

Описание структуры технических объектов с взаимозаменяемыми элементами

77-30569/400027

04, апрель 2012

Мокрозуб В. Г., Борисяк А. А., Лагутин Д. А.

УДК 004.9.

Тамбовский государственный технический университет
mokrozubv@yandex.ru

Введение

Одним из основных документов, описывающих структуру выпускаемых машиностроительным предприятием изделий, является спецификация. Этот документ создается на этапе конструкторской подготовки производства и используется многочисленными службами предприятия, как на этапе подготовки производства, так и на этапе изготовления изделия.

Описанию структур технических объектов (ТО) посвящено большое количество публикаций. В [1] предлагается использовать полихроматические множества для описания состава и свойств изделий, в [2, 3] представлены способы представления структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями. В [4] описано применение гиперграфов и реляционных баз данных для описания и хранения структуры ТО.

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 задела, остатков на складе (например, покупных комплектующих) и др. Условия взаимодействия таких переменных позиций задаются конструктором.

Цель работы – разработка способов представления структуры ТО с взаимозаменяемыми элементами в автоматизированных информационных системах. В качестве базового программного обеспечения принята реляционная база данных.

Область использования результатов – автоматизированные информационные системы, предназначенные для проектирования технических объектов и управления предприятиями машиностроительного профиля.

1. Структура базы данных спецификации изделий с взаимозаменяемыми элементами

Рассмотрим изделие a1, которое состоит из деталей a2 и a5 и двух сборочных единиц a3, a6 или a4, a7. Ниже представлены спецификации всех сборочных единиц.

Позиция	Обозначение	Количество
1	a2	1
2	a3 или a4	2
3	a5	3
4	a6 или a7	1

Позиция	Обозначение	Количество
1	a8	2
2	a9	2

Позиция	Обозначение	Количество
1	a10	2
2	a11	1

Позиция	Обозначение	Количество
1	a12 или a13	1
2	a14	2

Позиция	Обозначение	Количество
1	a15	2
2	a16	1

Позиция	Обозначение	Количество
1	a17 или a18	2
2	a19	1

На рис. 1 приведено дерево изделия a1, составленное из спецификаций сборочных единиц, входящих в a1.

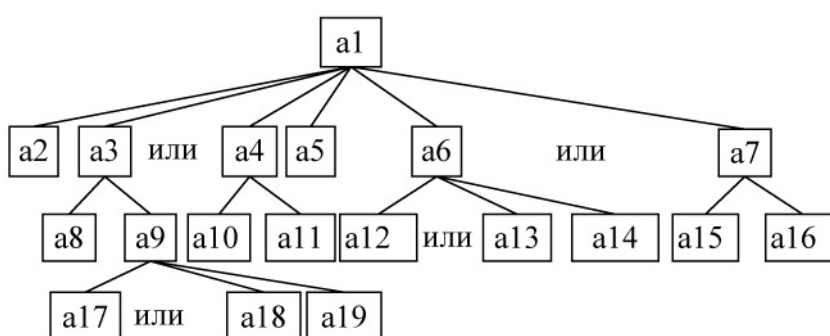


Рис. 1 Дерево изделия a1.

Взаимозаменяемость элементов определяется следующими правилами:

Правило 1. Если a3 то a6.

Правило 2. Если a4 то a7.

Правило 3. Если a17 то a12.

Правило 4. Если a18 то a13.

Для изготовления изделия a1 необходимо однозначно задать позиции с взаимозаменяемыми элементами. Исходными данными для составления такой спецификации является наличие или отсутствие элементов a3, a4, a17, a18 в конечном изделии. При этом возможны разные варианты. На рис. 2. представлены деревья, полученные после применения правил 1-4 для следующих исходных данных:

- a3, a17 присутствуют в изделии a1, (рис. 2,а);
- a4 присутствует в изделии a1 (рис. 2,б).

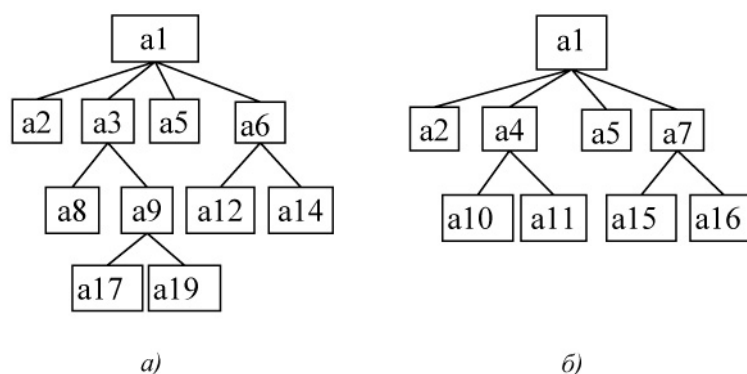


Рис. 2. Возможные варианты изделия a1

Структура базы данных спецификации изделий с взаимозаменяемыми элементами представлена на рис. 3. Таблица Изделия содержит все сборочные единицы и детали, как покупные, так и изготавливаемые на предприятии. В таблице 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 потомки 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 A17, то A12». Поля ID_Определяющего_элемента и ID_Определяемого_элемента необходимы для того, чтобы в дальнейшем выбирать для обработки только те правила, которые могут иметь отношение к раскрываемому изделию.



