



Комплексное проектирование РЭА с использованием отечественной 3D-технологии

Лев Тверовский (leotever@ascon.ru)

В статье рассказывается о совместной работе ряда ведущих отечественных компаний-разработчиков программного обеспечения по созданию единой среды комплексного проектирования радиоэлектронной аппаратуры. Объединённый инструментальный комплекс позволит разработать устройство от печатной платы до корпуса, а также провести математическое моделирование его прочности, температурного профиля и других параметров.

ВВЕДЕНИЕ

Исторически сложилось так, что автоматизированное проектирование изделий в области радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) – особенно плат печатного монтажа – появилось и совершенствовалось раньше проектирования механического. С одной стороны, это способствовало появлению мощных совершенных EDA-систем (Electronic Design Automation), но вместе с тем такие системы развивались

как бы параллельно MCAD-системам (Mechanical Computer Aided Design), не пересекаясь с ними. Однако уровень сложности современных изделий настоятельно требует объединения этих направлений, причём не только в области непосредственно конструирования, но и в области различного рода расчётов – тепловых, электромагнитной совместимости, прочностных и т.п.

До определённого периода системы автоматизированного проекти-

рования в Советском Союзе в той или иной мере развивались примерно такими же темпами, как и на Западе. Но со временем разрыв становился всё больше и больше, достигнув критических величин в конце 1990-х – начале 2000-х. Практически весь рынок EDA поделили между собой американские, японские, немецкие и австралийские компании. На рынке MCAD-систем всё было аналогично, но уже в конце прошлого века появились и достаточно интересные конкурентные решения отечественной разработки. В электронике же России похвастаться было практически нечем, за исключением пары разработок в области схемотехнического и топологического проектирования, известных только узкому кругу «посвящённых».

Время от времени отечественные разработчики MCAD и EDA делали неактивные попытки каким-то образом интегрировать свои системы в рамках отдельных проектов. Попытки чаще всего так и оставались в основном попытками. Как говорится, пока жареный петух не клюнул. Последние события на политическом поле заставили софтверные компании «остановиться и оглянуться». Точнее – оглядеться по сторонам. Об этом далее и пойдёт речь в данной статье.

