

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Чичикало Н.И., Киктев Н.А.

Донецкий национальный технический университет,
кафедра электронной техники

Abstract

Chichikalo N.I., Kiktev N.A. Planning of databases automated technological process control system The questions of the informative providing are examined in the article and planning of databases of the automated technological process control system receipt of uglekyslykh salts of copper, cobalt and zinc by the method of electrochemical dissolution.

Общая характеристика проблемы и ее актуальность. Решение задач проектирования современных систем управления сложными технологическими процессами не эффективно без использования средств микропроцессорной техники. Это в свою очередь создает предпосылки для оптимального построения систем управления, невыполнимых без наличия баз данных. При всех достоинствах усовершенствованных баз данных и интерфейсов они недостаточно стандартизованы с логической стороны и отсутствуют в стандартной комплектации компьютеров и микроконтроллеров. Поэтому разработка оптимальных систем управления технологическими процессами приводит к необходимости использования дополнительных устройств и программных драйверов, а также эффективных баз данных. Реализация сложных вычислительных алгоритмов или сверхвысокопроизводительных вычислительных устройств зачастую оказывается для разработчиков проблемой на фоне удачно построенных интерфейсов. Правильное функционирование этих устройств, а также достижение требуемых технико-экономических и функциональных характеристик разрабатываемой системы управления во многом зависит от организации взаимодействия баз данных. Поэтому проблема совершенствования баз данных на уровне АСУ ТП является весьма актуальной задачей

Постановка задачи и цели исследования. Рассмотрим основные принципы использования баз данных на примере реализации системы управления технологическим процессом получения углекислых солей. Система включает следующие функциональные подсистемы управления: процессом приготовления электролита; процессом подготовки анодной массы; процессом анодного растворения; процессом фильтрации и сушки осадка. Для оптимального взаимодействия указанных подсистем необходимо разработать:

- формы входной и выходной информации,
- общую структуру банка данных АСУ ТП электрохимического растворения (ЭХР),
- структуру технологических баз данных,
- структуру баз данных, содержащих статические и динамические модели,
- способ логического структурирования моделей процесса ЭХР в базы данных,
- способ обращения к базам данных в процессе реализации управляющего алгоритма,
- программное обеспечение для управления базами данных.

Для сбора первичной информации и передачи ее в ЭВМ необходимо определить период опроса датчиков. Для этого, исходя из результатов исследования динамических свойств объекта управления, определим максимальную скорость изменения параметров процесса наибольший угол наклона касательной временной характеристики, определенной вектором:

$$\overline{v}_{\max} = \max \left\{ \frac{\Delta \alpha}{\Delta \tau} \right\}, \quad (1)$$

где $\overline{\Delta \alpha} = [\Delta p_H \Delta D_a \Delta t \Delta l]^T$ — вектор изменения параметров процесса на участке

$$\overline{\Delta\tau} = \left[\Delta\tau^{pH} \Delta\tau^{Da} \Delta\tau^t \Delta\tau^l \right]^T \text{ при умови } \overline{\Delta\tau} \rightarrow \min.$$

Входную информацию в АСУ ТП ЭХР можно классифицировать согласно рис. 1.



Рисунок 1 — Классификация информации в АСУ ТП ЭХР

Укрупненная концептуальная модель данных процесса получения углекислых солей металлов представлена на рис. 2. Каждый прямоугольник представляет группу однородных по структуре записей (файл). Дуги обозначают связи между записями разных файлов. Стрелки показывают возможное наличие для записи файла указателей на записи другого файла, т.е. отношение между записями 1:М. Одиночной стрелке соответствует М=0,1, двойной стрелке соответствует М=0,1,2... Двойным стрелкам на обоих концах дуги соответствует отношение М:М. Пунктирными дугами обозначается связь, которая уточняется системой по мере накопления информации.

Иерархическая структура банка данных (БД) системы управления технологическим процессом электрохимического получения карбонатов включает технологический банк данных, банк данных статических моделей процесса, банк данных динамических моделей процесса. Технологический БД содержит информацию о состоянии технологических узлов, продуктов и режимов, которая вводится и обновляется оператором в статическом режиме за исключением баз данных материальных потоков, которые обновляются программно по мере расхода соответствующего компонента.

