивости и логических средств рассуждений с фокусом, например, на ветви «мероприятия технического обслуживания».

Нетрудно видеть, что онтологии нижнего уровня являются предметно зависимыми, а онтологии верхнего уровня и метаонтологии – частично или полностью независимыми от предметной области.

В следующем разделе мы подробнее изложим методику построения онтологий предметной области и задач технического обслуживания самолетов.

2. Онтологии предметной области и задач технического обслуживания (на примере ТО самолетов)

2.1. Основные понятия и атрибуты предметной области «Техническое обслуживание»

Построение онтологии предметной области начинается с определения списка и содержания основных понятий этой области. Онтологии ТО до сих пор остаются малоразработанными (одними из редких источников являются [Горюнова, 2009], Kargay et al., 2013]). Поэтому ниже рассмотрим основные понятия и атрибуты ТО и дадим необходимые определения.

К числу основных понятий в сфере технического обслуживания относятся: система ТО, объект ТО, вид ТО, процесс ТО, средства ТО, метод (способ) ТО, объем ТО, цикл ТО, программа ТО.

Система технического обслуживания и ремонта обеспечивает заданный уровень готовности СТС для использования по назначению и поддержанию/восстановлению ее работоспособности в процессе эксплуатации. Здесь главными критериями являются минимальные затраты времени, труда и денежных средств на ТОиР.

Согласно ГОСТ Р 53863-2010, система ТОиР представляет собой совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта, а также исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему. Объектом технического обслуживания (ремонта) называется сложная техническая система (например, самолет Ту-214), обладающая потребностью в операциях ТО и приспособленностью к выполнению этих операций.

В соответствии с компонентной методологией, будем определять онтологию четверкой (1). Здесь *понятия* (concepts) или *классы* (classes) – это абстрактные группы, совокупности или наборы объектов. Они могут включать в себя другие классы, экземпляры, либо же сочетания и того, и другого. Например, понятие-класс «летательный аппарат» включает в себя понятие «самолет». *Экземпляры* (instances) или *индивиды* (individuals) – основные, низкоуровневые компоненты онтологии. Здесь речь идет о конкретных самолетах или процедурах ТО (например, Ту-214, борт №41). Чем является понятие «самолет» – вложенным понятием, или экземпляром зависит от вида онтологии.

Атрибуты (свойства) задают специфическую для объекта информацию. Каждый атрибут имеет, по крайней мере, имя и значение и используется для хранения информации. Например, самолет Ту-214 имеет такие атрибуты, как: (название: Ту-214); (количество кресел: {210, 182, 170}); (двигатель: ПС-90А, 2 х 16000 кгс); (максимальная дальность полета: 6500 км). Основными атрибутами, системы ТОиР, являются объем, трудоемкость, стоимость периодичность работ. Эти атрибуты прямо влияют на эксплуатационные расходы и продолжительность эксплуатации СТС.

Отношения характеризуют зависимости между объектами онтологии. Различные отношения в онтологиях подразделяются на парадигматические (например, таксономические отношения, которые встречаются практически во всех предметных областях) и синтагматические (или ситуативные, отношения, встречающиеся в конкретных ситуациях в определенной предметной области).

Классификация видов ТО дана на рис. 3.



Рисунок 3 – Виды технического обслуживания

2.2. Онтология технического обслуживания

Построение онтологии ТО связано с такими справочниками как: справочник объектов, справочник свойств, справочник работ. Нами рассматривается трехуровневая иерархия понятий – «мероприятие», «процедура», «работа» – относящихся к ТО в целом и его компонентам (рис. 4). Мероприятие по техническому обслуживанию есть целенаправленная деятельность

(родовое понятие – объект верхнего уровня предметной онтологии), связанная с проведением определенных видов ТО. Оно включает набор повторяющихся форм (процедур) ТО, где процедура есть объект среднего уровня. В свою очередь процедура состоит из множества работ (объект нижнего уровня). У каждого компонента онтологии «Работа» есть свой набор свойств, которые часто зависят от свойств входящих в него компонентов.

