

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЯХ

В.Г. Мокрозуб<sup>1</sup>, А.И. Сердюк<sup>2</sup>, С.В. Каменев<sup>2</sup>, С.Ю. Шамаев<sup>3</sup>

*Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического оборудования» (1), ГОУ ВПО «ТГТУ»; кафедры: «Системы автоматизации производства» (2), «Технология машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов» (3), ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург; mokrozubv@yandex.ru*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** базы данных; правила; спецификация; SQL.

**Аннотация:** Предложена схема данных и алгоритм построения дерева изделий с переменной структурой, отличающиеся тем, что выбор элемента среди альтернатив осуществляется на основании правил, представленных в формате языка структурированных запросов SQL.

---

**Введение.** Под виртуальной моделью объекта понимается компьютерная система, которая предназначена для целей исследования, проектирования, управления и обучения работы с объектом и включает в себя математическое, программное и техническое обеспечение.

Технический объект (ТО) представляет собой систему, состоящую из элементов и связей между ними. Разработке математического описания состава и свойств ТО посвящено значительное количество публикаций. В [1] предлагается использовать полихроматические множества для описания состава и свойств изделий, в [2] представлен способ представления структуры группы однотипных изделий, в [3] описано представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями. В работе [4] описано применение гиперграфов и реляционных баз данных для описания и хранения структуры ТО.

Основным конструкторским документом, в котором отражена структура ТО, является спецификация, которая составляется на каждую сборочную единицу. В конструкции изделия достаточно часто на одну позицию спецификации закладывается несколько взаимозаменяемых (альтернативных) элементов, которые могут влиять и на другие позиции спецификации изделий. Выбор конкретного элемента для таких позиций осуществляется диспетчерскими службами предприятия на основании имеющегося запаса, остатков на складе (например, покупных комплектов) и др. Условия взаимодействия таких переменных позиций задаются конструктором.

Далее рассматриваются:

– разработка структуры реляционной базы данных, предназначенной для хранения спецификаций изделий с взаимозаменяемыми элементами;

- разработка алгоритма обработки базы данных для получения дерева изделия;
- представление правил взаимозаменяемости элементов в формате SQL.

**Спецификация изделий с взаимозаменяемыми элементами.** Рассмотрим изделие А, которое состоит из двух деталей (А1, А2 или А1, А3) и сборочной единицы (А1), которая в свою очередь состоит из детали А11 и двух сборочных единиц (А12, А14 или А13, А14). Спецификации всех изделий приведены в табл. 1–4 (графа «Наименование» для упрощения опущена), дерево изделия А на рис. 1.

Взаимозаменяемость элементов определяется следующими правилами:

- правило 1: если А12, то А143 иначе А144;
- правило 2: если А13, то А2 иначе А3.

Правило 1 влияет на нижние узлы дерева, правило 2 – на верхние.

ER-диаграмма базы данных спецификации изделий с взаимозаменяемыми элементами представлена на рис. 2. Таблица «Изделия» содержит все сборочные единицы и детали как покупные, так и изготавливаемые на предприятии. В таблицах «Спецификации» поле «ID\_Изделия\_родителя» представляет изделие, для которого составлена спецификация (куда входит изделие-потомок). Для альтернативных позиций «ID\_Изделия\_потомка» будет равно нулю. В этом случае «ID\_Изделия\_потомка» определяет таблица «ИЛИ\_позиции», в которой для одной позиции спецификации задается несколько изделий потомков. В таблице «Правила» для альтернативных позиций спецификаций в поле «Текст\_на\_SQL» задается правило взаимозаменяемости элементов в формате SQL. Поле «Текст\_на\_ЕЯ» содержит правило на естественном языке, например «Если А12, то А143 иначе А144».

