

УДК 658.512

# Разработка метода формирования библиотек экземпляров проектных решений на базе онтологии для применения концепции повторного использования на производстве

© Авторы, 2020

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2020

**Н.Н. Войт** – к.т.н., доцент, зав. лабораторией инновационных виртуальных технологий проектирования и обучения департамента научных исследований и инноваций, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: n.voit@ulstu.ru

**С.Ю. Кириллов** – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: kirillovsyu@gmail.com

**С.И. Бригаднов** – к.т.н., мл. науч. сотрудник, Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: sergbrig@yandex.ru

**М.Е. Уханова** – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: mari-u@inbox.ru

**С.И. Бочков** – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: bochkovski@ido.ulstu.ru

**Д.С. Канев** – к.т.н., начальник научно-технического отдела ИДДО, Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: dima.kanev@gmail.com

## Аннотация

**Постановка проблемы.** В настоящее время во многих проектно-конструкторских подразделениях отечественных предприятий используются технологии производства с использованием автоматизированных систем трехмерного моделирования изделий. Системы автоматизированного проектирования (САПР) стали неотъемлемой частью работы конструкторов и проектировщиков. Современные производства накопили большой опыт решений определенных проектных задач, которые необходимо систематизировать и сохранять для повторного использования на производстве. При этом возможность повторного использования проектных решений на предприятиях является важной задачей, имеющей большое практическое значение. Правильно систематизированные и накопленные проектные решения формируют проектные знания, которые могут быть представлены как библиотеки экземпляров проектных решений на базе онтологии.

**Цель.** Рассмотреть основные подходы, методы и средства систематизации и накопления проектных решений, выполненных с использованием средств САПР, с целью повторного использования на производстве.

**Результаты.** Предложена онтологическая модель предметной области САПР для решения задач по накоплению и управлению проектными знаниями. Разработан новый метод формирования библиотек экземпляров проектных решений, позволяющий сохранять и модифицировать проектные решения с учетом новых проектных задач. Построен алгоритм формирования и заполнения библиотеки экземпляров проектных решений, выполненных в САПР КОМПАС.

**Практическая значимость.** Новый метод позволяет сформировать историю построения трехмерной модели, выделить ключевые параметры и характеристики проектного решения, сохранить сформированный шаблон в библиотеку экземпляров проектных решений с целью повторного использования проектировщиками в процессе конструирования промышленных изделий при помощи средств САПР.

## Ключевые слова

САПР, онтология, проектные решения, библиотека экземпляров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01417.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730032.

Исследование поддержано грантом Министерства образования и науки РФ, проект № 2.1615.2017/4.6.

DOI: 10.18127/j20700814-202001-04

## Введение

Проектная деятельность предприятия в современных условиях использует как системы автоматизированного проектирования (САПР), так и автоматизированные системы управления и накопления знаний. В результате проектной деятельности рождаются проектные решения, которые необходимо систематизировать и накапливать для повторного использования в производстве. Эффективность повторного использования проектных решений направлена в первую очередь на сокращение сроков выполнения конструкторско-технологической подготовки производства, которое основано на автоматизации этапов

проектирования технической документации, внедрении систем хранения и управления знаниями, выполняемых в едином информационном пространстве. Для решения задач по накоплению и управлению знаниями используются онтологические базы знаний. Основной целью разработки библиотеки экземпляров проектных работ на базе онтологии является систематизация информации об изделии и его составных частях, его характеристиках, требованиях или параметрах для дальнейшего использования при (глубокой) модернизации настоящих изделий и проектировании новых на их основе.

Таким образом, для улучшения проектной деятельности предприятия онтологическая база проектных решений должна содержать библиотеки экземпляров проектных решений, выполненных в САПР, иметь методы систематизации проектной информации и позволять обмениваться такой информацией с другими программами, представленными в линейке САПР. Если проектировщик базы проектных решений планирует ее пополнение новыми экземплярами проектных решений, то для этого важно сначала систематизировать содержание базы проектных знаний. Первым этапом такой работы будет разработка семантической модели изделия на основе онтологии [11]. Вторым этапом будет разработка метода формирования библиотек экземпляров проектных решений. Следующим же этапом будет интеллектуальный поиск проектных решений по заданным параметрам, который будет рассмотрен в дальнейших работах.

**Ц е л ь р а б о т ы** – рассмотреть основные подходы, методы и средства систематизации и накопления проектных решений, выполненных с использованием средств САПР, с целью повторного использования на производстве.

### Обзор подходов

В настоящее время применяются несколько классов моделей знаний, которые иллюстрируют представление знаний как формализацию информации. Каждый класс модели знаний формализует информацию о проектном решении в виде знаний, на которые ссылаются или которые используют в процессе проектирования в соответствии с определенными структурными правилами. Основными моделями знания являются: *логические, фреймовые, сетевые, объектно-ориентированные, онтологические*.