Банк данных математических моделей технологического процесса электрохимического получения карбонатов содержит два класса моделей — статические и динамические. Количество баз данных определяется степенью исследованности объекта управления. Рассматриваемый объект подвергался исследованиям динамических свойств в двух режимах: при поддержании фиксированных значений двух из трех параметров и самопроизвольном изменении третьего; при ступенчатом изменении одной входной переменной. При организации производства нескольких продуктов, количество баз данных увеличивается.

База данных "Химические вещества" является справочником химических веществ, программно представлена файлом `chim.dbf`. Структура базы данных представлена в табл. 1. Код вещества, состоящий из трех знаков, имеет следующую структуру: первый знак — назначение, второй и третий знаки — собственно номер вещества. Поле `kod_chim` является ключевым при запросах и взаимодействии с другими базами данных, в частности, рецептами электролитов. Поле `name_chim` предназначено для вывода по запросу наименования химического вещества в текстовом режиме. Поле `formula` предназначено для вывода химической формулы вещества в графическом режиме посредством возможностей Visual Basic 6.0. Набор формул осуществляется при помощи графического редактора CorelDraw! или MSPaint.

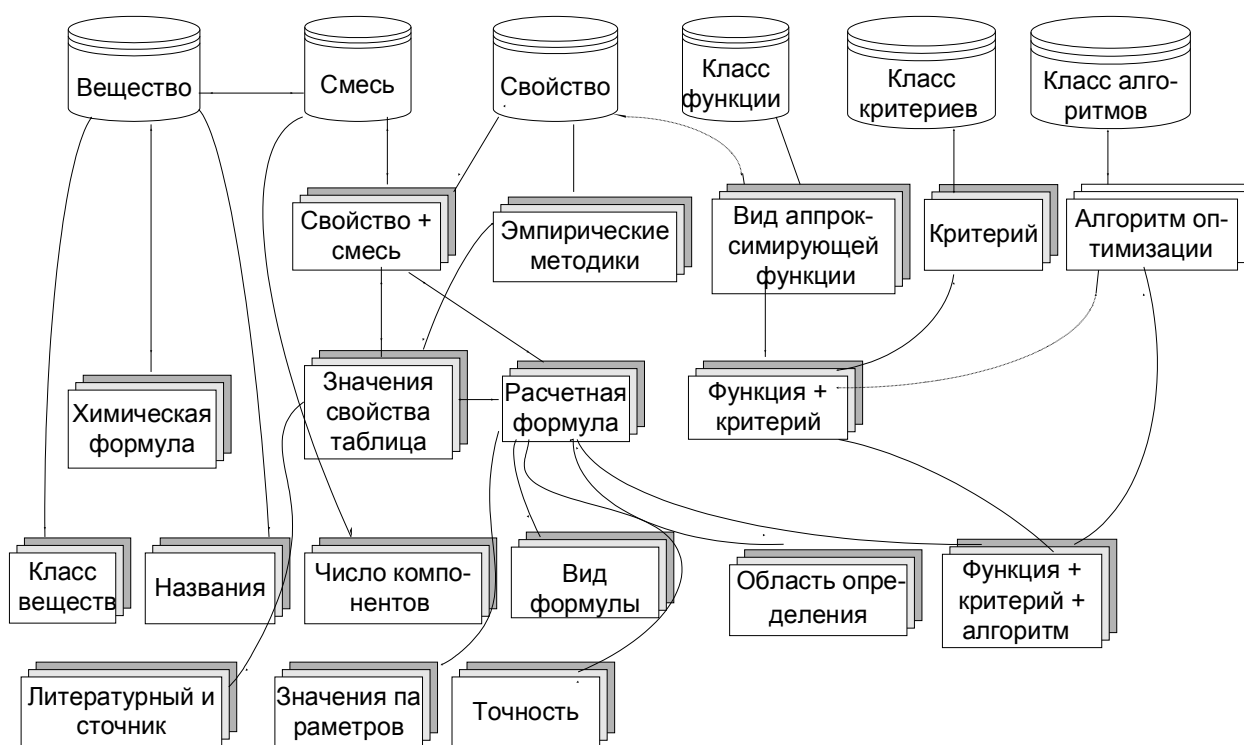


Рисунок 2 — Укрупненная концептуальная модель данных АСУ ТП ЭХР

Таблица 1 — Структура базы данных chim.dbf

Поле	Тип	Размер	Назначение	Код
name_chim	char	50	Наименование химического вещества	d ₂
kod_chim	char	3	Код вещества	d ₁
Formula	graph	—	Химическая формула вещества	d ₃