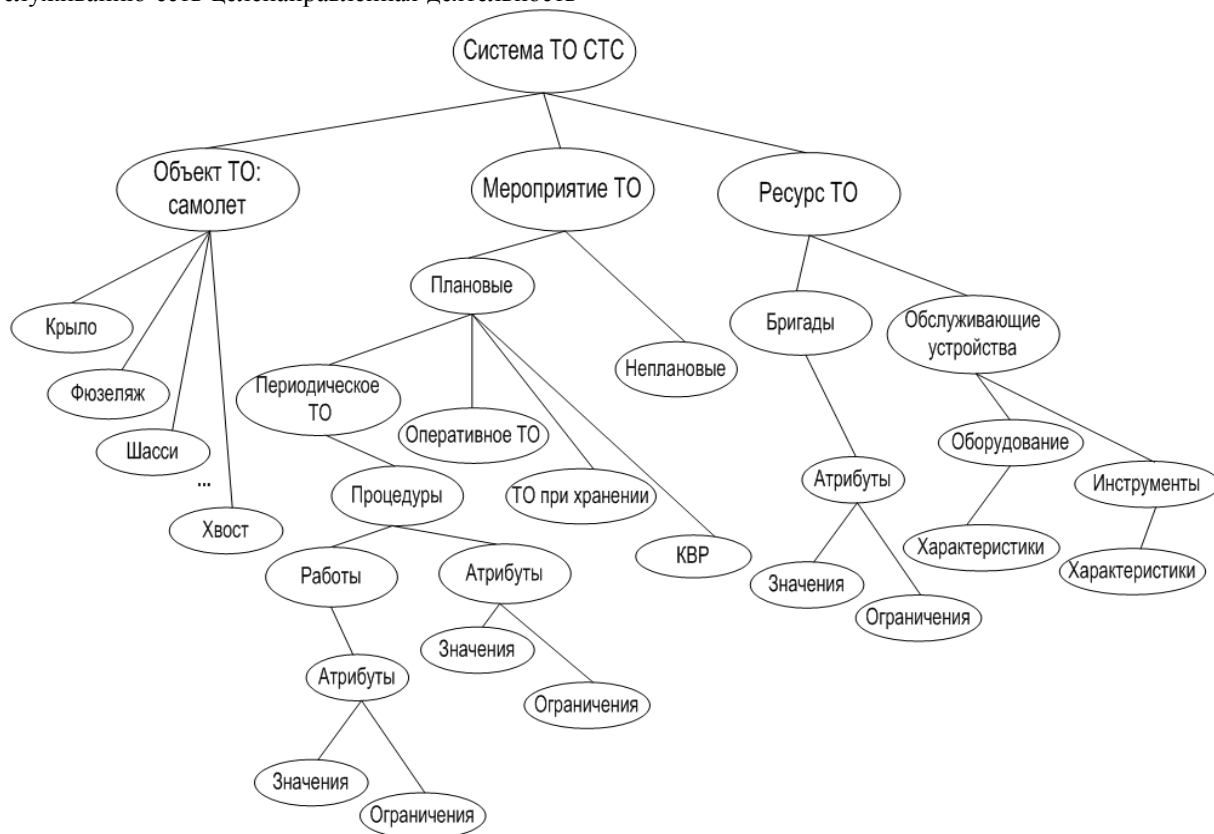


Рисунок 4 – Онтология верхнего уровня для технического обслуживания изделия

Ниже приведем фрагменты онтологии ТО авиационной техники как онтология приложения.

Объекты предметной области:

<ТО, Процедура, Работа, Оборудование, СТС>

Техническое обслуживание: ТО;

Множество процедур $ПР = \{ПР_1, ПР_2, \dots, ПР_n\}$;

Множество работ $РБ = \{РБ_1, РБ_2, \dots, РБ_k\}$;

Оборудование $ОБ = \{ОБ_1, ОБ_2, \dots, ОБ_g\}$;

СТС: $СТС = И$.