В *логических моделях* представление знаний происходит в виде множества заданных формул для формального описания системы. Каждая формула относится к системе аксиом и должна выполнять требования непротиворечивости, независимости и полноты. Гильберт Д. [1] предложил четыре аксиомы, которым должны удовлетворять указанные требования. Однако логика высказываний как самостоятельная модель знаний подходит только для описания связей между высказываниями, которые рассматриваются как единое целое.

Впервые понятие *фреймовой модели* было введено М. Минским [2] как структура знаний для решения задач с пространственными сценами с распознаванием образов и пониманием речи. Сильной стороной фреймовой модели является ее наглядность, гибкость, однородность, высокая степень структуризации знаний, а также интеграция декларативных и процедурных знаний. Вместе с тем, для фреймовой модели характерны сложность управления выводом и низкая эффективность его процедур [3].

*Сетевая модель* знаний отображает более общий способ представления знаний, в котором рассматривается множество совокупных объектов и связанные с ними отношения. При практическом применении семантических сетей для представления знаний важным моментом является унификация типов объектов и отношений между ними. Основное преимущество заключается в том, что модель приближена к представлениям о структуре долговременной памяти человека [4]. Вместе с тем, для нее характерны неоднозначность представлений знаний и связей, а также сложные процедуры вывода на семантическую сеть.

*Объектно-ориентированная модель* знаний используется в современных технологиях разработки программных средств и информационных систем. Основным достоинством объектно-ориентированной модели знаний является возможность отображения информации о сложных взаимосвязях объектов. Недостатками являются высокая понятийная сложность, неудобство обработки данных и низкая скорость выполнения запросов.

*Онтологии* позволяют формировать модели знаний, связывая декларативные описания и определения. Выделяют следующие основные требования экспертов в прикладных областях к средствам построения онтологии [5]: близость языка к профессиональному языку эксперта базы знаний; возможность использования введенных знаний для решения большинства предметных задач и формирования новых на основе существующих; возможность добавления новых языковых конструкций, которые появляются в конкретной базе знаний. Разработчик онтологий вынужден решать множество проблем [6], как типовых, возникающих во время проектирования и имеющих известные способы решения, так и специфических, решение которых зависит от конкретной предметной области (ПрО).

В [7] исследуется применение онтологий в программной инженерии с использованием гибкого подхода. Авторами реализована OWL-онтология, выполняющая рассуждения о требованиях к про-

граммному продукту. Сами требования представлены в виде пользовательских историй, написанных на естественном языке. В свою очередь, пользовательские истории включают в себя роль пользователя, достигаемую цель, ценность для пользователя и критерий приемки.

Каждая онтологическая база знаний направлена на решение задач выделенной ПрО. В данной работе предложено формирование семантической модели изделия и его организационно-технических компонентов на основе онтологии. Формирование семантической модели происходит с использованием метода извлечения неструктурированных данных разных форматов, документов и объектов PDM-системы, выполненного в линейке специализированных САПР. Под организационно-техническими компонентами в настоящей работе будем понимать техническое задание, технические требования, техническую документацию и информацию о проектном решении.

### Разработка онтологической модели предметной области

В ПрО выделим три уровня взаимодействия: 1) уровень концептуальной схемы; 2) уровень представления проектных решений; 3) практический уровень.

*Уровень концептуальной схемы* состоит из множества компонентов конструкторского проектирования. *Уровень представления проектных решений* представляет собой накопление и систематизацию знаний ПрО в виде онтологии. *Практический уровень* включает в себя методы использования накопленных знаний конструкторского проектирования в работе проектировщика.

В качестве метода использования накопленных знаний подразумевается структурно-параметрический анализ проектных решений САПР, позволяющий трансформировать по поисковым параметрам запрос в онтологическую базу проектных решений.

В ПрО определены следующие классы: техническое задание на разработку сложного технического изделия; график работ; разработчики; технические требования; проектные характеристики; детали и сборочные единицы; техническая документация и информация.

Онтология ПрО имеет вид  $O\_PrO = (PrO, T, R, F)$ , где

$PrO = \{proj_i | i = 1 \dots x\}$  – множество проектных решений САПР;

$T$  – термины ПрО, которую описывает онтология. Множество таких терминов представлено в виде следующей модели:  $T = \{Class, Obj\}$ , где  $Class = \{TZ, G, P, TT, PH, DSE, D\}$  – множество классов онтологии ( $TZ$  – техническое задание,  $G$  – график работ,  $P$  – разработчики,  $TT$  – технические требования,  $PH$  – характеристики проектного решения САПР,  $DSE$  – детали и сборочные единицы,  $D$  – документация), при этом у класса  $DSE$  определен слот «является частью сборки», который имеет значение «истина» или «ложь»;  $Obj$  – множество объектов классов онтологии ПрО;

$R$  – множество отношений между объектами классов онтологии:

