

жде всего потому, что со стороны предприятий, входящих в Объединенную авиастроительную корпорацию (ОАК), был проявлен неподдельный интерес к программе. Конечно, в этом направлении предстоит сделать еще немало, но при углубленном тестировании программного продукта пользователи из авиастроительной отрасли сформулировали четкие и ясные пожелания, среди которых был и каталог стандартных изделий по ОСТ 1, столь необходимый авиаконструкторам.

**Элементы трубопроводной арматуры.** База nanoCAD Механика содержит элементы трубопроводной арматуры. Все детали арматуры трубопроводов имеют по шесть видов, на них можно отображать разрезы мест присоединения. А в спецификацию они попадают как сборочные единицы с соответствующим наименованием (рис. 8). К арматуре с фланцами можно присоединять фланцы по старым стандартам 1980 г. и новому стандарту ГОСТ 33259-2015, диаметр и давление при этом подбираются автоматически.

#### Развитие проекта

Развитие 3D-функциональности и параметрического моделирования, а также непрерывное совершенствование 2D-инструментов позволяют программе nanoCAD Механика занимать уверенные позиции на рынке САПР.

Открытый API-интерфейс и возможности экспорта/импорта дают возможность встраивать ее практически в любую PDM/PLM-систему, обеспечивая сквозное проектирование изделия в информационной среде. Это немаловажный фактор при создании на предприятии единого информационного пространства, необходимого для развития современного производства.

Пользователями nanoCAD Механика уже являются: ФГУП «ГКНПЦ им. М. В. Хруничева», АО «Российский институт радионавигации и времени», АО «Полет», Ивановский парашютный завод, ЗАО СП «Авиашельф», АО ОДК «Газовые турбины», ФГУП «Научно-производственный центр газотурбостроения «САЛЮТ», ПАО НАЗ «Сокол» — филиал АО «РСК «МИГ», ПАО «КОМПАНИЯ «СУХОЙ», ОАО КБП им. Шипунова, Предприятия Концерна «Вертолеты России», ПАО «КАМАЗ», «Группа ГАЗ».

В заключение отметим, что при безусловной ориентированности программы nanoCAD Механика на российских пользователей, ее качество, функциональность и сравнительно невысокая цена не только позволяют с успехом использовать это решение внутри страны, но и создают неплохие предпосылки для выхода на мировой рынок.

Скачать актуальную полнофункциональную оценочную версию nanoCAD Механика можно на сайте правообладателя по ссылке: <https://www.nanocad.ru/products/nanocadmec/download/>

*Гепта Алексей Дмитриевич — руководитель проекта nanoCAD Механика АО «Нанософт».*

*Контактный телефон (495) 645-86-26.*

*E-mail: agepta@nanocad.ru*

## НАСТРОЙКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ: ВОСЕМЬ ПРОСТЫХ ШАГОВ

**Б.О. Филипов (ЗАО "Нанософт")**

*Разработчикам печатных плат приходится учитывать множество нюансов и деталей в своей работе. Вероятность ошибок в сложных проектах достаточно высока, а цена ошибок — значительна. Неточности проектирования могут привести к нарушению целостности сигналов и в дальнейшем вызвать трудности при производстве изделий. В результате растягиваются сроки сдачи проекта, увеличивается срок выхода готового продукта на рынок. Для минимизации вероятности ошибок при проектировании печатных плат следует настроить систему электрических ограничений, причем на ранних этапах проектирования. Приведены примеры для САПР PADS от Mentor Graphics.*

*Ключевые слова: система электрических ограничений, печатные платы, проектирование.*

#### Зачем устанавливать ограничения?

Внедрение ограничений в проекты позволяет избежать трех основных проблем:

- ошибочных действий человека;
- недостаточной проработки проекта на начальном этапе;
- работы в жестких временных рамках.

Устанавливая ограничения, разработчик закладывает основу для качественного и эффективного проектирования изделий, а взамен указанных проблем получает:

- снижение затрат на разработку;
- минимальное число исправлений и ревизий перед сдачей проекта;
- сокращение времени выхода готового продукта на рынок.

#### Традиционные или новые методологии?

Еще недавно разработчики применяли правила проектирования в основном на этапе трассировки. Для контроля зазоров на плате использовалась размерная сетка. Например, сетка с шагом 0,1 мм позво-

