

# **Использование реляционной базы данных в качестве информационного ядра интегрированной САПР электроавтоматики**

А.Н.Липатов

РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина,  
4567770, г. Снежинск Челябинской обл., а/я 245  
[kb2@vniitf.ru](mailto:kb2@vniitf.ru)

Задача информационной интеграции прикладных систем наилучшим образом решается, если эти системы изначально разрабатываются с ориентацией на использование единого информационного ядра. При разработке САПР электроавтоматики (ЭА) в качестве такого ядра использовалась реляционная база данных, на которую была отображена концептуальная модель предметной области. В результате основой информационного ядра и центром взаимосвязей внутри него естественным образом стала Таблица Составов, своего рода «электронная спецификация» (Bill Of Materials). Тем самым задача «внутренней» интеграции прикладных подсистем подготовила почву для будущей «внешней» интеграции САПР «ЭА» с компонентами PLM, которая, очевидно, будет происходить в рамках некоторой стандартной покупной системы управления проектными данными (PDM).

## **Введение**

Исторически сложилось так, что САПР электроавтоматики (САПР "ЭА") создавалась в виде отдельных островков автоматизации, между которыми перебрасывались мостики в виде обменных файлов. Каждая подсистема проектирования запускалась автономно, обрабатывая файл исходных данных согласованного формата и создавая файл выходных данных согласованного формата. С развитием технологий хранения и обработки данных изменился и взгляд на данные, формируемые в процессе автоматизированного проектирования. В рамках концепции CALS единица проектных данных имеет внутреннюю структуру и трактуется как информационный объект (ИО), а обмен данными – как передача ИО от одного этапа проектирования другому через интегрированную информационную среду (ИИС).

Очевидно, что возможность существования множества объектов в едином хранилище, их преобразования различными прикладными системами и доступа к ним различными пользователями может быть обеспечена только за счет стандартной формы представления объектов. Поэтому все процессы создания и преобразования ИО должны выполняться на основе тщательно проработанной

модели предметной области. В качестве инструмента анализа предметной области схемно-конструкторского проектирования нами была использована методология информационного моделирования IDEF1X.

## Инвариантная часть информационной модели

Рассмотрим обобщенный процесс *автоматизированного* конструкторского проектирования, происходящий в рамках ЕСКД. Опишем на основе методологии «сущность-отношение» ту часть информационной модели предметной области, которая не зависит от типа проектируемого изделия и номенклатуры выпускаемой конструкторской документации. Для этого нам понадобятся всего три базовые сущности: *СоставнаяЧасть*, *Документ* и *Приложение*. Диаграмма IDEF1X, характеризующая эти сущности и показывающая отношения между ними, представлена на Рис. 1. Условимся называть *виртуальным проектом изделия* (или просто *проектом*) информацию о разрабатываемом изделии, представленную формализованными данными в таблицах информационного ядра (ИЯ) и связанным с ними комплектом электронной КД (ЭКД).

Сущность *СоставнаяЧасть* идентифицирует *изделие в проекте* и хранит атрибуты, необходимые для формирования иерархии состава и получения спецификации по ЕСКД. Это может быть *головное изделие проекта*, либо одна из его проектируемых составных частей, либо стандартное изделие, которое используется при проектировании. Каждый экземпляр сущности *СоставнаяЧасть* имеет уникальное обозначение или уникальное наименование, признак принадлежности определенному разделу спецификации, код-ссылку на родительскую составную часть (основу рекурсивного отношения *входит в состав*). В базе данных ИЯ сущность *СоставнаяЧасть* реализуется как *таблица состава* и является основным хранилищем информации и сердцевиной взаимосвязей внутри проекта.

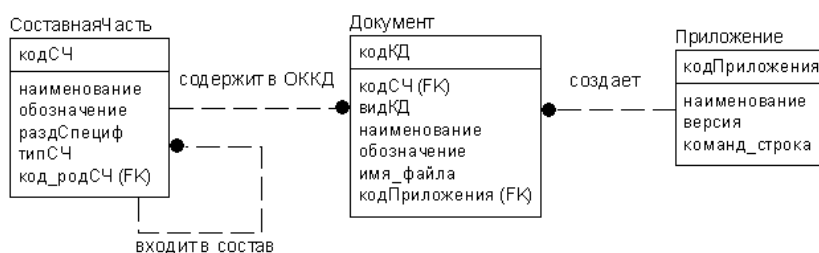


Рис. 1: Базовые сущности и отношения предметной области конструкторского проектирования