Таблица 1

Позиция	Обозначение	Количество
1	А1	1
2	А2 или А3	2
3	А4	2

Таблица 2

Позиция	Обозначение	Количество
1	А11	1
2	А12 или А13	2
3	А14	1

Таблица 3

Позиция	Обозначение	Количество
1	А121	1
2	А122	1
3	А123	1

Таблица 4

Позиция	Обозначение	Количество
1	А141	1
2	А142	2
3	А143 или А144	2

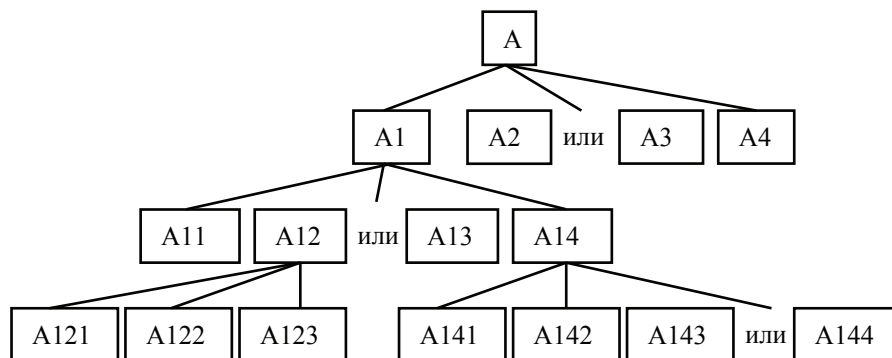


Рис. 1. Дерево изделия А

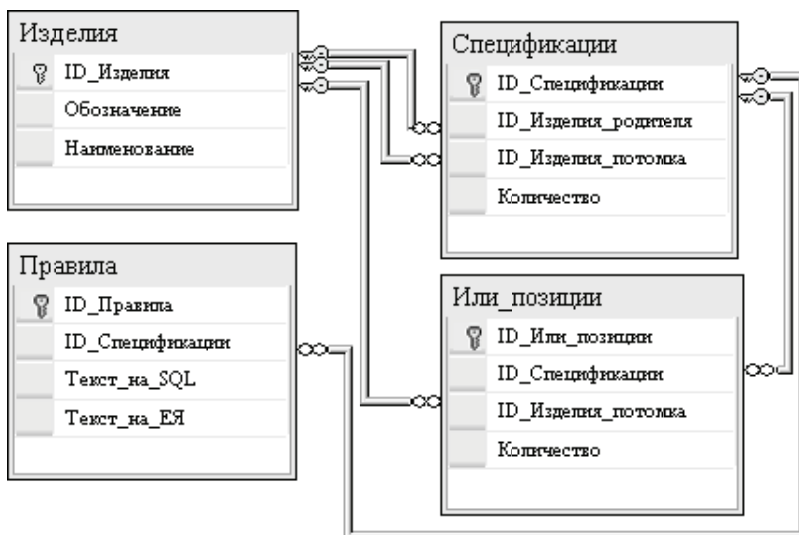


Рис. 2. ER-диаграмма базы данных спецификации изделий с взаимозаменяемыми элементами

**Алгоритм составления дерева изделия.** Алгоритм составления дерева изделия состоит из следующих шагов:

- шаг 1: выбор корневого элемента из таблицы «Изделия»;
- шаг 2: построение дерева изделия по таблице «Спецификации» без взаимозаменяемых элементов;
- шаг 3: добавление в дерево взаимозаменяемых элементов из таблицы «Или\_позиции».

Ниже представлен листинг рекурсивной программы в формате Transact-SQL (релиз SQL фирмы Microsoft) построения дерева изделия (для изделия с «ID\_Изделия»=4). Здесь «Ключ\_сортировки» – символьная строка, полученная соединением ID всех родителей текущего изделия, разделенных точкой. Результат помещается в таблицу «#Дерево». Поле «Уровень» позволяет контролировать глубину вложенности потомков, для предотвращения заикливания.

```
with tree (ID_Изделия_родителя, ID_Изделия_потомка, Количество,
          Уровень, Ключ_сортировки, ID_Спецификации)
as
/* Выбор корневого изделия из таблицы «Изделия» */
(select 0, ID_Изделия, 1, 0, cast (ID_Изделия as varchar(max)), 0
 from Изделия where ID_Изделия=4
 union all
 /* Построение дерева без взаимозаменяемых элементов */
 select a.ID_Изделия_родителя, a.ID_Изделия_потомка,
 a.Количество, t.уровень+1, t.Ключ_сортировки + '!' +
 cast(a.ID_Изделия_потомка as varchar(5)), a.ID_Спецификации
 from Спецификации as a
 inner join tree as t on a.ID_Изделия_родителя=t.ID_Изделия_потомка
 union all
 /* Добавление взаимозаменяемых элементов */
 select t.ID_Изделия_родителя, i.ID_Изделия_потомка,
 i.Количество, t.уровень+1, t.Ключ_сортировки + '!' +
```

```

cast(i.ID_Изделия_потомка as varchar(5)), t.ID_Спецификации
from tree as t
inner join Или_позиции as i on t.ID_Спецификации=i.ID_Спецификации
where t.ID_Изделия_потомка=0)
select ID_Изделия, ID_Изделия_родителя, ID_Изделия_потомка, Количество,
Уровень, Ключ_сортировки, ID_Спецификации into #Дерево from tree
order by Ключ_сортировки.

