

**В. Н. Гридин**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., директор, e-mail: info2@dict.ras.ru,  
**В. И. Анисимов**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., e-mail: ailaristov@inbox.ru,  
**Г. Д. Дмитриевич**<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф., **А. И. Ларистов**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
**Я. М. Аль-Шамери**<sup>2</sup>, аспирант

<sup>1</sup>Центр информационных технологий в проектировании, г. Одинцово, МО

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ)

## Организация информационного обеспечения web-ориентированных схемотехнических САПР

*Рассматриваются вопросы организации информационного обеспечения web-ориентированных схемотехнических САПР на основе технологий баз данных. Анализируется состав проектных данных схемотехнических САПР. Предлагается сформировать распределенную структуру информационного обеспечения web-ориентированных САПР, в основе которой лежит использование единого проектного пространства на Web-сервере Интернет-ресурсов САПР. Взаимодействие пользователей с Web-сервером Интернет-ресурсов САПР возможно с помощью встроенного браузера и серверных web-приложений доступа к базам данных. Рассматривается состав баз данных, входящих в единое информационное пространство Web-сервера, и предлагаются методы для реализации его составляющих.*

**Ключевые слова:** web-ориентированные схемотехнические САПР, информационное обеспечение САПР, технологии баз данных, Web-сервер Интернет-ресурсов САПР

### Введение

В настоящее время технология проектирования электронных схем полностью ориентирована на сквозное применение САПР на всех стадиях разработки, начиная от этапа получения и анализа принципиальной схемы устройства и заканчивая этапом топологического проектирования. При этом современные интегрированные САПР в области проектирования РЭА (EDA — Electronic Design Automation) широко представлены на рынке [1]. Среди наиболее широко используемых в настоящее время EDA следует отметить зарубежные системы компаний *Cadence*, *Mentor Graphics*, *Zuken*, *Atium* и *Synopsys*, предлагающие средства проектирования СБИС, в том числе и систем на кристалле. На российском рынке большой популярностью пользуется система *Altium Designer*, наследующая технологии системы P-CAD. Успешно развиваются системы *ToroR* и *SimOne* отечественных разработчиков компании "Эремекс" [2].

Следует отметить, что стоимость лицензий на использование этих систем достаточно высока и составляет от нескольких десятков до сотен тысяч долларов и, по мере усложнения этих систем, она будет только возрастать. При этом алгоритмическое и программное обеспечение систем является одной из основных составляющих САПР, определяющих их стоимость в настоящее время. Кроме того, для обеспечения проектирования цифровых электронных схем большой степени сложности (более нескольких сот компонентов при нескольких тысячах контактов и/или трасс) при использовании таких систем, как *Specetra*, *Expedition* или *Synopsys*, требуются высокопроизводительные серверные платформы, стоимость которых сопоставима

со стоимостью программного обеспечения САПР. В этой связи приобретение современных САПР, их официальное использование доступно только для крупных корпоративных пользователей, широко практикующих разработку современной радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры. Для пользователей, имеющих относительно небольшой объем разработки мелкосерийной электронной аппаратуры, покупка лицензий таких САПР оказывается экономически невыгодной.

Одним из возможных решений данной проблемы является использование web-ориентированных версий интегрированных САПР с облегченным режимом лицензирования. Перемещение производственных систем (CAD, CAE, PLM, ...), используемых в процессе проектирования, разработки технологий и производства радиоэлектронной аппаратуры, в Интернет-среду может развиваться в следующих направлениях [3, 4, 10]:

- создание нового класса распределенных прикладных систем на основе web-технологий;
- перенос в Интернет существующих приложений и средств хранения данных с использованием облачных технологий.

Применительно к схемотехническим САПР каждое из направлений имеет значительные различия и особенности. Однако общим для решения данной проблемы является процесс перестройки информационного фонда САПР на платформу баз данных и разработка web-ориентированных версий специализированных СУБД. При этом в рамках каждого направления накладываются определенные ограничения и требования к построению информационного обеспечения САПР.