$R = \{Rhas, Rdefine, Rconsist, Rbased, R affect, Rinst, Rdevel, Rto dev\}$ ,

где  $Rhas$  – бинарное отношение «имеется в», имеющее семантику «available in» и связывающее объекты классов онтологии  $PH$  с объектами класса  $DSE$ ;  $Rdefine$  – бинарное отношение «определяет», имеющее семантику «define» и связывающее объекты класса  $TT$  с объектами класса  $TZ$ ;  $Rconsist$  – бинарное отношение «содержится в», имеющее семантику «consist in» и связывающее объекты классов онтологии  $D$  и  $DSE$  с объектами класса  $DSE$ ;  $Rbased$  – бинарное отношение «на основании», имеющее семантику «based on» и связывающее объекты класса онтологии  $TZ$  с объектами класса  $D$ ;  $R affect$  – бинарное отношение «влияет на», имеющее семантику «affect on» и связывающее объекты классов онтологии  $G, TT$  с объектами классов  $TZ$  и  $DSE$ ;  $Rinst$  – бинарное отношение «установлен», имеющее семантику «established» и связывающее элемент ПрО «Согласующие подписи» с объектами класса онтологии  $D$ ;  $Rdevel$  – бинарное отношение «разработан», имеющее семантику «developed by» и связывающее объекты классов онтологии  $G, TZ, D$  с объектами класса онтологии  $P$ ;  $Rto dev$  – бинарное отношение «на разработку», имеющее семантику «to\_develop» и связывающее объекты класса онтологии  $G$  с объектами классов онтологии  $DSE$  и  $D$ ;

$F$  – множество интерпретирующих функций онтологии:

$F = (Fdse\_op, Fdse\_ph, Fdse\_cl, Fdse\_tt, Fdse\_doc, Fg\_tz)$ ,

где  $Fdse\_op: DSE \rightarrow \{Operation\}$  – функция отображения объекта класса  $DSE$  на множество проектных операций САПР;  $Fdse\_ph: \{DSE\} \rightarrow \{PH\}$  – функция отображения характеристик проектного решения САПР;  $Fdse\_cl: DSE \rightarrow \{Class\}$  – функция определения класса проектного решения сложного технического изделия САПР;  $Fdse\_tt: \{DSE\} \rightarrow \{TT\}$  – функция соответствия данных и числовых характеристик объекта класса  $DSE$  объектам класса  $TT$ ;  $Fdse\_doc: \{DSE\} \rightarrow \{D\}$  – функция отображения документации проектных решений САПР;  $Fg\_tz: \{G\} \rightarrow \{TZ\}$  – функция формирования технического задания согласно составленному графику работ.