```

Дальнейшая обработка таблицы «#Дерево» заключается в выборе и выполнении правил из таблицы «Правила» для каждой альтернативной позиции.

**Представления правил взаимозаменяемости элементов в формате SQL.** В представленном на рис. 1 дереве изделия в случае выбора элемента А13 необходимо удалить элемент А12 вместе с потомками и элемент А3. Предположим, что для элемента А13 «ID\_Изделия»=16 и для позиции 2 спецификации изделия А1 «ID\_Спецификации»=14. С учетом сказанного текст правила 1 «Если А12, то А143 иначе А144» на SQL будет следующим

```

Declare @Ключ_сортировки varchar(max)
Select @Ключ_сортировки=Ключ_сортировки from #Дерево
where ID_Спецификации=14 and ID_Изделия_потомка=0
select @Ключ_сортировки+'%'
Delete from #Дерево where ID_Изделия_потомка > 16 and
Ключ_сортировки like @Ключ_сортировки+'%'.

```

Здесь для удаления потомков А12 используется значение поля «Ключ\_сортировки». Аналогично можно составить текст правила 2 «Если А13, то А2 иначе А3».

**Заключение.** Предложенный способ представления структуры изделий, алгоритм получения дерева изделия и представление правил в формате SQL являются основой для создания виртуальной модели технического объекта, которую можно использовать для различных целей (проектирование, управление, обучение).

*Работа выполнена в рамках государственного контракта №14.740.11.0961 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».*

#### *Список литературы*

1. Павлов, В.В. Структурное моделирование в CALS-технологиях / В.В. Павлов ; отв. ред. Ю.М. Соломенцев; Ин-т конструкт.-технолог. информатики РАН. – М. : Наука, 2006. – 307 с.
2. Мокрозуб, В.Г. Представление структуры изделий в реляционной базе данных / В.Г. Мокрозуб // Информ. технологии. – 2008. – № 11(147). – С. 11–13.
3. Мокрозуб, В.Г. Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями / В.Г. Мокрозуб // Вест. комп. и информ. технологий. – 2009. – № 10(64). – С. 30–34.
4. Применение гиперграфов и реляционной базы данных для описания структуры радиотехнических систем / В.Г. Мокрозуб [и др.] // Успехи соврем. радиоэлектроники. – 2009. – № 11. – С. 37–41.

## Presentation of the Structure of Technical Objects with Interchangeable Items in the Virtual Models

V.G. Mokrozub<sup>1</sup>, A.I. Serdyuk<sup>2</sup>, S.V. Kamenev<sup>2</sup>, S.Yu. Shamaev<sup>3</sup>

*Department “Computer-Aided Design of Technological Equipment (1), TSTU;  
Departments: “Systems of Production Automation”(2), “Technology of Mechanical  
Engineering, Metal Processing Tools and Systems” (3), Orenburg State University,  
Orenburg; mokrozubv@yandex.ru*

**Key words and phrases:** database; Ltd; rules; SQL.

**Abstract:** The scheme of data and the algorithm constructing the tree of products with varying structure is proposed; the choice of the element among the alternatives is made on the basis of the rules presented in the format of SQL – structured queries language.

---

## Darstellung der Struktur der technischen Objekte mit den austauschbaren Elementen in den Virtualmodellen

**Zusammenfassung:** Es ist das Schema der Angaben und den Algorithmus des Baues des Erzeugnisbaumes mit der variablen Struktur vorgeschlagen. Die Auswahl des Elementes unter der Alternativen verwirklicht sich auf Grund der Regeln, die im Format der Sprache der strukturierten Anfragen SQL dargelegt sind.

---

## Représentation de la structure des objets techniques aux éléments interchangeables dans les modèles virtuels

**Résumé:** Est proposé le schéma des données et l’algorithme de la construction de l’arbre des produits avec une structure variable différant par ce que le choix des éléments parmi les alternatives s’effectue à la base des règles présentées dans un format de la langue des demandes structurées SQL.

---

**Авторы:** *Мокрозуб Владимир Григорьевич* – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ГОУ ВПО «ТГТУ»; *Сердюк Анатолий Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизации производства», директор аэрокосмического института проектирования; *Камнев Сергей Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизации производства»; *Шамеев Сергей Юрьевич* – ассистент кафедры «Технология машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов», ГОУ ВПО «ОГУ», г. Оренбург.

**Рецензент:** *Подольский Владимир Ефимович* – доктор технических наук, профессор, проректор по информатизации, ГОУ ВПО «ТГТУ».