## Анализ составляющих информационного фонда схмотехнических САПР

Процесс проектирования объекта можно представить как связанную совокупность этапов преобразования одних данных в другие. При этом данные, полученные в результате одного процесса преобразования, могут быть исходными для другого процесса (промежуточные данные). Это приводит к различным трактовкам термина "данные" в САПР. Так, для проектирующих подсистем к данным относится совокупность исходных и результирующих чисел, необходимых для выполнения конкретной проектной процедуры; пользователю САПР в качестве данных требуется иметь в своем распоряжении исходную проектную документацию, справочные данные, типовые проектные решения и т. д.

Основными задачами при построении информационного обеспечения Web-ориентированных схмотехнических САПР являются: определение состава информационного фонда с учетом функционального назначения используемой информации; распределение компонентов информационного фонда между рабочей станцией и web-сервером Интернет ресурсов САПР; разработка инфологических моделей данных на семантическом уровне для определения структуры компонентов информационного фонда; переход от инфологических моделей к даталогическим моделям и формирование структур хранения данных; выбор инструментальных средств для организации хранения компонентов информационного фонда на основе технологий баз данных; определение оптимальных методов доступа к данным, учитывая распределенный характер их размещения в сети Интернет; разработка систем управления базами данных схмотехнических САПР.

Определим состав информационного фонда. В зависимости от назначения информации можно выделить следующие компоненты информационного фонда схмотехнических САПР:

Компонент *A*. Информация о структуре проектируемой схемы и ее внешних выводах.

Компонент *B*. Информация о структуре моделей схемных компонентов, входящих в состав схемы, и значениях параметров их моделей.

Компонент *C*. Исходные данные, определяющие задание на моделирование схемы и условия выполнения проектных операций и процедур.

Компонент *D*. Выходные данные, являющиеся результатом выполнения проектной процедуры или операции (результаты расчетов). Эти данные обновляются для каждой проектируемой схемы.

Компонент *E*. Текущая и итоговая проектная документация отражает состояние и ход проектирования схемы. Эта группа данных слабо структурирована и существует в форме текстовых документов и чертежей.

Компонент *F*. Нормативно-справочная проектная документация (НСПД). В состав этой группы данных входят справочные данные о материалах, элементах схем, унифицированных узлах и конструкциях.

Компонент *G*. Государственные и отраслевые стандарты, регламентирующие документы, руководящие материалы и указания.

Компонент *H*. Готовые проекты и типовые проектные решения, полученные с помощью САПР.

Следует отметить, что для непосредственного моделирования электронной схемы необходимы только те данные, которые считываются и выводятся программными модулями системы. К ним относятся компоненты данных *A*, *B*, *C* и *D*. Компоненты данных *F*, *G* и *H* представляют собой комплекты документов, используемые инженером-схмотехником в процессе синтеза принципиальной схемы. Готовые проектные решения соответствуют компоненту данных *E*. Эти данные представляют собой полный комплект проектных документов на разрабатываемую схему в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД). Источником формирования компонента данных *E* могут служить наряду со схмотехническими САПР также конструкторские и технологические САПР. Часть документов этого вида может быть получена с помощью офисных приложений (MS Word, MS Excel, Adobe Acrobat и др.). Совокупность всех данных компонентов *A*, *B*, *C*, *D* и *E*, относящихся к одному проекту, является единицей хранения для компонента данных *H*. Этот компонент содержит описание проектируемой схемы, файлы результатов моделирования и полный комплект проектной документации на разрабатываемую схему.