Сущность *Документ* идентифицирует документ, входящий в основной комплект конструкторских документов (ОККД) определенного изделия и хранит атрибуты, необходимые для поиска документа и запуска *приложения* по

## Использование реляционной базы данных в качестве информационного ядра интегрированной САПР электроавтоматики 3

работе с документом. В базе данных проекта сущность *Документ* реализуется как *таблица документов*, где накапливаются и хранятся ссылки, связывающие составную часть с комплектом электронной документации на нее.

Сущность *Приложение* идентифицирует программу, выполняющую определенные функции проектирования, как правило, в диалоге с конструктором и, как правило, предназначенную для формирования определенного конструкторского документа. Это может быть подсистема автоматизированного проектирования общего назначения (ProEngineer, AutoCAD, PCAD), либо специального назначения ("Э6", "Э3", "Жгут\_ЭА").

Теперь приступим к рассмотрению тех компонентов модели данных, которые являются специфическими для предметной области *схемно-конструкторского проектирования*.

### Информационные объекты и взаимосвязи схемы Э6

Схема *электрическая общая изделия (Э6)* содержит информацию о трех типах объектов: *Прибор*, *Жгут* и *Соединитель*. При этом соединители принадлежат приборам или жгутам, а те, в свою очередь, входят в состав изделия. Помимо всеобщего отношения *входит в состав*, схема Э6 содержит характерный именно для нее тип отношения: *разъемное соединение*. В разъемном соединении участвуют ровно два соединителя: вилка и розетка. За счет вклада, внесенного схемой Э6, первоначальная модель данных может быть расширена до модели, представленной на Рис. 2.

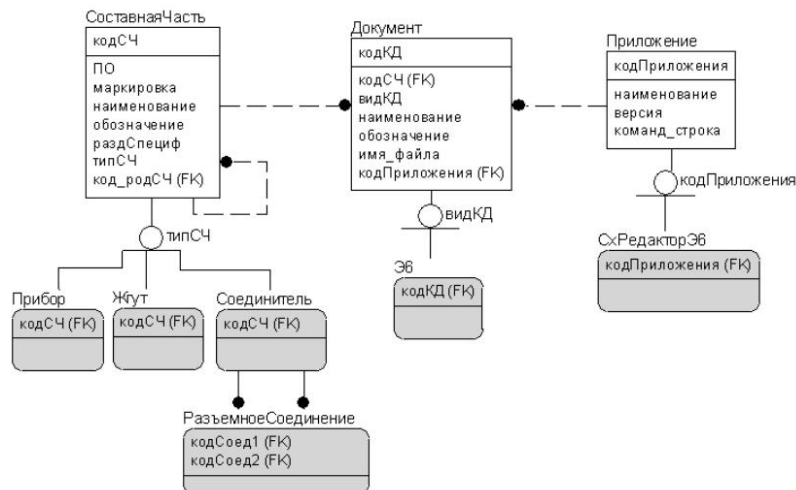


Рис. 2: Вклад схемы Э6 в общую модель данных

Представленную диаграмму можно трактовать следующим образом. При автоматизированном создании Эб (с помощью приложения «Схемный редактор Эб») одновременно с графическим файлом, содержащим изображение документа в его традиционном виде, в ИЯ формируется ряд связанных таблиц с информационной “вытяжкой” из этого файла. Составные части, находящие отражение на схеме Эб, – это суть *Прибор*, *Жгут* и *Соединитель*, которые в ИЯ реализованы как соответствующие таблицы, подчиненные *таблице состава*. Отношение разъемного соединения моделируется с помощью ассоциативной сущности *РазъемноеСоединение*, которая в ИЯ реализована в виде таблицы, содержащей парные коды связанных соединителей.

Следует отметить, что сущность *СоставнаяЧасть* дополнилась двумя новыми атрибутами: *ПО* и *маркировка*, которые являются отличительными признаками составных частей в электрических схемах:

### Информационные объекты и взаимосвязи схемы ЭЗ

**Схема электрическая принципиальная (ЭЗ)** определяет полный состав элементов и электрические связи между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия. С точки зрения информационного моделирования важным является то, что схема ЭЗ формирует новый тип отношений между СЧ: *объединение контактов СЧ по признаку равного потенциала*. Вклад, вносимый схемой ЭЗ в общую модель данных, представлен в виде диаграммы на Рис. 3.