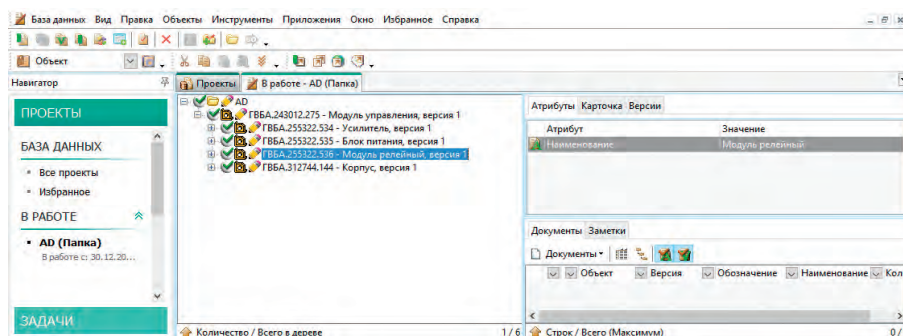


Рис. 1. Базовый состав изделия

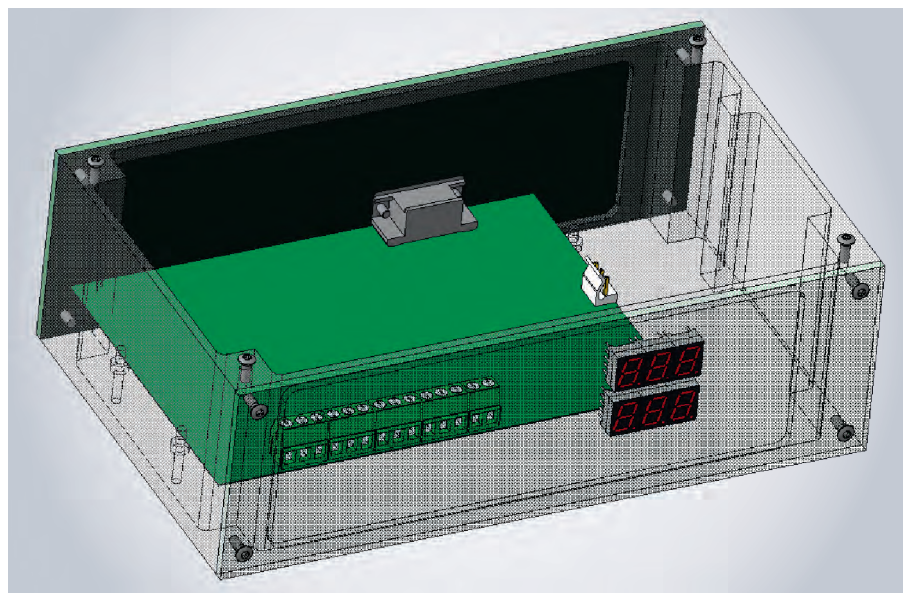


Рис. 2. Определение габаритов платы

Два года назад

Конечно, события начали развиваться не два года назад, а несколько раньше, примерно два с половиной. Руководство компаний-разработчиков присматривалось друг к другу, был проведён ряд встреч и переговоров как технического, так и экономического характера. Но именно два года назад, в октябре 2015 года, на форуме «РазВИтие 2015» было объявлено, что несколько разработчиков отечественного инженерного программного обеспечения создали консорциум для объединения усилий в области развития сквозных 3D-технологий проектирования изделий механики и электроники.

В состав консорциума вошли следующие компании:

- «АСКОН» (системный интегратор и разработчик инженерного про-

граммного обеспечения в области САПР-механики, электротехники, PDM/PLM-систем, САПР-технологии и подготовки производства);

- НТЦ «АПМ» (создание программных продуктов уровня САЕ для инженерного анализа конструкций в области машино-, приборостроения и строительства);
- «ТЕСИС» (разработка программного обеспечения для решения задач вычислительной аэро- и гидродинамики, трансляции, валидации и верификации цифровых моделей);
- «ЭРЕМЕКС» (разработка комплексной системы проектирования и подготовки производства плат печатного монтажа);
- АДЕМ (автоматизация проектной конструкторско-технологической подготовки производства и управление инженерными данными).

В течение первого года существования консорциума его участники не просто проводили совместные семинары и конференции для представителей российской промышленности, но и разработали ряд интеграционных модулей. В данной статье мы расскажем о тех решениях, которые консорциум предлагает отечественным приборостроителям уже сейчас, а также о планах на будущее.

День сегодняшний

Как театр начинается с вешалки, так процесс конструкторского проектирования начинается с определения базовой структуры будущего изделия, которая называется (по ЕСКД) схемой деления. Скелетом, на котором в дальнейшем будут наращиваться конкретные составляющие и различные виды документов и данных, можно считать базовый набор сборочных единиц, регистрируемых ведущим конструктором в среде системы управления данными об изделии (ЛОЦМАН:PLM). Пример такой структуры показан на рисунке 1.

Мы не будем останавливаться на разработке механической части прибора (корпус) в САПР КОМПАС-3D, так как эти процессы выходят за рамки проектирования электронной «начинки». Однако заметим, что зачастую форма и размеры корпусов или отсеков оборудования определяют соответствующие параметры печатных плат, входящих в изделие. Так мы плавно переходим к первому этапу в процессе интеграции