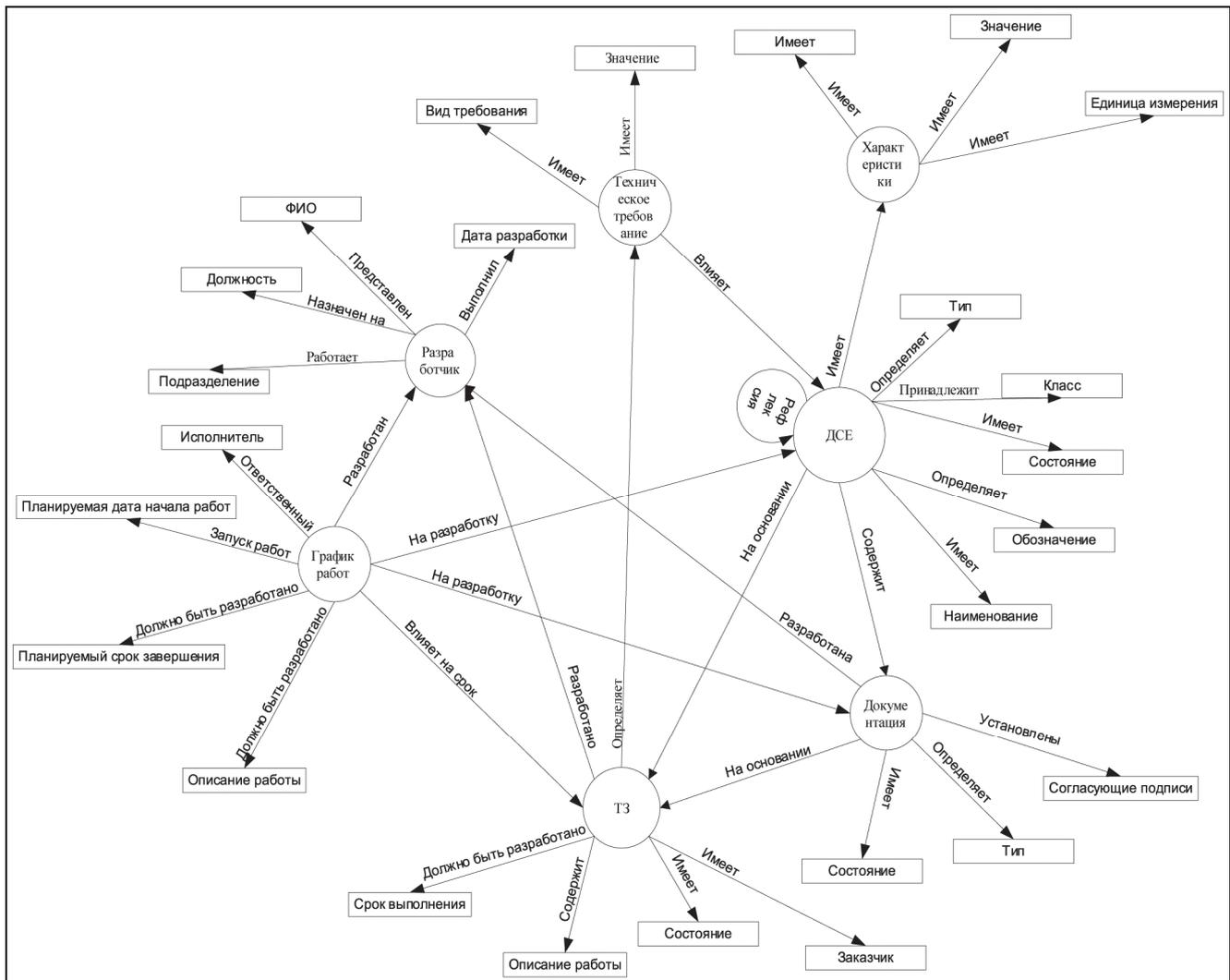


Рис. 1. Представление проектного решения в виде семантической сети на основе онтологии  
 Fig. 1. Presentation of design solutions in the form of an ontology-based semantic network

Пример предлагаемой онтологической модели ПрО в виде семантической сети представлен на рис. 1. Основным преимуществом предложенной модели является систематизация информации о сложном техническом изделии, спроектированном средствами САПР [8]. Такое представление проектного решения в виде семантической модели на основе онтологии позволяет провести структурно-параметрический анализ изделий САПР [9, 10] согласно заявленным в техническом задании требованиям и проектным характеристикам.

### Разработка метода формирования библиотек экземпляров проектных решений

Сущность метода заключается в создании библиотеки экземпляров проектных решений САПР и модификации их с учетом новых проектных задач с применением концепции повторного использования [12]. Для формирования библиотеки экземпляров проектных решений САПР используются шаблоны построения проектных решений, под которыми понимается множество вариантов построения трехмерной твердотельной модели машиностроительного изделия с помощью проектных операций, выполненных проектировщиком в САПР. При этом шаблон построения также включает в себя параметры последовательных проектных операций и их взаимосвязанность.

Модель библиотеки экземпляров проектных решений имеет следующий вид:

$$Library = \{id, pro_i, template\},$$

где  $id$  – идентификатор проектного решения САПР;  $pro_i \in PrO$  – проектное решение САПР;  $template \in Templates$  – шаблон построения проектного решения  $pro_i$ .

Множество таких шаблонов построения проектного решения, выполненного в САПР, представлено в виде следующей модели:

$$Templates = \{O\_PrOi, Operations, OperationType, Params, F\_historyDSE\},$$

где  $O\_PrOi$  – онтологическое представление  $i$ -го проектного решения, выполненного в САПР, которое включает в себя  $DSE$  – множество деталей и сборочных единиц (ДСЕ), входящих в сборку конечного изделия;  $Class$  – множество классов проектных решений (например, втулка, винт, шайба и др.);  $Operations$  – множество проектных операций твердотельного моделирования ДСЕ в САПР;  $OperationType$  – множество типов проектных операций (например, выдавливание, скругление, наклон, вращение и др.);  $Params$  – множество параметров и числовых характеристик проектных операций;  $F\_historyDSE = Operations \times OperationType \times Params \rightarrow l\_buildHistory$  – функция формирования истории построения проектного решения в виде последовательности проектных операций, выполненных проектировщиком в ходе конструирования в САПР.

Такое представление модели шаблонов построения проектных решений позволяет сформировать историю построения трехмерной модели [13], выделить ключевые параметры и характеристики проектного решения, сохранить сформированный шаблон в библиотеку экземпляров проектных решений с целью повторного использования проектировщиками в процессе конструирования промышленных изделий при помощи средств САПР. В качестве основного программного средства проектирования выбрана САПР КОМПАС, являющаяся одним из основных пакетов проектирования промышленных изделий на отечественных предприятиях, особенно на предприятиях оборонно-промышленного комплекса.

Авторами разработан алгоритм формирования и заполнения библиотеки экземпляров проектных решений, выполненных в САПР, на базе разработанной онтологической модели ПрО, который состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Начало работы, открытие проектного решения в САПР.