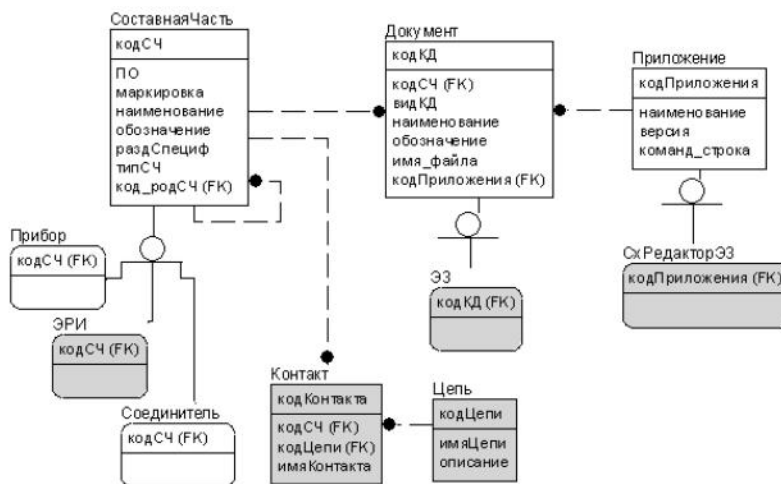


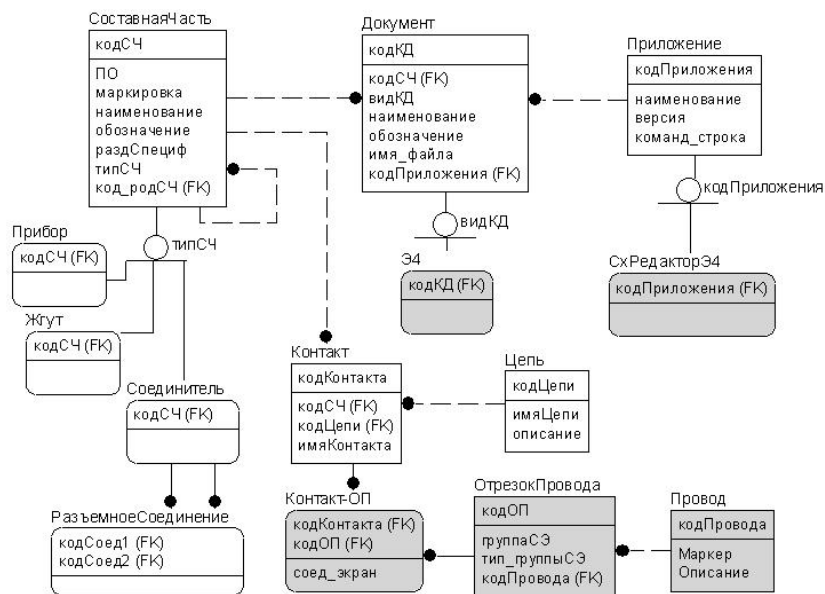
Рис. 3: Вклад схемы ЭЗ в общую модель данных

Составные части ЭА, находящие отражение на схеме ЭЗ, – это суть *Прибор*, *ЭРИ* и *Соединитель*, которые в модели данных представлены как подсущности суперсущности *СоставнаяЧасть*, а в ИЯ реализованы как соответствующие таблицы, подчиненные таблице состава. Отношение *равного потенциала*

моделируется с помощью ассоциативной связи между сущностями *Контакт* и *Цепь*. В ИЯ им будут соответствовать *таблица контактов* и *таблица цепей*. Каждый контакт из таблицы контактов, с одной стороны, принадлежит некоторой СЧ из таблицы состава, с другой – связан с некоторой электрической цепью.

### Информационные объекты и взаимосвязи схемы Э4

Схема электрическая соединений (Э4) содержит все устройства и элементы, входящие в состав изделия, а также соединения между ними в виде проводов и жгутов. С точки зрения информационного моделирования важным является возникновение нового типа связей между контактами, а именно связей типа *проводное соединение*. Вклад, вносимый схемой Э4 в общую модель данных, представлен на Рис. 4.