Граф структурной декомпозиции базы данных "Химические вещества" представлен на рис. 3. Множество записей базы данных представлено вектором $A = \{a_i\} / i = 1 \dots N$, где N — количество записей в базе данных. Множество реквизитов (полей) базы данных представлено вектором $D = \{d_i\} / i = 1 \dots L$, где L — количество полей. С учетом характера данных и потребности запросов множество ключей базы данных "Химические вещества" определено как

$$SUU = \{s_i\} \cup \{u_j\} / i = 0 \dots k, k \in N, j = 0 \dots m, m \in L, \quad (2)$$

где m — количество полей типа char, numeric, date; k — количество возможных классификаций веществ.

На основании анализа задачи можно выявить два типа ключей — ключи типа U (ориентированные на реквизиты базы данных) — сортировка данных по одному из реквизитов и ключи типа S (ориентированные на содержание записей в базе данных) — фильтр данных согласно первой цифре кода. Кроме того, возможны следующие варианты вывода реквизитов: одного реквизита, группы реквизитов, всех реквизитов, всех реквизитов, кроме одного и т.д. Эти условия составляют ключи типа D. Содержание ключей базы данных "Химические вещества" приведено в табл. 3. Таким образом, множество запросов к базе данных "Химические вещества" сводится к отношению $Z[A] = S[A] \cap U[A] \cap D[A]$.

Заполнение базы данных "Химические вещества" осуществляется с клавиатуры оператором априори в статическом режиме при помощи меню "Ввод и корректировка данных". Базы данных рецептов электролита осуществляют поддержку информационного обеспечения

технологического процесса электрохимического получения карбонатов. Количество баз данных рецептов электролита $K_{БД}$ определяется выражением:

$$K_{БД(p)} = \sum_{i=1}^{k_{np}} k_i^p, \tag{3}$$

где k_{np} — количество производимых продуктов, k_i^p — количество рецептов для получения i -го продукта. Структура названия файла данных в общем виде представлена словом: $rec_Eln.dbf$, где El — обозначение химического элемента, n — номер рецепта электролита для получения данного продукта.