Рис. 3. Структура базы данных спецификации изделий с взаимозаменяемыми элементами

2. 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_потомки**.
- шаг 4. Удаление из дерева записей с нулевым значением **ID_Изделия_Потомка**.

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. Ниже представлен программный код реализующий предложенный алгоритм.

```
with tree (ID_Изделия, ID_Изделия_родителя, ID_Изделия_потомка,
    Количество, Уровень, Ключ_сортировки, ID_Спецификации)
as
/* Выбор корневого изделия из таблицы "Изделия" */
(select ID_Изделия, 0, ID_Изделия, 1, 0,
    cast (ID_Изделия as varchar(max)), 0
    from Изделия where ID_Изделия=1
union all
/* Построение дерева без взаимозаменяемых элементов */
select t.ID_Изделия, a.ID_Изделия_родителя,
    a.ID_Изделия_потомка, a.Количество,
    case a.ID_Изделия_потомка when 0
        then t.уровень
        else t.уровень+1
    end,
    case a.ID_Изделия_потомка when 0
        then t.Ключ_сортировки
        else t.Ключ_сортировки+'.'+
            cast(a.ID_Изделия_потомка as varchar(5))
    end,
    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, 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 dbo.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 #Derevo
from tree where ID_Изделия=1
order by Ключ_сортировки
/* Удаление записей с нулевым ID_Изделия_потомка */
delete from #Derevo where ID_Изделия_потомка=0

```

Ниже представлены таблицы описанных выше изделий a1, a2, a4, a6, a7, a9 и дерево изделия, полученное после выполнения программного.

Изделия		Спецификации			
ID_Издел.	Обозн.	ID_Спе-циф.	Позиция	ID_Изд._родителя	ID_Изд._потомка
1	a1	1	1	1	2
2	a2	2	2	1	0
3	a3	3	3	1	5
4	a4	4	4	1	0
5	a5	5	1	3	8
6	a6	6	2	3	0
7	a7	7	1	4	10
8	a8	8	2	4	11
9	a9	9	1	6	0
10	a10	10	2	6	14
11	a11	11	1	7	15
12	a12	12	2	7	16
13	a13	13	1	9	0
14	a14	14	2	9	19
15	a15				
16	a16				
17	a17				
18	a18				
19	a19				
20	a20				

Исх_данные		
ID_Исх_Дан.	ID_Специф.	ID_Изд._потомка
1	2	3
2	13	17

Или_позиции

ID_Или_позиции	ID_Специф.	ID_Изд._потомка
1	2	3
2	2	4
3	4	6
4	4	7
5	9	12
6	9	13
7	13	17
8	13	18

#Derevo

ID_Изделия_родителя	ID_Изделия_потомка	Уровень	Ключ_сортировки	ID_Спецификации
0	1	0	1	0
1	2	1	1.2	1
1	3	1	1.3	2
3	8	2	1.3.8	5
3	9	2	1.3.9	6
9	17	3	1.3.9.17	13
9	18	3	1.3.9.18	13
9	19	3	1.3.9.19	14
1	4	1	1.4	2
4	10	2	1.4.10	7
4	11	2	1.4.11	8
1	5	1	1.5	3
1	6	1	1.6	4
6	12	2	1.6.12	9
6	13	2	1.6.13	9
6	14	2	1.6.14	10
1	7	1	1.7	4
7	15	2	1.7.15	11
7	16	2	1.7.16	12

Дальнейшая обработка таблицы #Дерево заключается в удалении альтернативных позиций по исходным данным выполнении правил из таблицы Правила для каждой альтернативной позиции.

/ * Удаление альтернативных элементов по исходным данным */

```
select Ключ_сортировки into #a from #derevo a, Исх_данные b
where a.ID_Спецификации=b.ID_Спецификации and
a.ID_Изделия_потомка<>b.ID_Изделия_потомка
delete from #derevo where Ключ_сортировки in
```

```
select a.Ключ_сортировки from #derevo a
inner join #a b on a.Ключ_сортировки Like b.Ключ_сортировки +'%)
```

3. Представление правил взаимозаменяемости элементов в формате SQL

Рассмотрим синтаксис правила на примере «Если a17, то a12». В таком виде в реальной системе правило применять нельзя, так как в других изделиях (не a1), оно может не работать. В настоящем примере правило формулируется следующим образом: «Если в дереве изделия присутствует элемент a17, входящий в a9, и присутствует элемент a12, входящий в аб, то на позиции 1 изделия аб надо оставить элемент a12». Оставить a12 – значить удалить все элементы кроме a12 с позиции 1 изделия аб.