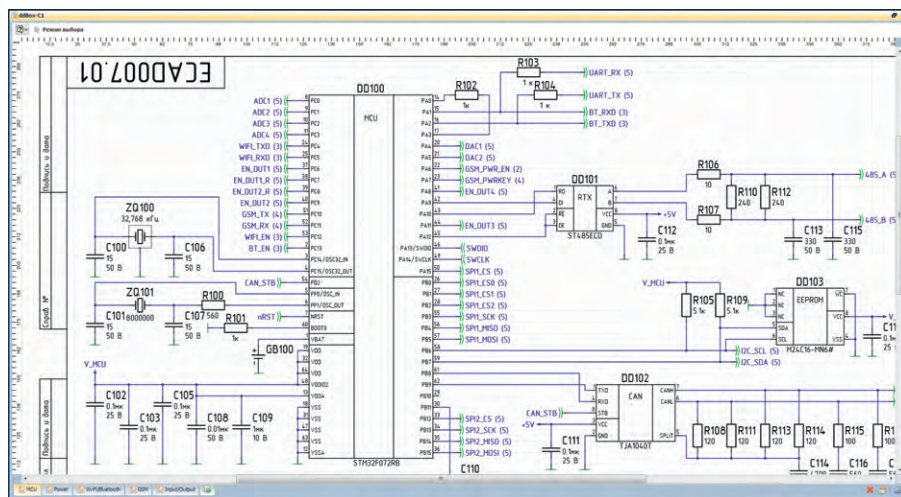


Рис. 3. Электрическая схема

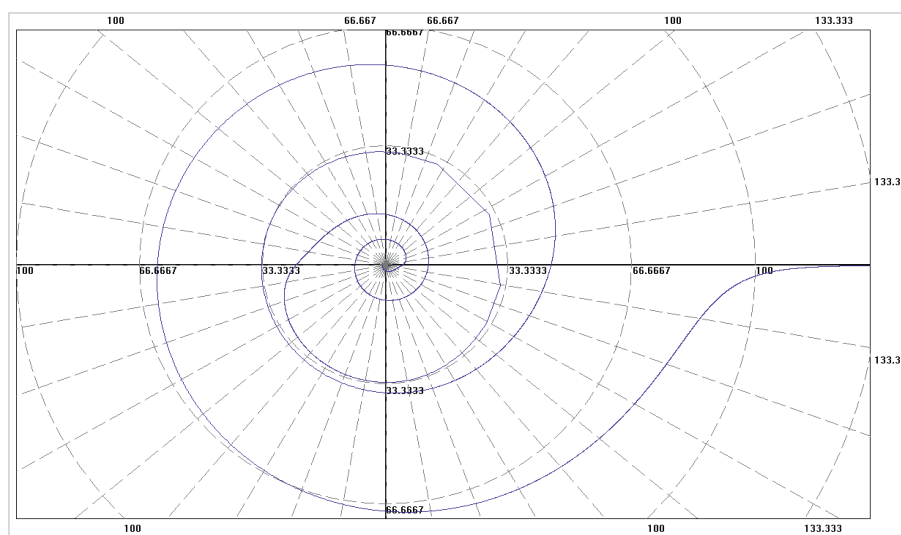


Рис. 4. Моделирование

программных средств участников консорциума.

Предположим, что по различным конструктивным соображениям корпус нашего изделия приходится создавать самостоятельно, а не применять готовые блоки или стойки. Соответственно, и вписанные в него платы будут иметь необычную форму. Нередки случаи, когда конструкция изделия и его использование в сборках более высокого уровня диктуют разработчикам печатных плат некоторое «предопределённое свыше» расположение ряда ключевых компонентов, например – разъемов. В соответствии с этим конструктор корпуса может уже на этапе механического проектирования создать условную модель платы и расположить на ней те самые «ключевые компоненты» (см. рис. 2). Естественно, что типы этих компонентов конструктор согласовывает со схемотехниками.

Теперь важно передать эти данные в систему проектирования печатных

плат. Для этого в составе КОМПАС-3D есть приложение «Конвертер ECAD – КОМПАС». Можно воспользоваться командой приложения «Конвертер КОМПАС – IDF» и сформировать специальный текстовый файл формата IDF, в котором описывается контур платы, задаётся её толщина, а также определяется место расположения тех самых «ключевых компонентов». Формат IDF поддерживается практически всеми современными системами проектирования печатных плат (будем называть их ECAD-системами).

В роли такой ECAD-системы в консорциуме выступает первая российская система проектирования плат печатного монтажа *Delta Design*. Сначала схемотехник разрабатывает принципиальную электрическую схему (см. рис. 3) отдельных модулей, производит моделирование работы схемы (см. рис. 4), а затем конструктор печатного узла переходит к набивке платы. И как раз перед