Объекты и их свойства:

Объект «ТО» имеет следующие свойства (атрибуты):

ТО.Трудоемкость,
ТО.Затраты;

Объект «ПР» имеет следующие свойства:

ПР.Трудоемкость,
ПР.Затраты,
ПР.Тип;

Объект «РБ» имеет следующие свойства:

РБ.Трудоемкость,
РБ.Затраты,
РБ.Тип,
РБ.Совместная_выполнимость;

Объект «И» имеет следующие свойства:

И.Кол-во_отказов,
И.Время_наработки_на_отказ,
И.Время_наработки,
И.Время_простоя;

Объект ОБ имеет следующие свойства:

ОБ. Время_наработки,
ОБ. Кол-во_отказов,
ОБ. Время_простоя,
ОБ. Время_наработки_на_отказ.

Перечень требований (ограничений) ТР:

{ТР}.Затраты_доп, {ТР}.Трудоемкость_доп,
{ТР}.Надежность, {ТР}.Время_простоя_макс,
{ТР}.Затраты_пр_мин, {ТР}.Затраты_пр_макс,
{ТР}.Трудоемкость_пр_мин,
{ТР}.Трудоемкость_пр_макс,
{ТР}.Время_наработки_макс,

{TP}.Время_наработки_мин,
 {TP}.Время_простоя_макс,
 {TP}.Время_простоя_мин,
 {TP}.Время_выполнения_макс,
 {TP}.Время_выполнения_мин,
 {TP}.Время_макс_м_раб.

На рисунке 5 а) и б) показаны структуры технического обслуживания с различной степенью детализации.

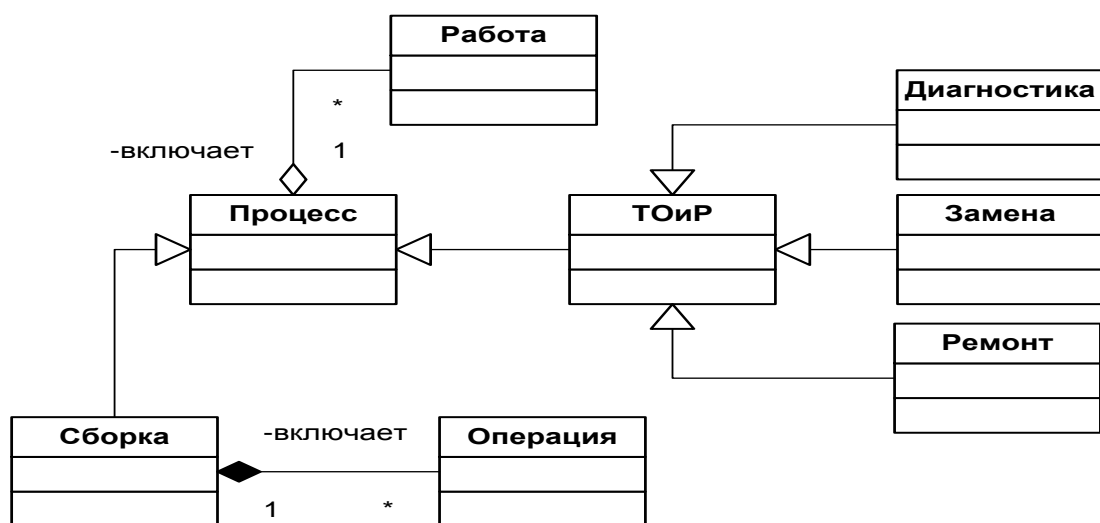
2.3. Онтология задач технического обслуживания

Онтология задач технического обслуживания связана с построением иерархии задач для различных процедур и работ ТО [Kargay et al., 2013].

