

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ЦЕНТРОВ В ТЕРМИНАХ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ И РЕЛЯЦИОННОЙ АЛГЕБРЫ В ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЕ ДАННЫХ

© 2019 А.Н. Макашов, В.И. Марков, К.А. Анисимова,
И.В. Чертыковцев, А.В. Вартанов

Самарский университет, г. Самара, Россия

В данной статье рассматривается математическая модель формирования рабочих центров, проиллюстрированная примером.

Ключевые слова: рабочий центр, теория множеств, реляционная алгебра, Θ -соединение, атрибут.

Для реализации технологического процесса (ТП) необходимо сформировать рабочий центр (РЦ), состоящий, согласно стандарту MRP II, из оборудования, средств технологического оснащения (СТО) (станочные приспособления (СП), мерительные инструменты (МИ) и режущие инструменты (РИ)) и персонала.

Ключевым требованием при формировании РЦ является требование по точности к изготавливаемой детали.

Рассмотрим формирование математической модели данной системы. Исходными данными для системы являются:

- множество оборудования (множество А);
- СТО (множество В);
- множество работников предприятия (множество В);
- номенклатура обрабатываемых деталей (множество Г);
- операции технологического процесса обработки (множество Д).

Элементы множеств содержат в себе дополнительные атрибуты [2 - 4]. Используя атрибуты и аппарат теории множеств (ТМ), выделим РЦ для одной операции ТП. Для начала найдем пересечения атрибутов точности множеств А и Г: $A \cap \Gamma$ (1)

В результате получаем множество оборудования с достаточной точностью (A_1) для обработки детали. Аналогично (1) находим $B \cap \Gamma$ и $V \cap \Gamma$, получая в результате СТО (B_1) и персонал (V_1), отвечающие требованиям по точности обрабатываемой детали.

Аналогично найдем пересечение атрибутов множеств (A_1) и (Д). Получая перечень оборудования для выбранной операции (A_2), также

находим (B_2) и (V_2) (СТО и персонал, отвечающие требованиям операции).

Используя правило ассоциативности, представим выражения в виде:

$$A \cap \Gamma \cap D = A_2 \quad (2)$$

$$B \cap \Gamma \cap D = B_2 \quad (3)$$

$$V \cap \Gamma \cap D = V_2 \quad (4)$$

Далее комбинируем A_2 , B_2 , V_2 с помощью «прямого произведения», тогда при $A_2 = \{a_1, a_2, a_3\}$, $B_2 = \{b_1, b_2, b_3\}$ в результате получим следующее выражение:

$$A_2 \times B_2 = \{a_1b_1, a_1b_2, a_1b_3, a_2b_1, a_2b_2, a_2b_3, a_3b_1, a_3b_2, a_3b_3\} = E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_9\} \quad (5)$$

Аналогично комбинируем Е с перечнем рабочих V_2 , получая следующий вид:

$$\begin{aligned} E \times V_2 &= \{e_1v_1, e_1v_2, e_1v_3, e_2v_1, e_2v_2, e_2v_3, e_3v_1, e_3v_2, \\ &e_3v_3, e_4v_1, e_4v_2, e_4v_3, e_5v_1, e_5v_2, e_5v_3, e_6v_1, e_6v_2, \\ &e_6v_3, e_7v_1, e_7v_2, e_7v_3, e_8v_1, e_8v_2, e_8v_3, e_9v_1, e_9v_2, \\ &e_9v_3\} = \\ &= Z = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{10}, z_{11}, z_{12}, z_{13}, \\ &z_{14}, z_{15}, z_{16}, z_{17}, z_{18}, z_{19}, z_{20}, z_{21}, z_{22}, z_{23}, z_{24}, \\ &z_{25}, z_{26}, z_{27}\}. \end{aligned} \quad (6)$$

В результате получаем перечень всех возможных РЦ, обеспечивающих необходимую точность, возможность установки деталей и необходимую квалификацию рабочего.

В терминах ТМ схематично описали последовательность действий при формировании РЦ для загрузки в PDM-систему. Данный вид систем относится к реляционной базе данных (БД), управляют которой операторы с помощью методов реляционной алгебры (РА). Для описания механизма взаимодействия в базе

данных сформируем РЦ, манипулируя инструментами РА.

Исходными данными будут являться:

- БД оборудования (А') (табл. 1);
- БД СТО (Б'₁-СО; Б'₂-РИ; Б'₃-МИ) (табл. 2, 3, 4);

- БД работников предприятия (В') (табл. 5);
- БД номенклатуры изготавливаемых деталей (Г') (табл. 6);
- ТП обработки детали (Д') (табл. 7).