## Базы проектных данных схмотехнических САПР

Проблему организации и ведения информационного фонда схмотехнических САПР можно рассматривать в содержательном и организационном аспектах. Содержательный аспект информации, используемой при проектировании, полностью определяется принятой методикой проектирования, структурой программного обеспечения, разработанными алгоритмами решения проектных задач [5]. Организационный аспект определяет технологии работы с данными, способы хранения и ведения информационного фонда. Наиболее универсальным является использование специализированных и универсальных СУБД для организации информационного обеспечения САПР [6]. Данный способ позволяет: выполнить структурирование данных в виде, удобном для проектировщика; выделить коллективно используемые данные и сформировать централизованный информационный фонд САПР; обеспечить поиск нормативно-справочной и проектной документации. Кроме того, при таком способе хранения данных обеспечивается централизованное копирование и восстановление данных, разграничение доступа к данным, возможность доступа к данным в сети Интернет. Универсальность данного подхода позволяет использовать СУБД для хранения практически всех компонентов информационного фонда САПР.

Следует отметить, что в настоящее время в САПР наиболее часто применяют специализированные СУБД [7], создаваемые одновременно с разработкой программного обеспечения САПР. Такие СУБД ориентированы, как правило, на обеспечение информацией проектирующих систем и не содержат нормативно-справочных и архивных проектных документов. Применение универсальных СУБД в САПР позволяет наиболее полно реализовать все функции по ведению информационного фонда САПР.

В соответствии с функциональным назначением компонентов информационного фонда можно выделить следующий перечень баз данных.

*Базы данных, непосредственно используемые в процессе функционирования САПР.*

- База данных сеанса проектирования (БДСП) — содержит компоненты данных *A, C, D, E* (исходное описание схемы; входные и результирующие данные, необходимые при выполнении программных модулей). Следует отметить, что содержимое БДСП соответствует электронной схеме, моделируемой в рамках текущего сеанса проектирования, и полностью обновляется при переходе к моделированию другой схемы. Исходное описание схемы и результаты моделирования могут быть сохранены в файлах для последующего использования в рамках нового сеанса проектирования или переданы на долговременное хранение в архив проектных решений.
- База данных моделей компонентов (БДМК) — информация о структуре моделей схемных компонентов, входящих в состав проектируемой схемы, и значениях параметров их моделей (компонент данных *B*). Данная информация является общей для всех проектов, выполняемых в САПР, и изменяется достаточно редко (только при добавлении новых схемных компонентов и их моделей).

Перечисленные базы данных (библиотеки данных) в той или иной форме присутствуют практически во всех современных схемотехнических САПР [8]. В дополнение к ним в состав САПР необходимо включить *базы данных, ориентированные на хранение проектных документов и окончательных результатов проектирования*. Эти базы данных непосредственно не связаны с проектирующими подсистемами САПР и могут использоваться автономно в рамках подсистемы хранения проектных данных. Они предназначены для хранения компонентов данных *E, F, G, H, K*.

- База данных нормативно-справочной проектной документации (БДНСПД) — справочные данные о материалах, элементах схем, унифицированных узлах и конструкциях; государственные и отраслевые стандарты; руководящие материалы и указания. Хранящиеся в БДНСПД сведения используют во всех проектах, выполняющихся в САПР, и имеют малую частоту обновления.
- База данных рабочих проектов (БДРП) — входные данные, результаты моделирования и текущая

проектная документация, отражающая состояние и ход выполнения проекта. Хранящиеся данные должны быть привязаны к конкретным проектам и обновляться в процессе выполнения очередного сеанса проектирования. Процессом пополнения БДРП управляет инженер-схемотехник, используя в качестве источников данные из БДСП и файлы документов, полученные с помощью внешних приложений (Word, Excel и др.).