**Рис. 4: Вклад схемы Э4 в общую модель данных**

Новая сущность, *ОтрезокПровода*, связана с сущностью *Контакт* через ассоциативную сущность *Контакт-ОП*. Специальные атрибуты *группаСЭ* и *тип\_группыСЭ* служат для описания группировки по скрутке/экранированию. Атрибут *соед\_экран* сущности *Контакт-ОП* отражает соединение экранов проводов на контактах конкретного соединителя. Ссылка на марку провода реализуется с помощью внешнего ключа *кодПровода*.

## Полная модель данных, отражающая электрическую конструкцию изделия

Интегрируя вклады каждого объекта проектирования в общую модель данных, приходим к диаграмме (Рис. 5), на которой представлено *ядро информационной модели САПР «ЭА»*. Это ядро состоит из двух десятков базовых таблиц, которые в компактном и формализованном виде накапливают, хранят и предоставляют всем связанным этапам проектирования необходимую информацию.

Основой ИМ является *таблица состава (СоставнаяЧасть)*. Построенное на этой таблице рекурсивное отношение отражает входимость элементов ЭА в состав друг друга. Ей подчинены таблицы, отражающие специфику предметной области схемно-конструкторского проектирования: таблицы «Прибор»-ов, «Жгут»-ов, «Соединитель»-ей, «Контакт»-ов и т.д.

Таблица *Материал*, подчиненная таблице состава, описывает материалы, такие как *Трубка*, *Плетенка*, *Провод*, примененные в составных частях ЭА. Таблица *Документ* представляет множество конструкторских документов, выпущенных на составные части ЭА.

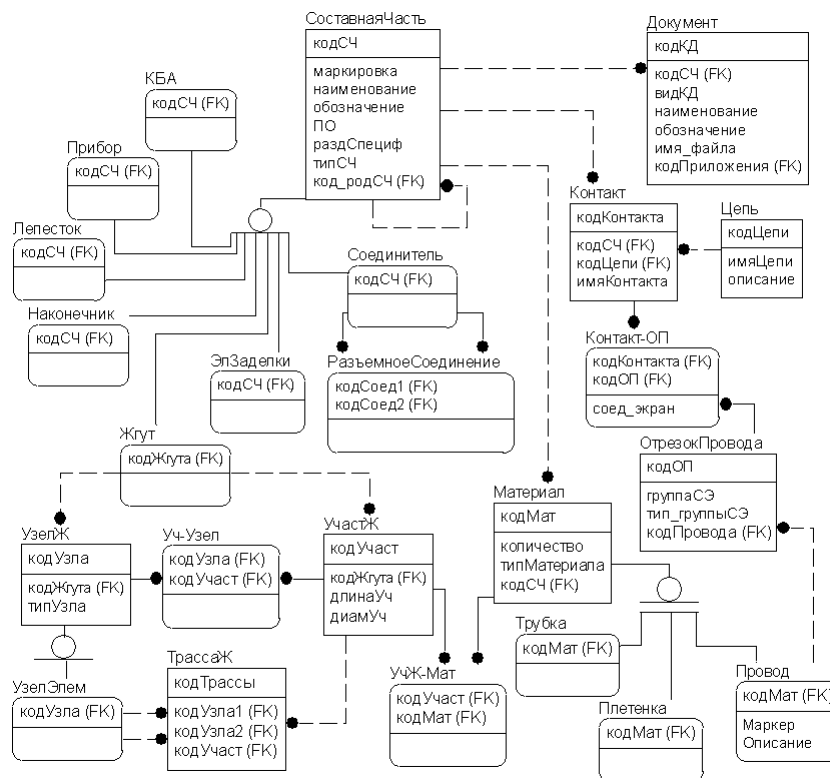


Рис. 5: Полная модель данных, отражающая электрическую конструкцию изделия

## Использование реляционной базы данных в качестве информационного ядра интегрированной САПР электроавтоматики 7

Целый ряд таблиц служит для описания взаимосвязей составных частей ЭА:

- таблица *РазъемноеСоединение* описывает взаимосвязи соединителей, осуществляемые на основе разъемного соединения "вилка-розетка";
- таблицы *Контакт* и *Цепь* описывают взаимосвязи контактов СЧ (приборов, соединителей, ЭРИ) по признаку равного потенциала;
- таблицы *УзелЖгута*, *УчастокЖгута* и др. описывают топологические и геометрические связи в жгуте;
- таблицы *Контакт-ОП*, *ОтрезокПровода*, *Провод* представляет реализацию электрических связей в виде проводного монтажа.