Шаг 2. Формирование списка активных ДСЕ, входящих в сборку конечного изделия. ДСЕ будем ассоциировать с открытым в САПР КОМПАС проектным решением *docs*:

```
KompasAPI7.Documents docs = (Manager.kompas.ksGetApplication7() as KompasAPI7.IApplication).Documents; // список деталей, входящих в сборку
int max = docs.Count; // число деталей
```

Шаг 3. Формирование множества элементов дерева модели и параметров ДСЕ. Элемент дерева модели ассоциируется с переменной *topPart*, а параметры ДСЕ – с массивом *s\_param*:

```
ksPart topPart = doc.GetPart((short)Part_Type.pTop_Part) as ksPart; // объект ДСЕ
name_file = Path.GetFileName(topPart.fileName); // название детали
ksVariableCollection vr = topPart.VariableCollection() as ksVariableCollection; // коллекция параметров и характеристик
int numpart = vr.GetCount(); // число параметров
string[] s_param = new string[numpart]; // массив параметров
```

Шаг 4. Формирование истории построения проектного решения, установка взаимосвязей между элементами дерева модели:

```
Part p = new Part(topPart, Manager.treeManager); // активная ДСЕ
Node node = p.GetNode(); // получение элемента ДСЕ
Manager.lastAsctiveNode = node; // последний активный элемент ДСЕ
TreeNode tn = tvNode.Nodes.Add(Manager.lastAsctiveNode.ToString()); // добавление активного элемента ДСЕ в историю построения
tn.Tag = Manager.lastAsctiveNode;
Manager.BuildNodeTree(tn.Nodes, Manager.lastAsctiveNode.ListNode); // установка взаимосвязи между элементами ДСЕ
Model.Instance.LoadNode(Manager.lastAsctiveNode); // формирование истории построения проектного решения
```

Шаг 5. Извлечение параметров и характеристик для каждого элемента истории построения ДСЕ. Параметры и характеристики ДСЕ извлекаются по индексу в переменную *univar* и заносятся в массив *s\_param[i]*:

```
private void params_to_file(int numpart, string path, ksVariableCollection vr, string[]
s_param, string name_file, string result_file, string material) {
WriteTextAsync("\r\n", result_file, path);
WriteTextAsync("Для детали --- " + name_file + " --- выделены следующие параметры:
\r\n", result_file, path);
WriteTextAsync("Материал - " + material + " \r\n", result_file, path);
for (int i = 0; i < numpart; i++) {
ksVariable univar = vr.GetByIndex(i) as ksVariable; // параметр по индексу
s_param[i] = univar.name + " = " + univar.value + " //" + univar.note + "\r\n"; // обо-
значение, описание и значение параметра по индексу
WriteTextAsync(s_param[i], result_file, path);}}
```

**Шаг 6.** Занесение ДСЕ в файловое хранилище библиотеки экземпляров проектных решений. Заполнив шаблон и онтологическое представление проектного решения (сформированная история построения, параметры, характеристики), заносим новый экземпляр проектного решения в библиотеку (обновляем экземпляр, если такой уже существует):

```
void copydoc(string s, string path){ // процедура копирования проектного решения в фай-
ловое хранилище
var str = s.Split(new[] { '\\ ' }).Last();
if (!Directory.Exists(mydocpath + path)) Directory.CreateDirectory(mydocpath + path);
File.Copy(s, mydocpath + path + str, true);}
```

**Шаг 7.** Заполнение параметров и характеристик ДСЕ в библиотеке экземпляров проектных решений. Рассматривается уже заполненное онтологическое представление проектного решения *detail* с сформированными полями для дальнейшей записи проектного решения в соответствующую таблицу библиотеки экземпляров проектных решений САПР:

```
private void insertInDB(int numpart, ksVariableCollection vr, string dtype, string ma-
terial) {
var detail = new DBObject{
Type = dtype,
FileName = name_file,
Material = material,
Parameters = new string[numpart][]
}; // объект ДСЕ с полями: класс, название, материал изготовления, параметры
for (int i = 0; i < numpart; i++){
ksVariable univar = vr.GetByIndex(i) as ksVariable; // параметр по индексу
detail.Parameters[i] = new string[3] { "" + univar.name, "" + univar.value, "" +
univar.note };
} // добавление в массив параметров описания, обозначения и числового значения парамет-
ра по индексу
// в зависимости от класса ДСЕ выбираются таблицы для записи проектного решения, пара-
метров и характеристик
using (var db = new LiteDatabase(@"SolutionStore.db")){
var details = db.GetCollection<DBObject>("Rings");
var parameters = db.GetCollection<DetailsParameter>("RingsParameter");
switch(dtype){
case "Кольцо": details = db.GetCollection<DBObject>("Rings");
parameters = db.GetCollection<DetailsParameter>("RingsParameter");
break;
case "Гайка": details = db.GetCollection<DBObject>("Nuts");
parameters = db.GetCollection<DetailsParameter>("NutsParameter");
break;
.....}
// если в файловом хранилище уже имеется проанализированное проектное решения, то об-
новляются его параметры, иначе добавляется новый экземпляр проектного решения
if (details.Exists(Query.EQ("FileName", detail.FileName))) { details.Update(detail);
}else{ details.Insert(detail);}}
```

**Шаг 8.** Закрытие проектного решения в САПР, завершение работы.

Таким образом, с помощью предложенного алгоритма формируется и заполняется библиотека экземпляров проектных решений, выполненных в САПР. Экземпляры проектных решений могут повторно использоваться в процессах проектной деятельности с использованием средств САПР.