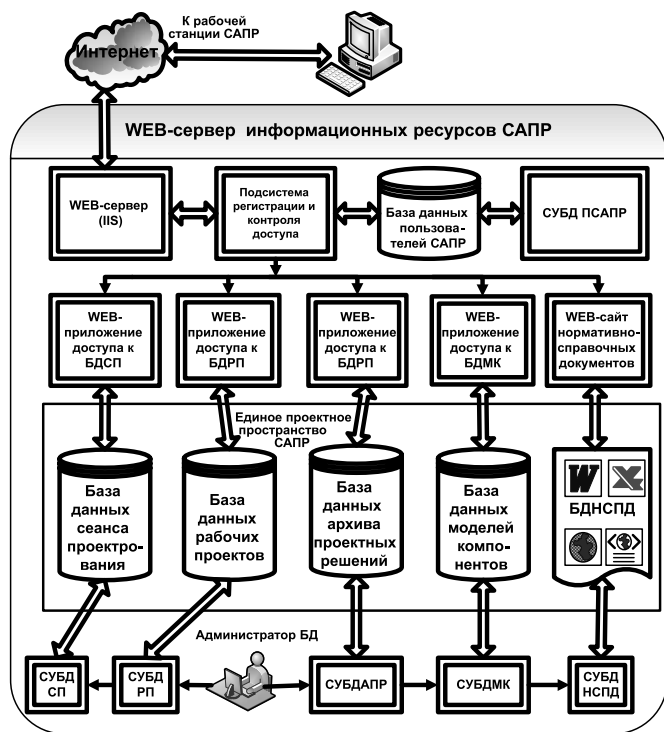
- База данных архива проектных решений (БДАПР) — законченные и типовые проектные решения, выполненные в САПР. Информация из БДПР, подлежащая долговременному хранению, передается в БДАПР. При этом должна быть реализована возможность поиска и извлечения данных, относящихся к конкретному проекту.

Основой для переноса процесса автоматизированного проектирования РЭА в Интернет может служить создание единого проектного пространства САПР (ЕПП САПР) и размещение его в глобальной сети на Web-сервере(-ах) информационных ресурсов САПР (СИР САПР). При этом основными требованиями к распределенной структуре единого проектного пространства САПР являются:

- обеспечение коллективной работы пользователей САПР в сети Интернет над общим проектом, выполняемым в САПР;
- наличие оперативного доступа из среды САПР к централизованным базам данных схемных компонентов;
- возможность сохранения на Web-сервере информационных ресурсов САПР текущих проектных данных, полученных на рабочей станции, и последующее их использование в рамках следующего сеанса проектирования;
- использование в проекте единых нормативных и справочных баз для всех пользователей САПР, работающих над проектом;
- обеспечение формирования единого архива проектных решений, доступного для всех пользователей САПР;
- протоколирование сеансов доступа пользователей САПР к базам данных и изменений, вносимых в проектные данные.

На основе анализа перечисленных требований и состава баз данных предлагается сформировать распределенную структуру информационного обеспечения Web-ориентированной САПР, представленную на рисунке. Особенностью предложенной архитектуры является использование единого проектного пространства на Web-сервере Интернет-ресурсов САПР. Взаимодействие пользователей с Web-сервером Интернет-ресурсов САПР возможно с помощью встроенного браузера и серверных web-приложений доступа к базам данных. При этом пользователям необходимо выполнить процедуру авторизации на сервере.

Следует отметить, что базы данных, ориентированные на хранение документов, практически отсутствуют в составе современных схемотехниче-



Базы данных схемотехнических САПР

ских САПР. Не решены полностью проблемы формирования архивов проектных решений и систем поддержки коллективной работы над проектами. Встречаются отдельные реализации фирменных электронных справочников по схемным компонентам в сети Интернет, однако их содержимое относится, как правило, к изделиям одного производителя. Таким образом, в процессе автоматизирован-

ного проектирования пользователь САПР вынужден обращаться к разнородным источникам информации и использовать традиционные справочники на бумажном носителе для поиска и отбора технической информации и, кроме того, самостоятельно обеспечивать формирование и хранение проектных данных, полученных в результате взаимодействия с САПР. Для решения перечисленных проблем предлагается включить в состав единого информационного пространства САПР (ЕИП САПР) централизованную базу данных моделей компонентов и подсистему хранения проектных данных, размещаемых на Web-сервере Интернет-ресурсов САПР, и обеспечить к ним доступ из рабочих станций САПР.