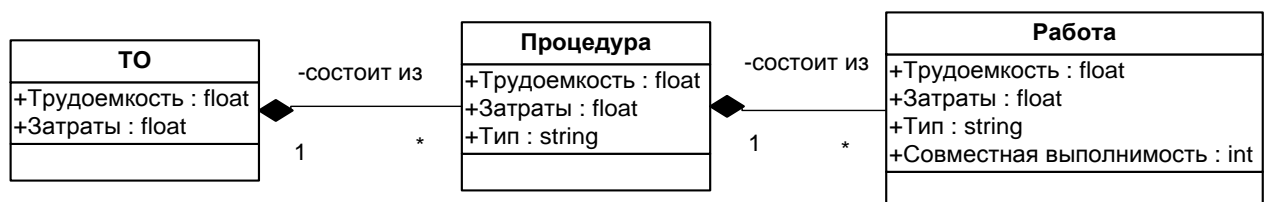
Например, при ТО самолета выполняются такие задачи как: осмотр, демонтаж, монтаж, очистка, диагностика, замена компонентов системы (рис. 6). Задачи технического обслуживания решаются, опираясь на руководства по технической эксплуатации, а также требования, правила, нормы и стандарты авиакомпаний, либо авиаремонтного предприятия. Для осуществления данных работ необходимы персонал, инструменты, расходные материалы и запасные части.

Каждую задачу ТО (работу) можно рассмотреть более детально, декомпозировав ее на операции. Проведем, например, декомпозицию задачи А.2 Демонтаж компонента системы.

В качестве компонента авиационной системы рассмотрим закрылок (рис. 7). Сначала необходимо отклонить закрылок в крайнее положение и убедиться, что он выпущен полностью, а затем сравить давление в гидросистемах и отключить электропитание самолета. Используя переносной светильник, стремянку и торцевой ключ, отвернуть болты и снять обтекатели опор закрылка. Далее следует отвернуть гайки болтов крепления рычагов редукторов-шарниров к качалкам, снять шайбы и вынуть болты опор закрылка. Затем вывести качалки закрылка из проушин балок корневой и концевой опор движением закрылка против направления полета и перпендикулярно оси вращения и снять закрылок. Потом положить осторожно закрылок на подготовленное место. Для проведения данных операций также необходимы вспомогательное оборудование и инструменты: ложемент (стеллаж) для хранения снятого закрылка, переносной светильник, стремянка, набор инструмента техника самолета, вставка для отвертки под болты крепления обтекателя, торцевой ключ для снятия переключки металлизации и силовая отвертка под ключ. Данные задачи решаются техническим персоналом, который руководствуется документацией по технической эксплуатации, а также требованиями, правилами, нормами и стандартами.



а)



б)

Рисунок 5 – Структурная схема технического обслуживания:
 а) общая схема в терминах диаграммы классов;
 б) фрагменты общей схемы и их свойства