С учетом сказанного текст правила на SQL будет следующим.

```
if exists (select * from #derevo where ID_Спецификации=13
and ID_Изделия_Потомка=17 and
Ключ_сортировки like '%'+ltrim(str(9))+'.%' )
and exists (select * from #derevo where ID_Спецификации=9
and ID_Изделия_Потомка=12 and
Ключ_сортировки like '%'+ltrim(str(6))+'.%' )
delete from #derevo where Ключ_сортировки in
(select a.Ключ_сортировки from #derevo a
inner join (select Ключ_сортировки from #derevo
where ID_Спецификации=9 and
ID_Изделия_потомка<>12) b on
a.Ключ_сортировки Like b.Ключ_сортировки +'%)
```

Аналогично можно составить тексты других правил.

Заключение

Представленные в работе для изделий с взаимозаменяемыми элементами: структура реляционной базы данных, алгоритм обработки базы данных для получения дерева изделия и правила взаимозаменяемости элементов в формате SQL использованы авторами при разработке программного обеспечения ряда автоматизированных информационных систем [5,6].

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В.В. Структурное моделирование в CALS-технологиях. Ин-т конструкторско-технологической информатики РАН. М.: Наука, 2006. 307 с.
2. Мокрозуб В.Г. Представление структуры изделий в реляционной базе данных // Информационные технологии. 2008. №11(147). С. 11 – 13
3. Мокрозуб В.Г. Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2009. №10(64). С. 30-34
4. Мокрозуб В.Г., Немтинов В.А., Егоров С.Я., Морозов С.В. Применение гиперграфов и реляционной базы данных для описания структуры радиотехнических // Успехи современной радиоэлектроники. 2009. № 11. С 37-41.
5. Малыгин Е.Н., Карпушкин С.В., Мокрозуб В.Г., Краснянский М.Н. Система автоматизированного расчета и конструирования химического оборудования // Информационные технологии. 2000. № 12. С. 19-21.
6. Мокрозуб В.Г., Мариковская М.П., Красильников В.Е. Методологические основы построения автоматизированной информационной системы проектирования технологического оборудования // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 1.2 (27). С. 259-262.

Description of the structure of technical objects with interchangeable components

77-30569/400027

04, April 2012

Mokrozub V.G., Borisyak A.A., Lagutin D.A.

Tambov State Technical University

mokrozubv@yandex.ru

The relational database provides a description of display methods for structure of technical objects with interchangeable components and rules of interchanging. Algorithm of composing the product's tree was described in SQL format; every tree's node consists of one element only.

Publications with keywords: [specification](#), [relational database](#), [interchangeable elements](#)
Publications with words: [specification](#), [relational database](#), [interchangeable elements](#)

References

1. Pavlov V.V. *Strukturnoe modelirovanie v CALS-tehnologiiakh* [Structural modeling in CALS-technologies]. Moscow, Nauka, 2006. 307 p.
2. Mokrozub V.G. Predstavlenie struktury izdelii v reliatsionnoi baze dannykh [Representation of the structure of the products in a relational database]. *Informatsionnye tekhnologii*, 2008, no. 11(147), pp. 11 – 13.
3. Mokrozub V.G. Predstavlenie struktury izdelii v informatsionnykh sistemakh upravleniia mashinostroitel'nymi predpriiatiiami [Representation of the structure of the products in the information management systems of the machine-building enterprises]. *Vestnik komp'iuternykh i informatsionnykh tekhnologii*, 2009, no. 10(64), pp. 30-34.
4. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Egorov S.Ia., Morozov S.V. Primenenie gipergrafov i reliatsionnoi bazy dannykh dlia opisaniia struktury radiotekhnicheskikh sistem [The use of hypergraphs and relational database for the description of structure of the of radio engineering systems]. *Uspekhi sovremennoi radioelektroniki*, 2009, no. 11, pp. 37-41.
5. Malygin E.N., Karpushkin S.V., Mokrozub V.G., Krasnianskii M.N. Cistema avtomatizirovannogo rascheta i konstruirovaniia khimicheskogo oborudovaniia [System of automated calculation and design of chemical equipment]. *Informatsionnye tekhnologii*, 2000, no. 12, pp. 19-21.

6. Mokrozub V.G., Marikovskaia M.P., Krasil'nikov V.E. Metodologicheskie osnovy postroeniia avtomatizirovannoi informatsionnoi sistemy proektirovaniia tekhnologicheskogo oborudovaniia [Methodological bases of construction of the automated information system of design of technological equipment]. *Sistemy upravleniia i informatsionnye tekhnologii*, 2007, no. 1.2 (27), pp. 259-262.