### Выбор методов реализации баз данных Web-сервера Интернет-ресурсов САПР

Рассмотрим способы организации ЕИП схемотехнических САПР, размещаемого на Web-сервере. Во многом структуры данных определяются назначением компонентов информационного фонда. На основе анализа содержания баз данных предлагается использовать следующие подходы к реализации информационного обеспечения рассматриваемых САПР, которые нашли отражение в таблице.

Структура файлов БДСП полностью определяется форматами данных используемой САПР. Для сохранения этих файлов на рабочей станции пользователь может воспользоваться стандартными файловыми менеджерами. В случае передачи этих файлов на сервер Интернет-ресурсов САПР в базу данных рабочих проектов необходимо в проводнике выполнить соединение со службой FTP Web-сервера, пройти процедуру регистрации и после отправ-

№ пп	Наименование БД	Назначение БД	Способ хранения информации	Способ ведения	Способ доступа
1	БДСП	Файлы промежуточных и конечных результатов проектирования и файлы с описанием схемы	Двоичные и текстовые файлы операционной системы	Файлы создаются, модифицируются и удаляются программными модулями САПР	Открытие файлов и считывание данных программными модулями САПР
2	БДМК	Информация о структуре моделей схемных компонентов и значениях их параметров	Таблицы реляционной БД	Система управления БД	Web-приложение доступа к БД, Интернет-браузер
3	БДРП	Файлы промежуточных и конечных результатов проектирования и файлы с описанием схемы. Текущая проектная документация, отражающая состояние и ход выполнения проекта	Картотека файлов в виде таблиц реляционной БД, двоичные и текстовые файлы операционной системы, файлы документов в формате внешних приложений	Система управления БД. Обмен файлами через Интернет по протоколу FTP	Web-приложение доступа к БД, Интернет-браузер
4	БДАПР	Законченные и типовые проектные решения, выполненные в САПР	Таблицы реляционной БД. Файлы исходных и результирующих данных САПР, файлы документов в формате внешних приложений	Система управления БД. Обмен файлами через Интернет по протоколу FTP	Web-приложение доступа к БД, Интернет-браузер
5	БДНСПД	Справочные данные о материалах, элементах схем, унифицированных узлах и конструкциях; государственные и отраслевые стандарты, руководящие материалы	HTML-файлы, файлы документов в формате внешних приложений	Обмен файлами через Интернет по протоколу FTP	Web-сайт нормативно-справочных документов, Интернет-браузер

ки файлов занести соответствующую информацию в таблицы БДСП. Реализацию БДМК целесообразно проводить на основе реляционной модели данных, так как информация о моделях схемных компонентов хорошо структурирована и может быть представлена в виде таблиц.

Для построения БДРП предлагается использовать комбинированный подход хранения данных, который предполагает:

- непосредственное хранение файлов проектных документов в формате внешних приложений и файлов, полученных в результате проектирования объекта в САПР, на устройстве внешней памяти;
- хранение реквизитов файлов, характеризующих их принадлежность определенному проекту, иерархическую вложенность, историю изменений и т. д., в таблицах реляционной базы данных.

Данный подход широко применяется в системах электронного документооборота [9]. Каждый документ в системе электронного документооборота имеет набор однозначно характеризующих его реквизитов (часто этот набор называют карточкой документа). Карточка может включать тип документа (например, принципиальная схема), имя автора, даты формирования и изменения документа, отдел, в котором должен храниться документ, и многое другое. Хранение и поиск проектных документов осуществляется также в соответствии с реквизитами, указанными в карточке. Для хранения файлов данных САПР необходимо добавить в базу данных соответствующие карточки.

Организация БДАПР также может быть выполнена на основе комбинированного подхода, но в этом случае необходимо дополнительное сжатие проектных файлов для минимизации занимаемого дискового пространства и наличие процедуры поиска архивированных данных. Содержание БДНСПД представляет собой совокупность электронных версий справочников, нормативных документов, государственных стандартов и других документов в формате внешних приложений MS Word, Adobe Acrobat и др. Часто для формирования электронных документов применяют также HTML-страницы. Все перечисленные документы носят статический характер и редко подвержены изменениям, кроме того они не привязаны к конкретным проектам. Учитывая перечисленные обстоятельства, реализацию БДНСД целесообразно выполнить в виде Web-сайта со статической структурой.