Для функционирования библиотеки экземпляров проектных решений на базе онтологии должны соблюдаться следующие правила:

- 1) при поступлении в онтологическую базу проектных решений нового экземпляра проектного решения должна осуществляться его верификация [14] с целью согласования новой информации с уже содержащимися в библиотеке экземплярами проектов;
- 2) результатом верификации может быть модификация новых экземпляров проектных решений или генерация запроса на уточнение недостающей информации;
- 3) при поиске схожего проектного решения при внешнем запросе, в случае его отсутствия в библиотеке экземпляров проектных решений, могут использоваться механизмы вывода проектов, максимально приближенных по параметрам.

Пример представления проанализированного и заполненного проектного решения САПР КОМПАС в виде семантической сети на основе онтологии (согласно рис. 1) представлен на рис. 2.

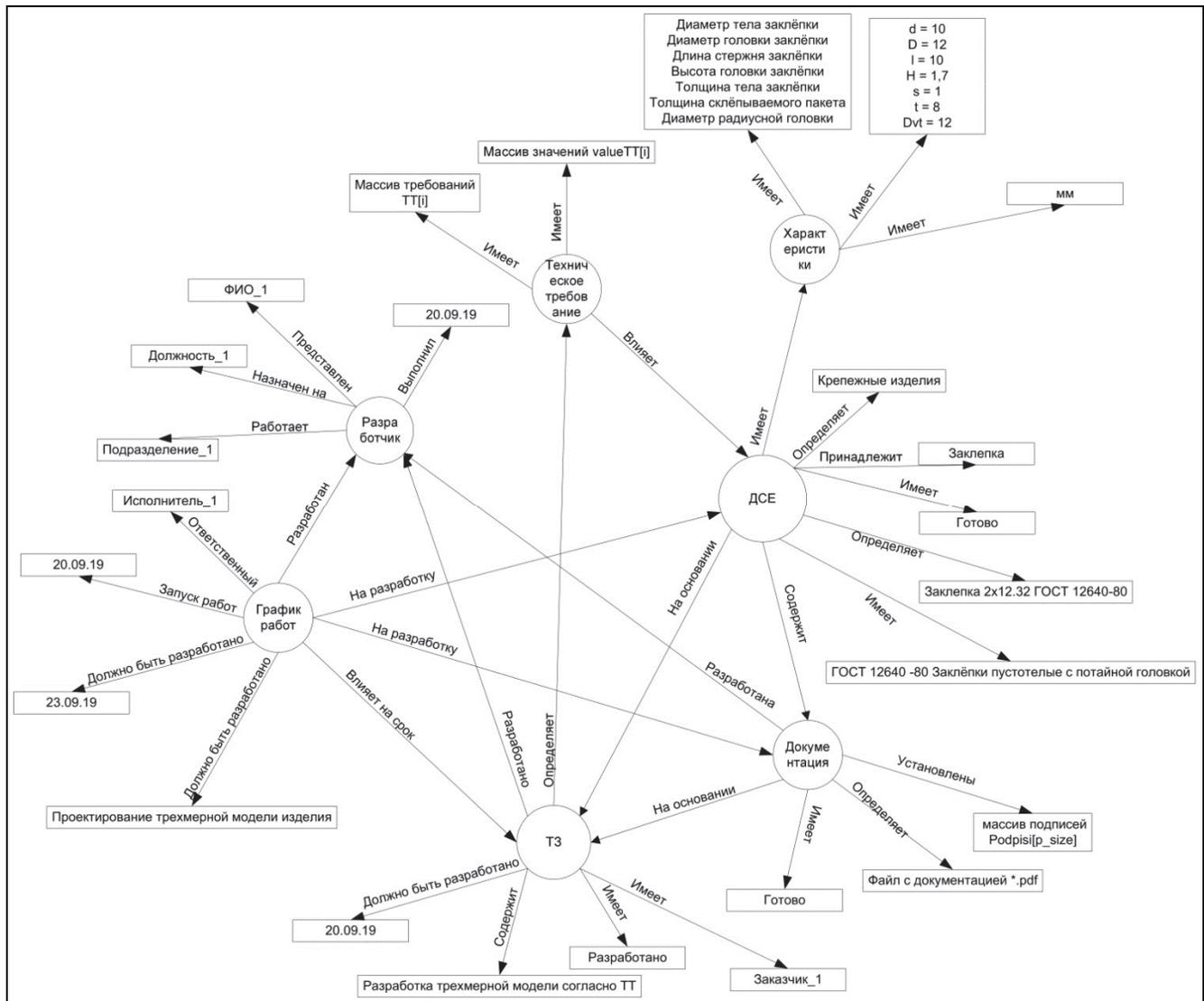


Рис. 2. Пример представления экземпляра проектного решения на основе онтологии  
 Fig. 2. An example of an ontology-based instance of a design solution

## Заключение

Авторами исследовано и разработано математическое обеспечение библиотеки экземпляров проектных решений на базе онтологической модели ПрО САПР.