Такого рода табличная модель данных, заполненная в процессе проектирования информацией о конкретном изделии, с точки зрения отражения состава, характеристик составных частей и взаимосвязей между ними является *полным эквивалентом* традиционной КД на ЭА. Хотя форма представления данных является менее наглядной для человека, зато более формализованной и доступной для процедур автоматизированной обработки.

## Практика использования реляционной базы данных в качестве информационного ядра САПР «ЭА»

Разработанная модель предметной области была реализована в виде связанных таблиц базы данных MS Access 2000. Взаимодействие прикладных систем (схемных редакторов, программ трассировки, конструкторского расчета, формирования спецификации и т.д.) с информационным ядром осуществляется через объектно-ориентированный интерфейс, построенный на основе COM-технологий.

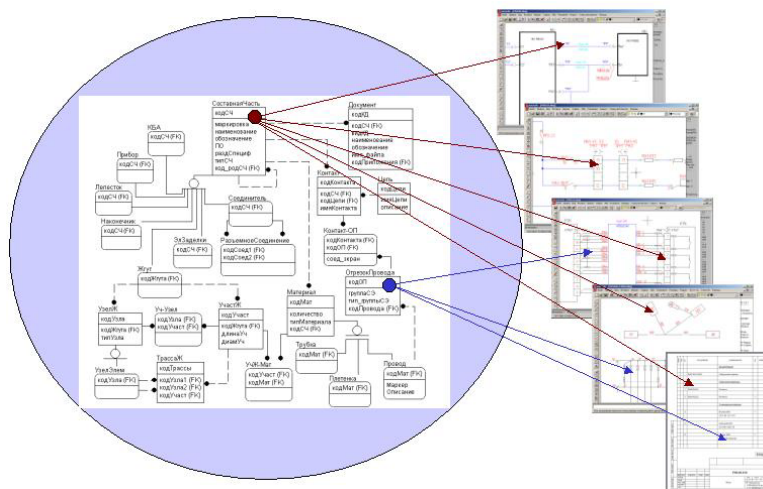


Рис. 6: Виртуальный проект автоматики = информационное ядро + комплект ЭКД

Строгая нормализация информационного ядра не только обеспечила его высокую компактность, но и дала возможность использовать встроенные в СУБД процедуры по сохранению *ссылочной целостности* для поддержания целостности проектных данных при их создании, изменении и удалении.

Для согласования табличных данных с комплектом электронной КД был предложен и реализован механизм, использующий уникальную идентификацию объектов информационного ядра и распространяющий ее на объекты электронной КД (Рис. 6). Например, некоторый элемент, единожды представленный в таблице состава, пусть это будет соединитель, может быть многократно представлен в различных ЭКД: схемах Э6, Э3, Э4, на сборочном чертеже жгута и в спецификации. Всюду в этих документах он несет тот уникальный код, который приписан ему в таблице состава. Благодаря этому прикладные программы, проходя по цепочкам информационных объектов с одинаковыми кодами, могут поддерживать целостность виртуального проекта ЭА при изменениях, происходящих в любом из приложений.

В заключение отметим, что интегрированная САПР «ЭА», построенная на представленном информационном ядре, используется в конструкторских подразделениях РФЯЦ-ВНИИТФ с января 2005 года. Опыт ее эксплуатации доказал не только возможность, но и практическую полезность изложенного подхода. Этот подход решил задачу «внутренней» интеграции прикладных подсистем и подготовил почву для будущей «внешней» интеграции САПР «ЭА» с компонентами PLM, которая, очевидно, будет происходить в рамках некоторой стандартной покупной системы управления проектными данными (PDM). Действительно, хранилищем данных в PDM-системе, как правило, является реляционная БД, а центром взаимосвязей – таблица состава изделия. Наш подход обеспечивает легкое встраивание приложений САПР «ЭА» в подобную среду, путем «пристыковки» связанных предметно-ориентированных таблиц (Цепей, Контактных и т.д.) и, возможно, корректировки некоторых базовых SQL-запросов.

Итак, мы готовы к интеграции. А Вы?