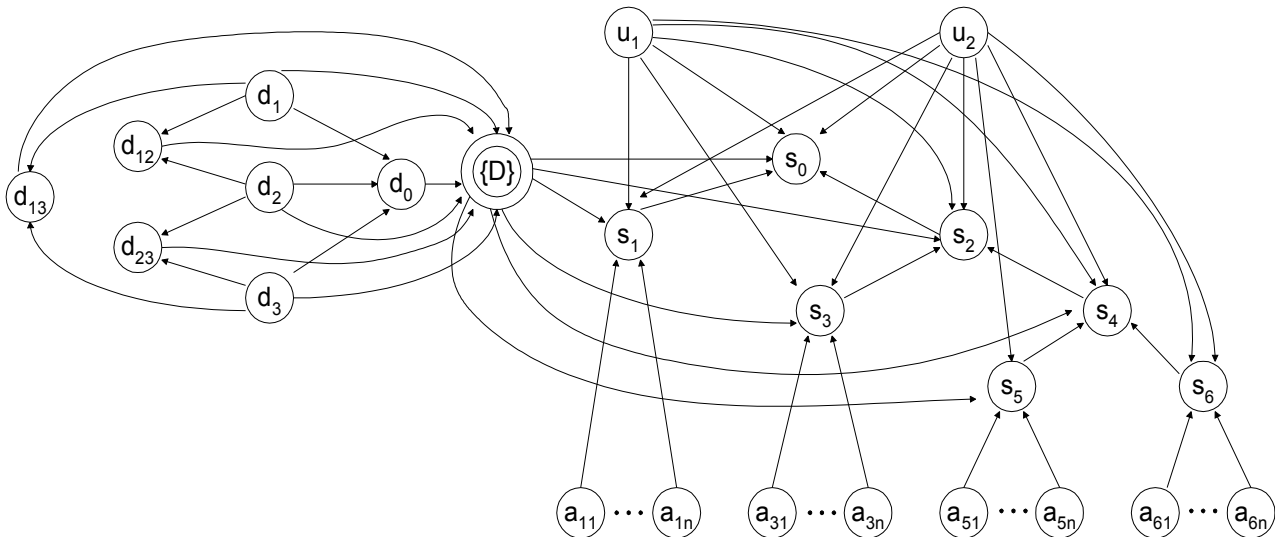


Рисунок 3 — Структурная декомпозиция базы данных "Химические вещества"

Таблица 2 — Ключи базы данных "Химические вещества"

Код ключа	Содержание	Операция с данными
s_0	Вывод всех данных без ограничений	$S[A] = \forall A = S_1 \cup S_2$
s_1	Готовые продукты	$S[A] = A / (d_1^1 = '1') = \bigcup_i a_{1i}$
s_2	Сырье для производства	$S[A] = A / (d_1^1 = '2' \vee '3') = S_3 \cup S_4$
s_3	Металлическое сырье	$S[A] = A / (d_1^1 = '3') = \bigcup_i a_{3i}$
s_4	Химическое сырье	$S[A] = A / (d_1^1 = '2') = S_5 \cup S_6$
s_5	Сухие химреактивы	$S[A] = A / (d_1^1 = '3' \wedge d_1^1 = '1') = \bigcup_i a_{5i}$
s_6	Жидкие химреактивы	$S[A] = A / (d_1^1 = '3' \wedge d_1^1 = '2') = \bigcup_i a_{6i}$
u_1	Сортировка по коду	$U_1[A]$
u_2	Сортировка по алфавиту	$U_2[A]$
d_1, d_2, d_3	Вывод одного из полей	$D[A] = d_i$
d_4, d_5, d_6	Вывод группы полей	$D[A] = d_i \cup d_j$
d_0	Вывод всех полей	$D[A] = \bigcup_i d_i$

Структура баз данных рецепта электролита оформлена в виде файла *rec_Eln.dbf* и имеет вид, приведенный в табл. 3. База данных для конкретного рецепта электролита создается путем копирования структуры обобщенной базы *rec_Eln.dbf* непосредственно перед вводом числовых данных при условии наличия данных в базе "Химические вещества".

Таблица 3 — Структура баз данных рецептов электролита

Поле	Тип	Размер	Назначение	Код
kod_chim	char	3	Код вещества	d ₁
soder	numeric	6:3	Содержание, %	d ₈

Создание и заполнение баз данных рецептов электролитов осуществляется согласно алгоритму (рис. 4).

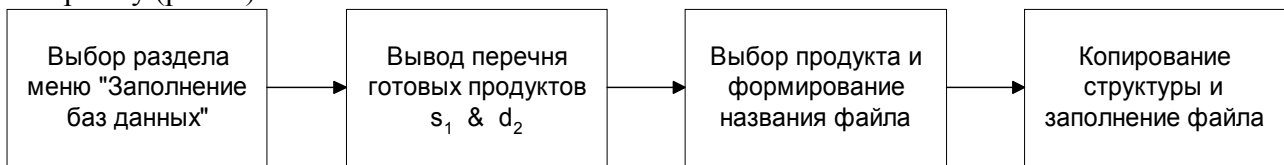


Рисунок 4 — Укрупненный алгоритм создания и заполнения баз данных рецептов электролита

Использование этих баз происходит в статическом режиме во время запуска системы при формировании файла данных "Технологический режим". Для этого осуществляется операция объединения баз данных *chim.dbf* и *rec_Eln.dbf* по ключу *kod_chim* с выводом полей *name_chim*, *soder*. Формализованное представление запроса в этом случае имеет вид:

$$Z[A] = S[A] \cap U[A] \cap D[A]$$

Фрагмент логической структуры динамической базы данных приведен в табл. 4. Кроме совокупности участков, описываемых кусочно-непрерывными функциями, данная модель данных включает особые точки, которые выходят за пределы значений функций описываемых временной интервал.