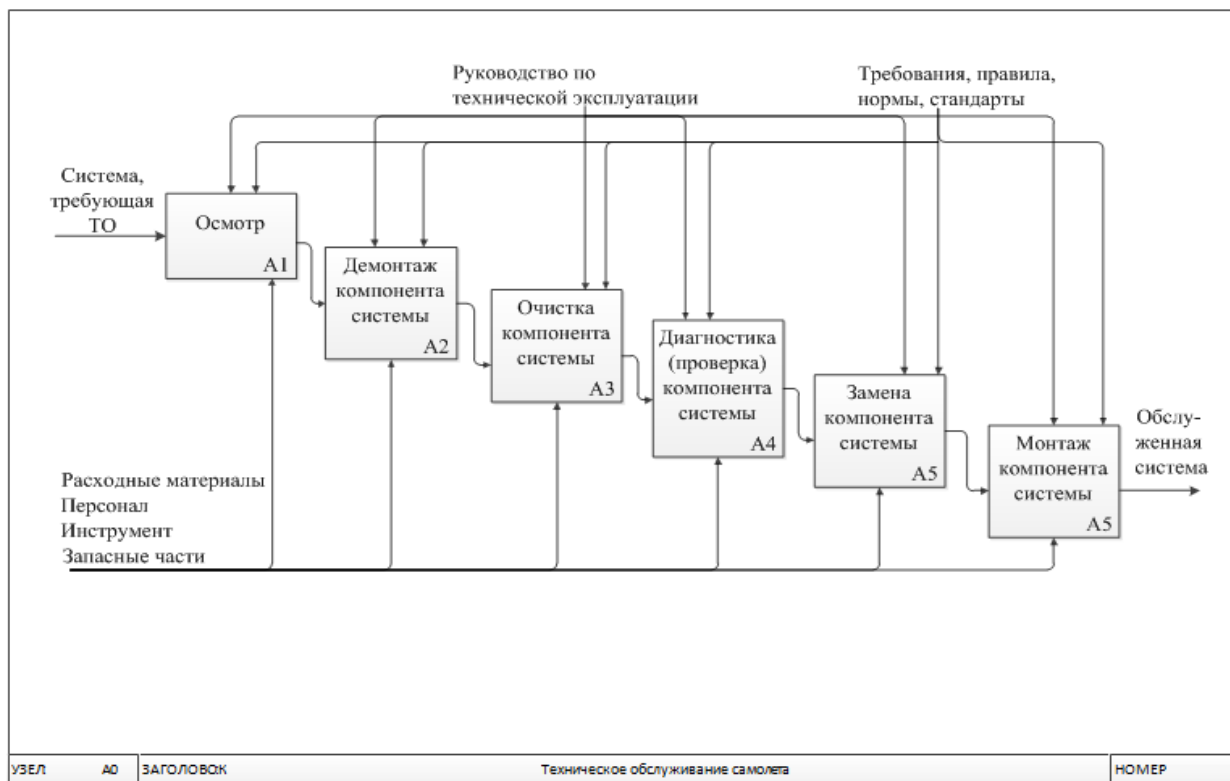


Рисунок 6 – Онтология задач технического обслуживания (диаграмма IDEF 0)