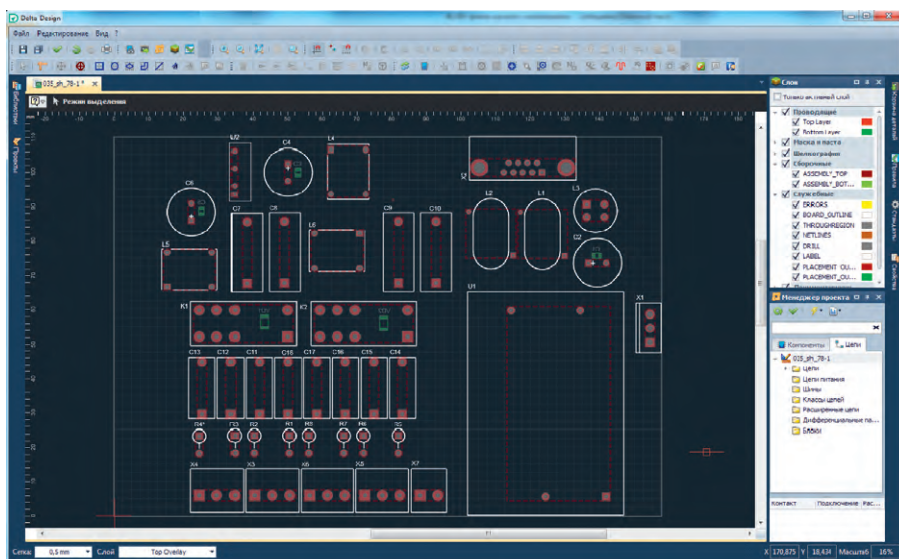


Рис. 5. Набивка платы

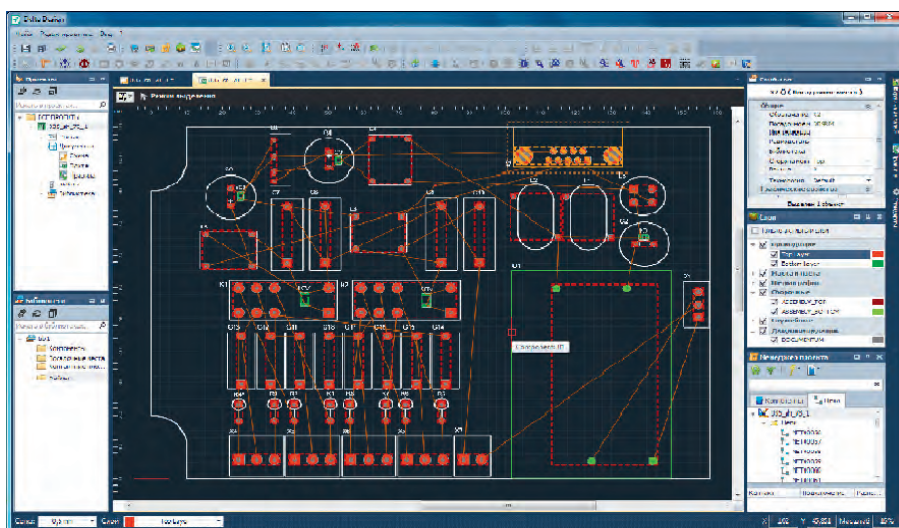


Рис. 6. Изменение габаритов

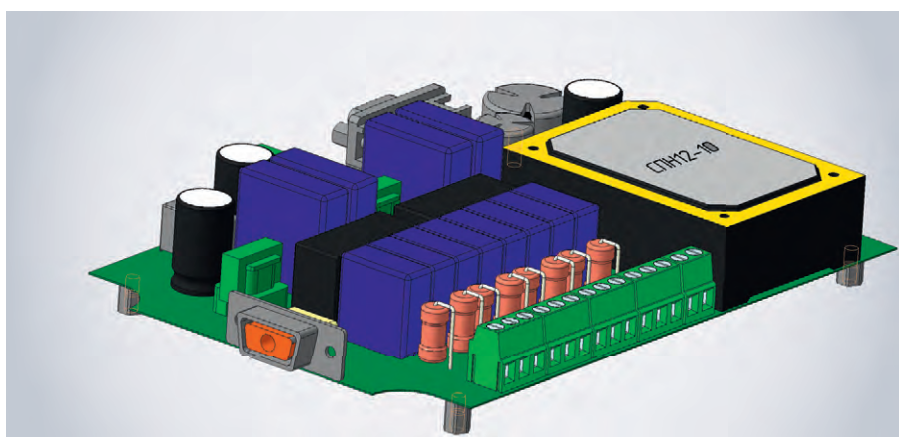


Рис. 7. Модель печатной платы

набивкой конструктор импортирует через IDF в *Delta Design* тот контур платы, который получен в *КОМПАС-3D* на предыдущем этапе проектирования (см. рис. 5).