### Заключение

Наиболее часто для организации информационного фонда схмотехнических САПР используют текстовые и двоичные файлы операционной системы; библиотечные текстовые файлы; специализированные СУБД. Такие способы хранения данных ориентированы, как правило, на обеспечение ин-

формацией проектирующих систем и не содержат нормативно-справочных и архивных проектных документов. Применение универсальных СУБД в САПР является наиболее комплексным подходом к хранению данных, который позволяет: провести структурирование данных в виде, удобном для проектировщика; выделить коллективно используемые данные и сформировать централизованный информационный фонд САПР; обеспечить поиск нормативно-справочной и проектной документации.

В случае использования технологий баз данных задача организации информационного обеспечения Web-ориентированных САПР сводится к построению специализированных баз данных различного назначения. При этом основными требованиями к распределенной структуре информационного фонда являются: обеспечение коллективной работы пользователей САПР в сети Интернет над общим проектом, выполняемым в САПР; наличие оперативного доступа из среды САПР к централизованным базам данных схемных компонентов. Для решения перечисленных проблем авторы предлагают разработать централизованное хранилище проектных данных на Web-сервере Интернет-ресурсов САПР. Взаимодействие пользователей с этим Web-сервером осуществляется посредством встроенного браузера и серверных web-приложений доступа к базам данных. При этом пользователям необходимо выполнить процедуру авторизации на сервере.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 15-07-0119\_а.*

### Список литературы

1. **Воейков Д.** Тенденции на рынке ИТ глазами САПР-компании // PC Week. 2011. RE № 16 (766).
2. **Лузин С. Ю., Лячек Ю. Т., Петросян Г. С., Полубасов О. Б.** Модели и алгоритмы автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры. СПб: БХВ-Петербург, 2010. 224 с.
3. **Анисимов В. И., Гридин В. Н.** Методы построения систем автоматизированного проектирования на основе Internet-технологий и компактной обработки разреженных матриц // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2009. № 1.
4. **Точилкин С.** Перевод графических приложений в облака // Открытые системы. СУБД. № 3. 2012. С. 21–27.
5. **Altium Designer Schematic Capture and PCB Editing training**, 2006. Altium Limited. 248 с.
6. **Date C. J.** SQL and Relational Theory: How to Write Accurate SQL Code. 2<sup>nd</sup> ed. Published by O'Reilly Media, Inc., 2012. 446 с.
7. **Ларистов А. И., Лячек Ю. Т., Абу Сара М. Р.** Интегрированные базы данных в программных системах проектирования электронных схем // Информационно-управляющие системы. 2009. № 3 (40). С. 69–71.
8. **Heineman R.** PSPICE Einführung in die Elektroniksimulation. Carl Hanser Verlag München. 2011, 400 Seiten.
9. **Гридин В. Н., Анисимов В. И., Каменьков Д. В.** Разработка типового встроенного модуля документооборота в системах управления данными об изделии // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2011. № 2. С. 18–21.
10. **Гридин В. Н., Дмитриевич Г. Д., Анисимов Д. А.** Построение веб-сервисов систем автоматизации схмотехнического проектирования на основе методов сжатия данных // Информационные технологии и вычислительные системы. 2012. № 4. С. 79–84.