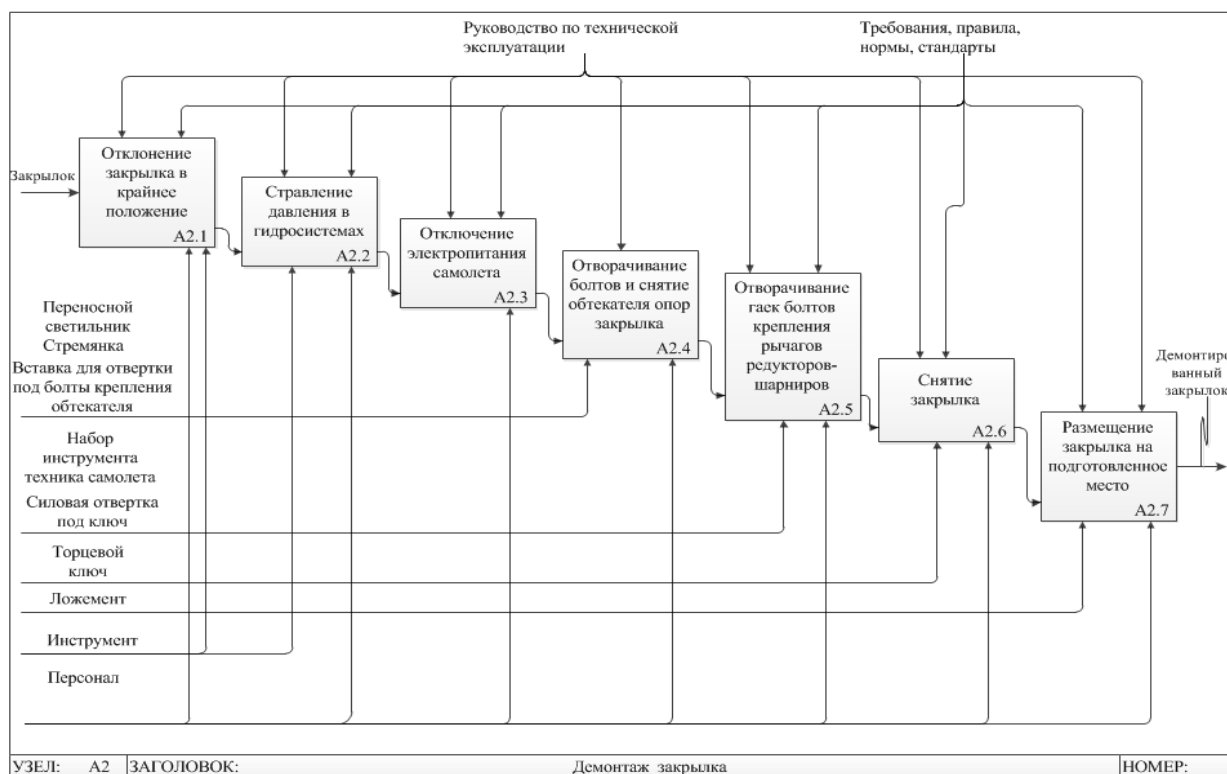


Рисунок 7 – Задачи демонтажа закрылка (диаграмма IDEF 0)

Заключение

В статье рассмотрен онтологический подход к созданию и реализации открытых семантических технологий для разработки интеллектуальной системы управления жизненным циклом сложной

техника. Главное место занимает онтологическое моделирование важнейшего этапа стадии эксплуатации СТС – технического обслуживания.

Дальнейшие перспективы работы связаны с разработкой интеллектуальной справочной системы (ИСС) в области управления жизненным циклом

сложной техники. К числу основных функций ИСС относятся [Давыденко, 2012]:

- обеспечение персонализированного интерфейса пользователя путем предоставления ему возможности навигации в семантическом пространстве предметной области;
- понимание и интерпретация различных вопросов пользователя, поиск необходимой информации и предоставление ее в удобной для пользователя форме;
- визуальная поддержка постановки и решения задач пользователя с помощью средств когнитивной и коммуникативной графики;
- анализ качества работы пользователя для формирования индивидуальной траектории его обучения.

Подобная система должна опираться на передовые компьютерные вопросно-ответные технологии и обеспечивать пользователю возможность задавать широкий спектр вопросов в предметной области. В частности, в ней следует построить наглядное отображение различных моделей жизненного цикла, прямых и обратных связей между различными стадиями и этапами ЖЦ, основных работ и процедур, выполняемых на конкретных этапах ЖЦ.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект №15-07-05623а «Интеллектуальные технологии управления жизненным циклом сложных технических систем».

Библиографический список

- [Голенков и др., 2011] Голенков, В.В. Принципы построения массовой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем/ В.В. Голенков, Н.А. Гулякина// Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы международной научно-технической конференции (OSTIS-2011, Минск, 10-12 февраля 2011 г.). – Мн.: Изд-во БГУИР, 2011. – С.21-59.
- [Гаврилова, 2003] Гаврилова, Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных информационных систем / Т.А. Гаврилова // Новости искусственного интеллекта, 2003, №2, С.24-30.
- [Гаврилова, 2014] Гаврилова, Т.А. Субъективная классификация предметных онтологий / Т.А. Гаврилова // Труды XIV-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (Казань, 24-27 октября 2014г.). – Т.3. – Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. – С.93-99.
- [Гаврилова и др., 2001] Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник/ Т.А. Гаврилова, В.Ф.Хорошевский. – СПб.: Изд-во «Питер», 2001/
- [Горюнова, 2009] Горюнова, В.В. Онтологический подход к проектированию систем технического обслуживания/ В.В. Горюнова// Автоматизация и современные технологии. 2009, №12, с.24-29.
- [Давыденко, 2012] Давыденко, И.Т. Комплексная методика проектирования семантических моделей интеллектуальных систем/ И.Т. Давыденко// Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы II-й международной научно-технической конференции (OSTIS-2012, Минск, 16-18 февраля 2012 г.). – Минск: Изд-во БГУИР, 2012. – С.457-466.
- [Добров и др., 2009] Добров, Б.В. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения/ Б.В. Добров, В.В. Иванов, Н.В. Лукашевич, В.Д. Соловьев. – М.: БИНОМ, 2009.