Таблица 1 - База данных оборудования (А')

Оборудование	Тип станка	Точность	Габарит заготовки (мм)	Система крепления инструмента	Установочный размер инструмента
16K20	Токарный	5	400	Прижимные болты	50×50
Samat400 SV	Токарный	7	400	Прижимные болты	50×50
Heid DFM1000	Токарный с ЧПУ	7	1000	Установочный блок	50×50

Таблица 2 - База данных станочного оснащения (Б'₁)

Приспособление	Тип приспособления	Тип станка	Точность	Габарит заготовки (мм)
6388-2523	3-х к.п.	Токарный	7	350
6356-5423	Тиски	Фрезерный	3	450
6355-3456	Планшайба	Токарный	7	800

Таблица 3 - База данных режущего инструмента (Б'₂)

Режущий инструмент	Тип режущего инструмента	Тип станка	Материал инструмента	Система крепления инструмента	Установленный размер инструмента	Вид инструмента
E6555-0022	Резец	Токарный	BK10XOM	Прижимные болты	20×10	Проходной
E6511-0100	Резец	Токарный	P6M5	Прижимные болты	20×10	Отрезной
E6599-2158	Фреза	Фрезерный	T5K10	Конус Морзе	KM0	Торцевая

Таблица 4- -База данных мерительного инструмента (Б'₃)

Мерительный инструмент	Тип мерительного инструмента	Измеряемый размер (мм)	Точность
5871-3300	Штангенциркуль	≤500	5
5820-1515	Скоба	320	8
5892-1454	Микрометр	≤50	7

Таблица 5 - База данных работников предприятия (В')

ФИО	Профессия	Тип станка	Разряд
Иванов И.И.	Токарь	Токарный	4
Петров П.П.	Фрезеровщик	Фрезерный	3
Сидоров С.С	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный ОЦ	6

Таблица 6- Номенклатура изготавливаемых деталей (Г')

Деталь	Наименование детали	Тип детали	Точность детали	Габариты заготовки (мм)
24.125.112	Вал	Вал	7	20
152.451.236	Зубчатое колесо	Зубчатое колесо	9	150
360.125.854	Диск	Диск	8	630

Таблица 7 - Операция ТП обработки детали вал (Д')

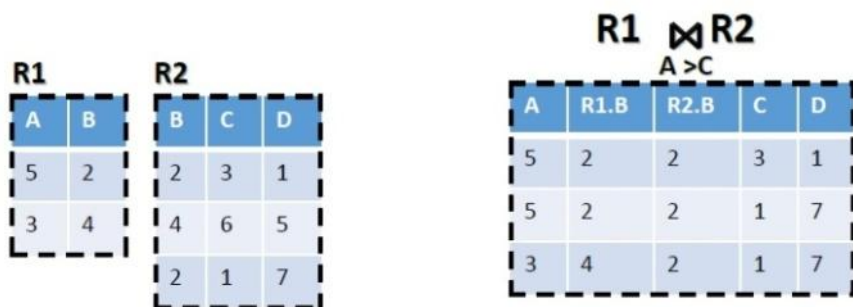
№ Оп.	Наименование операции	Тип станка	Точность	Габарит заготовки(мм)
10	Токарная предварительная	Токарный	3	20

Применяя оператор РА Θ -соединение (рис. 1), произведем подбор оборудования для операции №10. Математические зависи-

мости, характеризующие данный оператор, имеют вид:

$D' \times A'$;
Тип станка (D') = Тип станка (A');
Точность (D') $\leq$ Точность (A');
Габарит заготовки (D') $\leq$ Габарит заготовки (A').

$$R1 \bowtie_{A \Theta B} R2 \equiv \sigma_{A \Theta B}(R1 \times R2)$$

Рисунок 1 - Пример Θ -соединения

После Θ -соединения столбцы «Тип оборудования», «Точность» и «Габарит заготовки» дублируются. Дублированные элементы можно удалить. Из столбца «Точность» удалим точность (D'), так как в этом случае

опорной является точность (A'), а в случае «Габарит заготовки», наоборот, приоритетным является габарит (Γ'). Результат Θ -соединения (E') представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Результат Θ -соединения (E')

№ Оп.	Наименование операции	Тип станка	Точность	Оборудование	Габарит заготовки (мм)	Система крепления инструмента	Установочный размер инструмента
10	Токарная предварительная	Токарный	5	16K20	20	Прижимные болты	50×50
10	Токарная пред-	Токарный	7	Samat 400 SV	20	Прижим-	50×50

	варительная					ные болты	
10	Токарная пред-варительная	Токарный	7	Heid DFM 1000	20	Установочный блок	50×50

Аналогично производим подбор средств технологического оснащения (СТО).

Содержание операции примет вид:

$E' \times B'_1$;
Тип станка (E') = Тип станка (B'_1);
Точность (E') $\leq$ Точность (B'_1);
Габарит заготовки (E') $\geq$ Габарит заготовки (B'_1).

Режущий инструмент в базе данных будет описан следующим образом:

$E' \times B'_2$;
Тип станка (E') = Тип станка (B'_2);
Система крепления инструмента (E') = Система крепления инструмента (B'_2);
Установочный размер инструмента (E') $\geq$ Установочный размер инструмента (B'_2).