Разработана онтологическая модель ПрО, основным преимуществом которой является систематизация информации о сложном техническом изделии, спроектированном средствами САПР. Описаны ее основные уровни взаимодействия и ключевые термины.

Новый метод позволяет сформировать историю построения трехмерной модели, выделить ключевые параметры и характеристики проектного решения и сохранить сформированный шаблон в библиотеку экземпляров проектных решений с целью повторного использования проектировщиками в процессе конструирования промышленных изделий при помощи средств САПР. Авторами разработан алгоритм формирования и заполнения библиотеки экземпляров проектных решений, выполненных в САПР, на базе разработанной онтологической модели ПрО.

В дальнейшем авторами будет рассмотрена разработка системы интеллектуального поиска проектных решений по заданным параметрам.

## Литература

1. Гильберт Д., Бернайс П. Основания математики. Кн. 1: логические исчисления и формализация арифметики: Пер. с англ. М.: Наука. 1979. 560 с.
2. Минский М. Фреймы для представления знаний: Пер. с англ. М.: Энергия. 1979. 152 с.
3. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2005. 304 с.
4. Карась С.И. Модели представления знаний и когнитивная психология: две стороны одной медали // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2010. № 2(10). С. 23–26.
5. Вениаминов Е.М., Мацунина М.Ю. Принципы построения открытого языка шаблонных выражений в системе представления знания // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. 2000. № 7. С. 10–17.
6. Загорюлько Г.Б., Боровикова О.И. Проблемы разработки онтологии для информационно-аналитического Интернет-ресурса по поддержке принятия решений // Труды Шестой Междунар. научной конф. «Информационные технологии и системы». 2017. С. 108–112.
7. Муртазина М.Ш. Система поддержки принятия решений при гибком подходе к инженерии требований на основе OWL-онтологии // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. «Управление, вычислительная техника и информатика». 2018. № 4. С. 43–55.
8. Войт Н.Н., Кириллов С.Ю., Уханова М.Е., Бочков С.И., Ионова И.С., Бригаднов С.И. Метод извлечения проектных характеристик изделия из систем управления жизненным циклом сложных технических объектов // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 9(14). С. 100–107. DOI: 10.18127/j00338486-201909(14)-15.
9. Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Brigadnov, Dmitry Kanev Method to Get Assembly Design Parameters // INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 82–96.
10. Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Kirillov, Semen Bochkov Method to Create the Library of Workflows // INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 97–207.
11. Уханова М.Е. Разработка семантической модели организационно-технических компонентов конструкторского проектирования на основе онтологии // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2018. Т. 16. № 11. С. 98–107.
12. Ларссон Я. Важность повторного использования проектных решений // САПР и графика. 2014. № 2(208). С. 70–73.
13. Афанасьев А.Н., Бригаднов С.И., Канев Д.С. Разработка автоматизированной системы анализа проектных решений в САПР КОМПАС-3D // Автоматизация процессов управления. 2018. № 1(51). С. 108–117.
14. Галкина Е.В. Анализ инструментов верификации проектной документации // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 6. С. 95–97.

Поступила 28 ноября 2019 г.

# Development of a method of forming libraries of copies of design decisions on the basis of ontology for application of the concept of reuse in production

© Authors, 2020

© Radiotekhnika, 2020

**N.N. Voit** – Ph.D.(Eng.), Associate Professor, Head of Laboratory of Innovative Virtual Design and Training Technologies of Department of Scientific Research and Innovation, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: n.voit@ulstu.ru

**S.Yu. Kirillov** – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: kirillovsyu@gmail.com

**S.I. Brigadnov** – Ph.D.(Eng.), Junior Research Scientist, Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: sergbrig@yandex.ru

**M.E. Ukhanova** – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: mari-u@inbox.ru

**S.I. Bochkov** – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: bochkovsi@ido.ulstu.ru

**D.S. Kanev** – Ph.D.(Eng.), Head of Scientific and Technical Department, Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: dima.kanev@gmail.com

## Abstract

Currently, many design departments of domestic enterprises use production technologies using automated systems of three-dimensional modeling of products. Computer-aided design (CAD) systems have become an integral part of the work of designers and designers. Modern production facilities have accumulated extensive experience in solving certain design tasks that need to be systematized and stored for reuse in production. At the same time, the possibility of reuse of design solutions in enterprises is an important task of great practical importance. As a result, properly systematized and accumulated design solutions form project knowledge, which can be represented as a library of instances of design solutions on the basis of ontology.