[Заливако и др., 2012] Заливако, С.С. Семантическая технология компонентного проектирования интеллектуальных решателей задач / С.С. Заливако, Д.В. Шункевич // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» – Минск, 2012

[Клещев и др., 2001] Клещев, А.С. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 1. Существующие подходы к определению понятия "онтология"/ А.С. Клещев, И.Л. Артемьева // Научно-техническая информация. Серия 2 "Информационные процессы и системы", 2001, № 2, с.20-27.

[Плесневич, 2011] Плесневич, Г.С. Анализ простых онтологий/ Г.С. Плесневич// Интеллектуальные системы. Коллективная монография/ Под ред. В.М. Курейчика. – М.: Физматлит, 2010. – С.206-221.

[Попов, 2001] Попов, Э.В. Корпоративные системы управления знаниями/ Э.В. Попов// Новости искусственного интеллекта, 2001, №1, с.14-25.

[Тарасов и др., 2012] Тарасов, В.Б. Гранулярные, нечеткие и лингвистические онтологии для обеспечения взаимопонимания между когнитивными агентами/ В.Б. Тарасов, А.П. Калущая, М.Н. Святкина// Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы II-й Международной научно-технической конференции (Минск, БГУИР, 16-18 февраля 2012 г.). – Минск: Изд-во БГУИР, 2012. – С.267-278.

[Тарасов и др., 2014] Тарасов, В.Б. Онтологии жизненного цикла сложной технической системы/ В.Б. Тарасов, А.В. Федотова, Н.В. Черепанов// Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы IV-й международной научно-технической конференции (OSTIS-2014, Минск, БГУИР, 20-22 февраля 2014 г.). – Минск: Изд-во БГУИР, 2014. – С.471-482.

[Федотова, 2013] Федотова А.В. Интеллектуальная система планирования технического обслуживания и ремонта оборудования в управлении жизненным циклом продукции высокого значения/ А.В. Федотова// Интеллектуальные системы и технологии: современное состояние и перспективы. Сборник научных трудов Международной летней школы-семинара по искусственному интеллекту для студентов, аспирантов и молодых ученых (Тверь – Протасово, 1-5 июля 2013 г.) – Тверь: Изд-во ТвГТУ, 2013. – С.153-161.

[Хорошевский, 2008] Хорошевский, В.Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web (Часть 1) / В.Ф. Хорошевский // Искусственный интеллект и принятие решений, 2008, № 1, с.80-97.

[ЭЗОП, 2007] Web-сервер онтологий системы ЭЗОП [Электронный ресурс]. Минск., 2010. – Режим доступа: <http://ezop-project.ru/drupal5/>. – Дата доступа: 14.11.2011.

[Gruber, 1993] Gruber, T.R. A Translation Approach to Portable Ontologies/ T.R. Gruber// Knowledge Acquisition, 1993, vol.5, №2, p.199-220.

[Guarino, 1995] Guarino, N. Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation/ N. Guarino// International Journal of Human-Computer Studies, 1995, vol.43, №5-6, p.625-640.

[Jun et al, 2007] Jun, H.B. A Primitive Ontology Model for Product Lifecycle MetaData in the Closed-Loop PLM/ H.B. Jun, D. Kiritsis, P. Xirouchakis// Enterprise Interoperability II. New Challenges and Approaches/ Ed. by R.J. Goncalves, J.P. Muller, M. Mertins. M. Zelm. – Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. – P.729-740.

[Karray et al., 2013] Karray, M.H. A Formal Ontology for Industrial Maintenance/ M.H. Karray, B. Chebel-Morello, N. Zerhouni // Applied Ontology, 2012, vol.7, №3, p. 269-310.