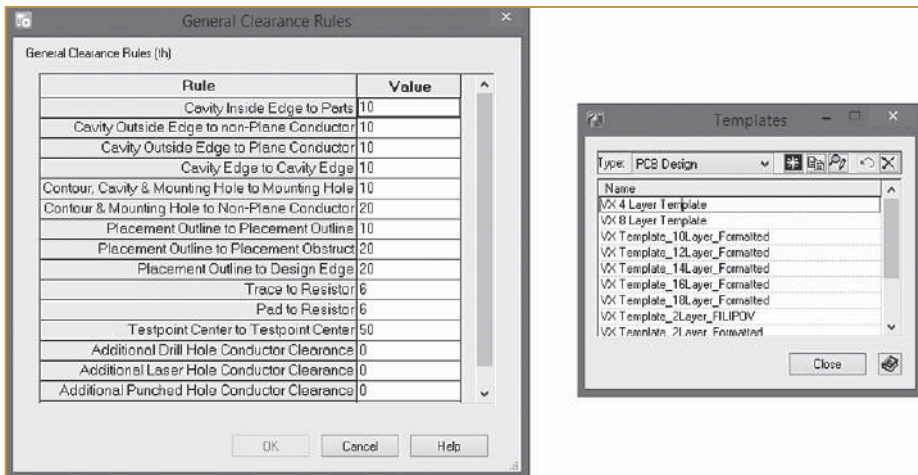


Рис. 1. Ввод общих зазоров для проекта

ляла трассировать проводники с технологией 0,1/0,1 (ширина проводника/зазор между проводниками). Такой подход корректен, если ко всем проводникам предъявляются одинаковые требования по ширине и зазору, но современные проекты отличаются более сложными и разнообразными требованиями.

Распространенный в прошлом метод — проектирование и трассировка с отключенной системой контроля правил проектирования DRC (Design Rule Checking). Разработчики могли быстро создавать проекты печатных плат, учитывая возможные ошибки, которые они идентифицировали и устраняли только на последнем этапе работы.

Современные САПР печатных плат — альтернатива устаревшим методам. С помощью этих мощных и интуитивно понятных инструментов разработки можно эффективно и с наименьшими временными затратами настроить электрические ограничения.

Некоторые САПР используют основанную на табличном представлении систему ввода ограничений, которая обновляется в режиме реального времени вне зависимости от того, находится пользователь в схематехническом или топологическом редакторе. Таким образом, инженер-схемотехник может взаимодействовать с разработчиком топологии и задавать сквозные правила ограничений. Контроль правил в реальном времени (Online DRC) помогает разработчикам выполнять трассировку быстрее и качественнее. Нарушения и ошибки выявляются и устраняются по ходу проектирования, в результате сокращается время финальной верификации проекта.

### Планирование ограничений

Пользовательский интерфейс может стать причиной затрудне-

ний в процессе разработки плат. Для устранения этого необходимо вводить ограничения на этапе планирования проекта. Такой подход позволяет инженеру работать непрерывно на протяжении всего цикла проектирования и не отвлекаться на проверку правил. Настройка правил на стадии подготовки проекта занимает время, но в перспективе обеспечивает повышение производительности на этапе проектирования. Важно помнить о том, что правила проектирования могут быть заданы до того, как будет производиться трассировка.

### Эффективные методы настройки ограничений

Цель ввода ограничений — заложить основу для качественной трассировки печатных плат. Какой способ настройки ограничений оптимальный? Прежде всего, на подготовительном этапе необходимо продумать, как сгруппировать и расположить компоненты на плате.

Следующие восемь шагов позволят настроить систему ограничений быстро и эффективно.

1. Установите общие зазоры для проекта, которые могут быть использованы в качестве шаблона для последующих дизайнов (рис. 1). Не забывайте задавать ограничения по всем координатным осям (X, Y, Z), чтобы система могла выявлять нарушения в размещении компонентов как в 2D-, так и в 3D-режимах.

2. Изучите документацию по наиболее значимым компонентам, используемым в проекте, и обратите особое внимание на шаг выводов контактных площадок и габаритные размеры. Это поможет определить минимальные значения для ширины проводников и зазоров между ними. Требуется учитывать технологические возможности производства и максимизи-

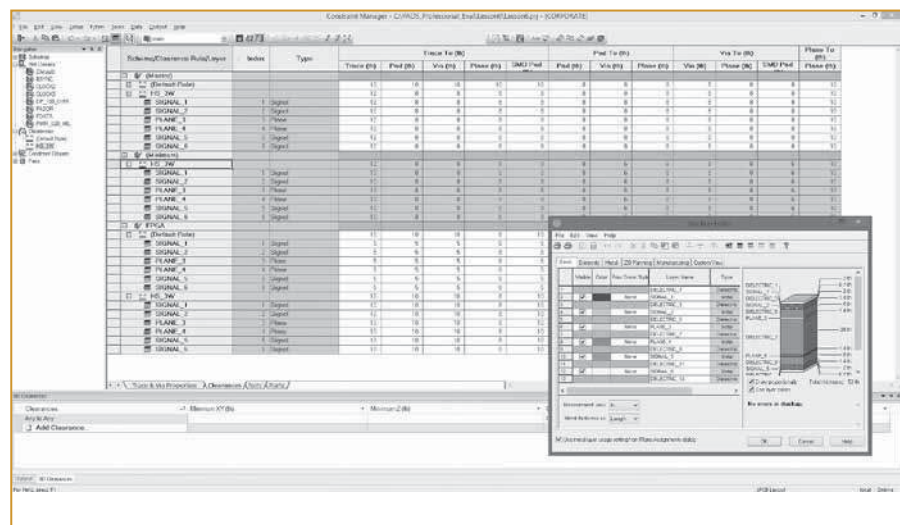


Рис. 2. Создание областей для исключений после ввода ограничений

ровать ширину трасс и зазоров, чтобы избежать проблем на этапе изготовления.