The authors review the approaches and models of knowledge representation, formalizing information about design solutions. The main models of knowledge are: logical, production, frame, network, object-oriented, ontological. This paper proposes the formation of a semantic model of the product and its organizational and technical components on the basis of ontology. The advantage of this method is that the ontological model conveys the actual data about the product with the allocation of entities-concepts and the identification of relations between them and their properties. The ontological model of the domain is developed, in which the levels of interaction are identified and described, classes, a set of domain terms, a set of objects of ontology classes and relations between them, as well as a set of interpretive functions are defined. The main advantage of the proposed model is the systematization of information about a complex technical product designed by CAD. This representation of the design solution in the form of a semantic model based on ontology allows for structural and parametric analysis of CAD products according to the requirements stated in the terms of reference and design characteristics. An example of the proposed ontological model of the domain in the form of a semantic network is presented.

The authors have developed a new method of forming libraries of copies of design solutions, the essence of which is to create a library of copies of CAD design solutions, modifying them with the new design tasks, applying the concept of reuse. A number of models that make up its scientific basis are proposed and described: a model of a library of copies of design solutions, a model of templates for building a design solution. The authors have developed an algorithm for the formation and filling of a library of copies of design decisions made in CAD, based on the developed ontological model of the subject area, which consists of 8 steps. With the help of the proposed algorithm, a library of copies of design decisions made in CAD is formed and filled. Copies of design solutions can be reused in project activities using CAD tools. The paper describes a number of rules necessary for the functioning of the library of design solutions based on ontology. The example of representation of the analyzed and filled design solution of CAD COMPASS in the form of semantic network on the basis of ontology is shown.

## Keywords

*CAD, ontology, design solutions, instance library.*

**The study was carried out with the financial support of the Russian Federal Property Fund in the framework of the scientific project № 17-07-01417.**

**The study was financially supported by the Russian Federal Property Fund and the Government of the Ulyanovsk Region as part of a scientific project № 18-47-730032.**

The study was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project № 2.1615.2017/4.6.

DOI: 10.18127/j20700814-202001-04

## References

1. *Gilbert D., Bernais P.* Osnovaniya matematiki. Kn. 1: logicheskie ischisleniya i formalizatsiya arifmetiki: Per. s angl. M.: Nauka. 1979. 560 s. (In Russian).
2. *Minskii M.* Freimy dlya predstavleniya znaniy: Per. s angl. M.: Energiya. 1979. 152 s. (In Russian).
3. *Bashmakov A.I., Bashmakov I.A.* Intellektualnye informatsionnye tekhnologii. M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana. 2005. 304 s. (In Russian).
4. *Karas S.I.* Modeli predstavleniya znaniy i kognitivnaya psikhologiya: dve storony odnoi medalii. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sotsiologiya. Politologiya. 2010. № 2(10). S. 23–26. (In Russian).
5. *Veniaminov E.M., Mashunina M.Yu.* Printsipy postroeniya otkrytogo yazyka shablonnykh vyrazheniy v sisteme predstavleniya znaniya. Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya. Ser. 2. Informatsionnye protsessy i sistemy. 2000. № 7. S. 10–17. (In Russian).
6. *Zagorulko G.B., Borovikova O.I.* Problemy razrabotki ontologii dlya informatsionno-analiticheskogo Internet-resursa po podderzhke prinyatiya resheniy. Trudy Shestoi Mezhdunar. nauchnoi konf. «Informatsionnye tekhnologii i sistemy». 2017. S. 108–112. (In Russian).
7. *Murtazina M.Sh.* Sistema podderzhki prinyatiya resheniy pri gibkom podkhode k inzhenerii trebovaniy na osnove OWL-ontologii. Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. «Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika». 2018. № 4. S. 43–55. (In Russian).
8. *Voit N.N., Kirillov S.Yu., Ukhanova M.E., Bochkov S.I., Ionova I.S., Brigadnov S.I.* Metod izvlecheniya proektnykh kharakteristik izdeliya iz sistem upravleniya zhiznennym tsiklom slozhnykh tekhnicheskikh ob'ektov. Radiotekhnika. 2019. T. 83. № 9(14). S. 100–107. DOI: 10.18127/j00338486-201909(14)-15. (In Russian).
9. *Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Brigadnov, Dmitry Kanev* Method to Get Assembly Design Parameters. INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 82–96.
10. *Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Kirillov, Semen Bochkov* Method to Create the Library of Workflows. INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 97–207.
11. *Ukhanova M.E.* Razrabotka semanticheskoi modeli organizatsionno-tekhnicheskikh komponentov konstruktorskogo proektirovaniya na osnove ontologii. Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2018. T. 16. № 11. S. 98–107. (In Russian).
12. *Larsson Ya.* Vazhnost povtornogo ispolzovaniya proektnykh resheniy. SAPR i grafika. 2014. № 2(208). S. 70–73. (In Russian).
13. *Afanasev A.H., Brigadnov S.I., Kanev D.S.* Razrabotka avtomatizirovannoi sistemy analiza proektnykh resheniy v SAPR KOMPAS-3D. Avtomatizatsiya protsessov upravleniya. 2018. № 1(51). S. 108–117. (In Russian).
14. *Galkina E.V.* Analiz instrumentov verifikatsii proektnoi dokumentatsii. Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzhya. 2018. № 6. S. 95–97. (In Russian).