[OSTIS, 2011] Проект OSTIS [Электронный ресурс]. Минск, 2011. – Режим доступа: <http://ostis.net/>. – Дата доступа: 11.12.2011.

[Stark, 2011] Stark, J. Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realization, 2nd ed. – London: Springer-Verlag, 2011.

[Wiig, 1997] Wiig, K. Knowledge Management: An Introduction and Perspective/ K. Wiig// Journal of Knowledge Management, 1997, vol.1, №1, p.6-14.

ONTOLOGICAL MODELING OF MAINTENANCE

Fedotova A.V. *, Davydenko I.T. **

** Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia*

afedotova.bmstu@gmail.com

*** Belarusian State University of Informatics and
Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

ir.davydenko@gmail.com

The problem of lifecycle knowledge management is considered in the context of making intelligent product lifecycle management (PLM) systems. A special attention is paid to structuring and modeling knowledge related to maintenance stage (by using an example of aircraft maintenance). An ontological approach to maintenance knowledge management is developed. A hierarchical structure of maintenance ontologies is built, low-level ontologies are designed. A variant of formal specification of requirements for ontology development is suggested on the basis of a modified Gavrilova's multi-criteria ontology classification. .

Introduction

The main strategy of XXI-st century enterprise is to manage the lifecycle (LC) of complex technical systems (CTS), which covers the stages of design, production and use. Here any LC model may be viewed as a meta-model that integrates enterprise data, processes, organizational structures and personnel to enable the formation of computer-integrated organizations.

The most important stage of lifecycle is the stage of use where the quality of complex technical systems, such as aircraft, is implemented, maintained and restored.

Modern trends in lifecycle management systems consist in developing integrated intelligent systems. One of the preferred choices for the development of intelligent product lifecycle management systems is the adoption of mass semantic technology of component (modular) design.

In this paper, the problem of building intelligent PLM systems is considered in the context of incorporating into PLM system the knowledge management subsystem, where any knowledge circulating at all stages of lifecycle is taken into consideration. In particular, maintenance knowledge that pierces through the use stage is of primary concern.

Main Part

The important aspect of knowledge management throughout the lifecycle of CTS and all its stages is the initial structuring of knowledge. Knowledge in enterprises can be classified by various criteria, such as: 1) the stages and phases of the lifecycle – design, production, use knowledge; 2) the components of enterprise activities – the knowledge on the products

and services, processes and technologies, equipment and accessories, organizational structure and personnel; of the enterprise; 3) the components of the enterprise microenvironment – knowledge about customers, suppliers, partners, competitors.

The paper gives a general structuring of maintenance knowledge depending on professional activities.

The knowledge base is a key component of any intelligent system. A semantic structure of knowledge base is closely related to a hierarchy of ontologies. Since the construction of a single clear and coherent ontology is often impossible, we need to consider low and upper level ontologies as well as a meta-ontology. In this paper the main attention is paid to low level maintenance ontologies such as domain ontology, tasks ontology, application ontology. The pluralism principle for ontological languages is formulated.

A useful modification of Gavrilova's multi-criteria ontological classification is discussed in the context of specifying formal requirements for ontologies. Main concepts and attributes of maintenance domain are analyzed. Some examples of tasks ontologies and application ontologies in case of aircraft maintenance are considered.

Conclusion

Some basic problems of constructing intelligent PLM systems are faced. The concept of lifecycle knowledge management based on open semantic technologies is viewed as the core of intelligent PLM. An ontological approach to the creation and implementation of open semantic technologies for the development of intelligent PLM systems is discussed. Nowadays the problem of ontological modeling of CTS's use stage still remains open (to compare with design and production stages of LC). Our paper is focused on a very important maintenance phase that is crucial for the use stage. The hierarchical system of maintenance ontologies is suggested that is the first step on the way to intelligent maintenance consulting systems.