После набивки и предварительной расстановки компонентов мож-

но провести несколько итерационных этапов, на которых плата с компонентами передаётся в 3D-сборку *КОМПАС-3D* и обратно в *Delta Design*. Эти процедуры выполняются средствами «Конвертера ECAD – КОМПАС». На данных этапах конструктор

прибора может внести изменение в контур платы или переместить компоненты, если это необходимо, а конструктор печатного узла окончательно переразведёт связи в соответствии с новыми граничными условиями (см. рис. 6).

Одним из достоинств системы *Delta Design* является то, что с её помощью (а точнее, с помощью трассировщика *ТороR*) можно разводиться проводники на плате не только в привычном режиме, когда угол трассировки кратен 45 градусам, но и под любым углом – так называемая any-angle-трассировка. Этот режим позволяет в несколько раз уменьшить длину проводников и сократить количество переходных отверстий.

Итак, габариты платы, размещение компонентов всех устраивают, трассировка также завершена. Пришло время вернуться в *КОМПАС-3D* и завершить работу с моделью печатной платы. На этом этапе конструктор прибора не только заново получает 3D-модель платы, но и определённым образом дорабатывает её.

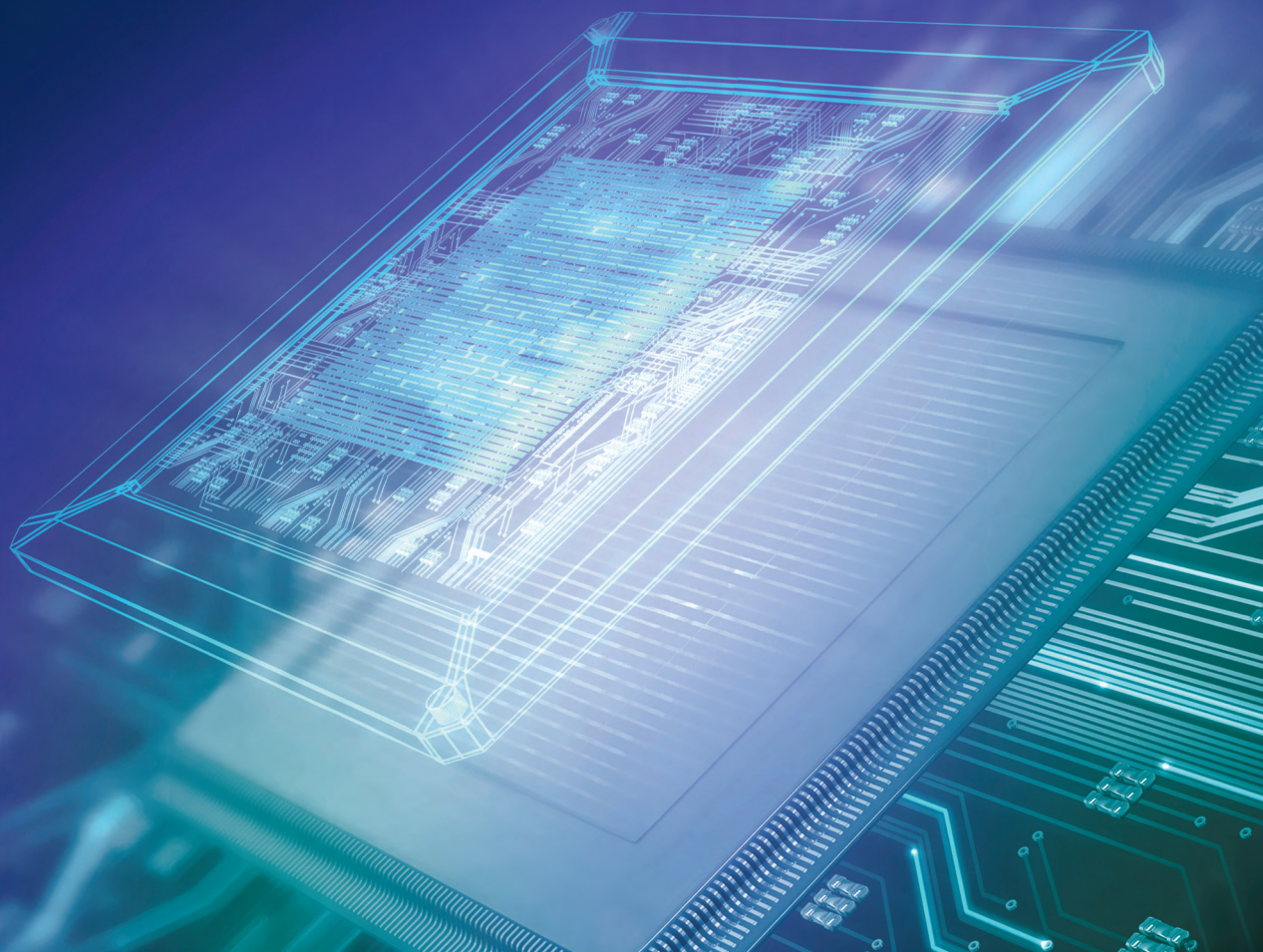
Во-первых, необходимо в свойства компонентов сборки платы добавить информацию из атрибутов электрорадиоизделий (ЭРИ), которые хранятся в базе данных ЭРИ системы *Delta Design*, – скажем, передать различные данные по характеристикам ЭРИ, единицам измерений параметров и тому подобное. Для этого также используется «Конвертер ECAD – КОМПАС». Он получает информацию из специальных текстовых экспортных файлов системы *Delta Design* и заполняет свойства компонентов сборки.