V. N. Gridin, Professor, Director, ingo@ditc.ras.ru,  
Center for Information Technology in the Design of the RAS,  
V. I. Anisimov, Professor, vianisimov@inbox.ru, G. D. Dmitrevich, Professor,  
A. I. Laristov, Ph. D., Associate Professor, ailaristov@inbox.ru,  
Ya. M. A. Al-Shameri, Graduate Student, saprfkti@mail.ru,  
St. Petersburg Electrotechnical University

## Organization of Information Support of Web-Based Circuit Design CAD

*The questions of the organization of information support of web-based circuit design CAD on the basis of database technology. Analyzes the composition of the circuit design data CAD. It is proposed to form a distributed structure of information support of web-based CAD systems, which is based on the use of a single design space on a web server of Internet resources CAD. User interaction with a web server of Internet resources CAD systems is possible via the built-in browser and server-side web applications to access databases. Discusses the composition of the databases included in a single information space of the web server, and methods for implementation of its components.*

**Keywords:** Web-based circuit design CAD, information CAD software, database technology, Web-server Internet resources CAD

### References

1. **Voikov D.** Tendentsii na rynke IT glazami S APR-kompanii, *PC Week RE*, 2011, no. 16 (766). (in Russian).
2. **Luzin S. Yu., Lyachek Yu. T., Petrosyan G. S., Polubasov O. B.** *Modeli i algoritmy avtomatizirovannogo proektirovaniya radioelektronnoi apparatury*. Saint Petersburg, BKhV-Petersburg, 2010, 224 p. (in Russian).
3. **Anisimov V. I., Gridin V. N.** Metody postroeniya sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya na osnove Internet-tehnologii i kompaktnoi obrabotki razrezhennykh matrits, *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve*, 2009. no 1. (in Russian).
4. **Tochilkin S.** Perevod graficheskikh prilozhenii v oblaka, *Otkrytye sistemy*, SUBD, 2012, no. 3, pp. 21–27 (in Russian).
5. **Altium Designer Schematic Capture and PCB Editing training**, 2006, Altium Limited, 248 p.
6. **Date C. J.** SQL and Relational Theory: How to Write Accurate SQL Code (2nd edition), Published by O'Reilly Media, Inc., 2012, 446 p.
7. **Laristov A. I., Lyachek Yu. T., Abu Sara M. R.** Integrirovannyye bazy dannykh v programmnykh sistemakh proektirovaniya elektronnykh skhem, *Informatsionno-upravlyayushchie sistemy*, 2009, no. 3 (40), pp. 69–71. (in Russian).
8. **Heineman R.** *PSPICE Einfuhrung in die Elektroniksimulation*. Carl Hanser Verlag, München, 2011, 400 p.
9. **Gridin V. N., Anisimov V. I., Kamen'kov D. V.** Razrabotka tipovogo vstroennogo modulya dokumentooborota v sistemakh upravleniya dannymi ob izdelii. *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve*, 2011, no. 2, pp. 18–21. (in Russian).
10. **Gridin V. N., Dmitrevich G. D., Anisimov D. A.** Postroenie veb-servisov sistem avtomatizatsii skhemotekhnicheskogo proektirovaniya na osnove metodov szhatiya dannykh. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy*, 2012, no. 4, pp. 79–84. (in Russian).

УДК 004.3

**А. В. Сурков**, ст. науч. сотрудник, e-mail: surkov@cs.niisi.ras.ru  
Федеральное государственное учреждение науки  
Научно-исследовательский институт системных исследований РАН, г. Москва

## Использование статического временного анализа для проектирования самосинхронных схем

*Рассматривается вопрос адаптации существующего маршрута проектирования синхронных схем для работы с самосинхронными схемами. Современные САПР используют статический временной анализ в качестве промежуточного этапа для большинства операций со схемой. Основным требованием для работы статического временного анализа является отсутствие в схеме обратных связей и асинхронных элементов, что делает невозможным анализ самосинхронных схем. Предложенная методика изменения Liberty-моделей элементов позволяет устранить обратные связи в самосинхронных схемах с волновой синхронизацией, и проводить статический временной анализ. Изменения касаются только описания функций элементов с сохранением значений задержек, полученных при характеристизации. В результате открывается возможность автоматизированного проектирования самосинхронных конвейерных схем с использованием современных САПР.*

**Ключевые слова:** асинхронные, самосинхронные, временной анализ, САПР