Мерительный инструмент в базе данных примет следующий вид:

$E' \times B'_3$;
Размер заготовки (E') $\leq$ Размер заготовки (B'_3);
Точность (E') $\leq$ Точность (B'_3).

Далее проводим последовательно естественное соединение (рис. 2) полученных отношений.

В полученном отношении удалим всё лишнее, оставляя только спецификацию (табл. 9).

Теперь, воспользовавшись естественным соединением, проведем подбор персонала на данную операцию.

$$R1 \bowtie R2 \equiv \pi_{A,B,C} (\sigma_{R1.B=R2.B} (R1 \times R2))$$

R1		R2	
A	B	B	C
a1	b1	b1	c1
a2	b2	b2	c2
		b3	c3
		b1	c4

R1 $\bowtie$ R2		
A	B	C
a1	b1	c1
a1	b1	c4
a2	b2	c2

Рисунок 2 - Пример естественного соединения

Таблица 9 - Перечень рабочих центров

№ Оп.	Наименование операции	Точность	Оборудо- вание	Приспо- собление	Режущий инстру- мент	Мери- тельный инстру- мент	ФИО рабочего
10	Токарная пред- варительная	5	16K20	6388-2523	E6555- 0022	5871-3300	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	5	16K20	6388-2523	E6555- 0022	5820-1515	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	5	16K20	6388-2523	E6555- 0022	5892-1454	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	5	16K20	6388-2523	E6555- 0022	5871-3300	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	5	16K20	6388-2523	E6555- 0022	5820-1515	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	5	16K20	6388-2523	E6555- 0022	5892-1454	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	7	Samat400 SV	6388-2523	E6511- 0100	5820-1515	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	7	Samat400 SV	6388-2523	E6511- 0100	5892-1454	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	7	Samat400 SV	6388-2523	E6511- 0100	5820-1515	Иванов И.И
10	Токарная пред- варительная	7	Samat400 SV	6388-2523	E6511- 0100	5892-1454	Иванов И.И

В итоге было проведено формульное описание системы формирования РЦ с помощью инструментов теории множеств и аппарата реляционной алгебры, изложена математическая модель и приведён пример функционирования системы. Применение математического моделирования и формальное описание систем было применено в работах [5 - 8].

К достоинствам данного подхода к решению поставленной задачи можно отнести простую логику действий и легкость реализации с помощью SQL в любой реляционной базе данных. К отрицательным характеристикам можно отнести относительную устарелость реляционных баз данных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Батищев В. И., Хаймович И. Н., Марков В. И., Макашов А. Н. Концепция информационной среды в организации производства на предприятии с применением оптимизации маршрутов обработки деталей // Вестник Самарского муниципального института управления. - 2018. - №3. - С. 77-85.
2. Цымблер М. Л. Реляционная алгебра. Технология баз данных. <https://foreva.susu.ru/courses/db/lecture7.pdf>
3. Портнова Л.В. Применение метода кластерного анализа в оценке и прогнозировании уровня безработицы в регионе // Вестник ОГУ. - 2012. - №4. - С. 158-163.
4. Селиванов С.Г., Шайхулова А.Ф., Поезжалова С.Н., Яхин А.И. Инновационное проектирование цифрового производства в машиностроении (лабораторный практикум) - М.: Инновационное машиностроение, 2016. - 264 с.
5. Хаймович И.Н., Хаймович А.И. Процедурные правила разработки и согласования бизнес-процессов кузнечно-штамповочного производства // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва. - 2008. - № 1 (14). - С. 248-252.

6. Хаймович И.Н., Дровяников В.И. Моделирование конкурентного взаимодействия вузов на рынке образовательных услуг // Вестник Самарского государственного экономического университета. - 2010. - № 1 (63). - С. 23-27.
7. Хаймович И.Н., Хаймович А.И. Проектирование и реализация системы автоматизированного проектирования штамповки компрессорных лопаток из титановых сплавов// Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. - 2015. - № 2. - С. 37-43.
8. Chumak V.G., Ramzaev V.M., Khaimovich I.N. Challenges of data access in economic research based on big data technology // CEUR Workshop Proceedings Proceedings of International Conference Information Technology and Nanotechnology, ITNT 2015. - 2015. - С. 327-337.

THE SYSTEM FOR FORMING WORK CENTERS IN THE TERMS OF THE THEORY OF SETS AND RELATIONAL ALGEBRA IN THE ELECTRONIC DATABASE

© 2019 Azamat N. Makashov, Vladimir I. Markov, Ksenya A. Anisimova,
Ilya V. Chertykovtsev, Aleksandr V. Vartanov

Samara University, Samara, Russia

This article discusses the mathematical model of the formation of work centers, illustrated by an example.

Keywords: work center, set theory, relational algebra, Θ -connection, attribute.