Таблица 4 — Фрагмент логической структуры динамической базы данных

№ диск-рета	Код вида зависимости	Коэффициенты				Фиксир. точки				Погрешность ε	Коэф-т корреляции R	Особые точки	
		C ₀	C ₁	C ₂	...	t ₁	t ₂	...	t _p			t _i	q _i

При логическом структурировании статических многомерных зависимостей переход от непрерывной аппроксимирующей зависимости $Y = Y(X_1, X_2, \dots, X_n) = Y(\bar{X})$ к ГФ, отражающей функциональную связь на некотором многомерном отрезке — дискрете

$$\left[\overline{X^H}, \overline{X^K} \right]: W_s^\varepsilon = \bigcup_j F_j(X_1, X_2, \dots, X_n),$$

где X_1, X_2, \dots, X_n — параметры статических n -мерных функциональных зависимостей, j — номера n -мерных дискретов (участков), F_j — функция n переменных для данного дискрета. Алгоритм человеко-машинной реализации образования многомерной генерирующей функции методом сплайн-аппроксимации можно сформулировать следующим образом. Все поле переменных x_1, x_2, \dots, x_n разбивается на участки (дискреты). Критерий оптимизации — минимальная погрешность при ограничениях на количество участков. Из базы данных стандартных функций, фрагмент которой представлен в табл. 5, выбирается предполагаемая ГФ. Если погрешность аппроксимации не удовлетворяет заданной, число участков увеличивается.

Таблица 5 — Логическая структура базы данных стандартных аппроксимирующих функций двух переменных

Код вида зависимости	Наименование	Аналитическое изображение	Наименование процедуры-функции
2S1	Линейная	$y = A + Bx_1 + Cx_2$	lin_y
		$x_1 = \frac{1}{B}(y - A - Cx_2)$	lin_x1
		$x_2 = \frac{1}{C}(y - A - Bx_1)$	lin_x2
2S2	Квадратичная	$y = A + Bx_1^2 + Cx_2^2 + Dx_1x_2$	kvadr_y
		$x_1 = \xi_1(x_2, y)$	kvadr_x1
		$x_2 = \xi_2(x_1, y)$	kvadr_x2
2S3	Степенная	$y = Ax_1^B x_2^C$	step_y
		$x_1 = \left(\frac{y}{A x_2^C} \right)^{1/B}$	step_x1
		$x_2 = \left(\frac{y}{A x_1^B} \right)^{1/C}$	step_x2
...	

Выводы

Программная реализация управления статическими многомерными и динамическими базами основывается на современных СУБД и наличии Windows-интерфейса и обеспечивает:

- максимальное быстродействие СУБД для оперативной работы в режиме реального времени;
- удобство ввода/отображения информации и связи с подсистемами управления верхнего уровня иерархии;
- динамическое отображенных данных [2];
- возможность работы в комплексе информационного обеспечения системы автоматизации технологического процесса.

Исходя из анализа существующих СУБД, реализация поставленной задачи может быть выполнена в среде Visual Basic 6.0 фирмы Microsoft.

Литература

1. Киктев Н.А. Структурная организация данных системы автоматизации технологического процесса электрохимического получения карбонатов / Искусственный интеллект, № 1, 1999. — Д.: ДИПИИ, 1999. — С. 83–91.
2. Гуляев А.И. Временные ряды в динамических базах данных. — М.: Радио и связь, 1989. — 128 с.
3. Разработка и внедрение автоматизированной системы управления технологическими процессами производства гальванопокрытий завода «Скиф». Отчет по НИР № X-79-296-097.4 / Донецкий политехнический институт. — Донецк, 1981. — 334 с.
4. Сайт компании MicroCHIP: www.microchip.ru
5. Поль Дюбуа, MySQL: Пер. с англ.: — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 816 с.