3. Определите, какие цепи являются критически важными в конкретном проекте (DDR, PCI-E, Ethernet, тактовые сигналы и др.) и установите для них правила, которые будут определять зазоры, задержки в линиях передачи и значения волнового сопротивления.

4. Установите максимальные и минимальные ограничения для каждого из этих требований. Они будут базовыми по умолчанию. Эти ограничения можно использовать для создания дополнительных классов.

5. Задайте дополнительные ограничения по зазорам для других известных условий, например, правило 3W для высокоскоростных сигналов.

6. Когда все ограничения определены и заданы, создайте схемы или области для исключений (рис. 2). Каждая схема наследует ограничения из родительского класса, поэтому важно не создавать исключения до тех пор, пока ограничения не установлены.

7. Создайте классы цепей для критических сигналов и установите зазоры между ними для обеспечения требований между каждым критическим классом (рис. 3).

8. Установите ограничения для остальных цепей, которые являются менее важными.

Используйте эти простые приемы в работе. Когда правильно настроена система ограничений, разработка плат — с момента создания схемы до финального этапа трассировки — происходит без сбоев. В результате повышается эффективность работы и сокращается время вывода готового продукта на рынок.

#### **PADS — инструмент для достижения лучших результатов**

Система управления ограничениями в PADS — интуитивно понятный, быстрый и надежный ин-

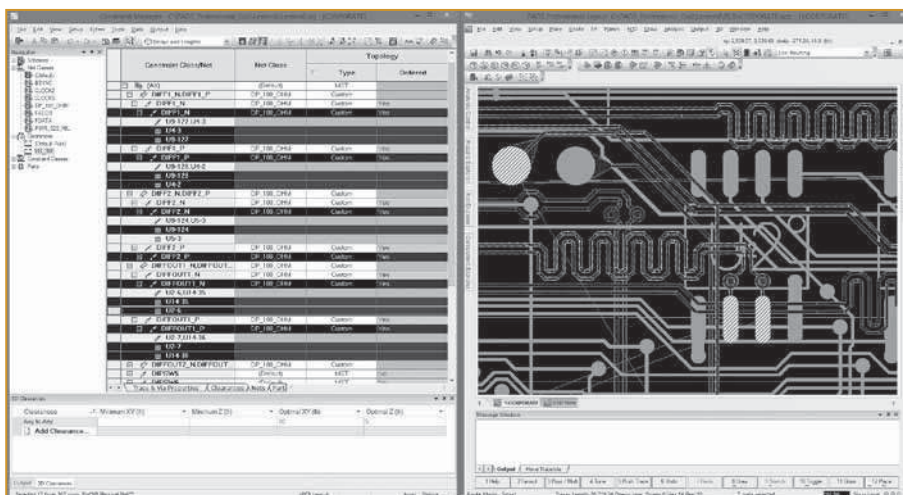


Рис. 3. При заданных ограничениях критичных цепей их трассировка не вызывает проблем, так как они мгновенно проверяются на соответствие правилам

струмент, разработанный специально для решения повседневных задач проектирования печатных плат. Унифицированный подход, используемый в PADS, обеспечивает эффективную методологию и позволяет избежать ошибок, возникающих при использовании сторонних средств управления ограничениями в схемотехническом и топологическом проектировании.

Ключевые преимущества PADS:

- расширенная система подсказок для облегчения использования программы;
- двунаправленное перекрестное выделение цепей и компонентов в системе управления ограничениями, а также схемном и топологическом редакторах;
- фильтры строк и столбцов, с помощью которых можно просматривать и быстро находить конкретные объекты и ограничения;
- интуитивная цветовая индикация нарушений обеспечивает визуальную обратную связь;
- иерархическая система наследования с автоматическим обновлением;
- встроенная синхронизация гарантирует, что все ограничения будут учтены.

*Филипов Богдан Олегович — менеджер по продукции ЗАО "Нанософт".  
Контактный телефон +7 (495) 645-86-26.*

#### **Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:**

- по электронному каталогу "Почта России" ФГУП Почта России - подписной индекс **П7753**.
- в **России** — в любом почтовом отделении по каталогу "Газеты. Журналы" агентства "Роспечать" (подписной индекс **81874**) или по каталогу "Пресса России" (подписной индекс **39206**).
- в **России, странах СНГ и дальнего зарубежья** — через редакцию ([www.avtprom.ru](http://www.avtprom.ru)).

**Все желающие**, вне зависимости от места расположения, могут оформить подписку, начиная с любого номера, прислав заявку в редакцию или оформив анкету на сайте [www.avtprom.ru](http://www.avtprom.ru)  
В редакции также имеются экземпляры журналов за прошлые годы.