Во-вторых, в состав платы могут входить не только электронные компоненты, но и компоненты механические – стойки, лепестки, кронштейны, радиаторы и т.п. Эти изделия конструктор прибора добавляет в 3D-модель платы с локальных дисков, из базы данных *ЛОЦМАН*, из справочника «Стандартные изделия».

Фактически мы получаем полную электронную модель платы (см. рис. 7), и уже из этой модели можно получить полную электронную структуру изделия в *ЛОЦМАН* с помощью базового функционала системы (см. рис. 8). В структуре размещаются объекты *ЛОЦМАН* с набором файлов и различной атрибутикой, которую можно использовать в дальнейшем для самых разных задач – сделать выборки по



Система автоматизированного проектирования электронных устройств



Менеджер библиотек
LIBerty



Схемотехническое моделирование
SimOne



Редактор печатных плат
RightPCB



Редактор правил
DRM



Схемотехнический редактор
FlexyS



HDL-симулятор
Simtera



Топологический трассировщик
TopoR



Коллективная работа для предприятий
Enterprise Server



Сделано
в России

+7 (495) 232-18-64
info@eremex.ru

www.eremex.ru
www.dd.ru

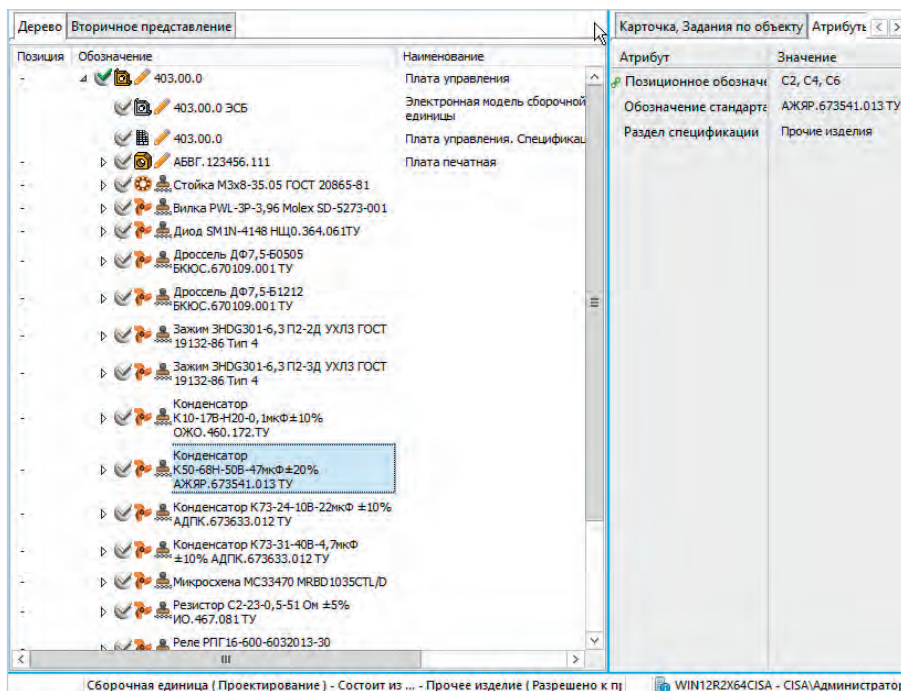


Рис. 8. Электронная структура изделия

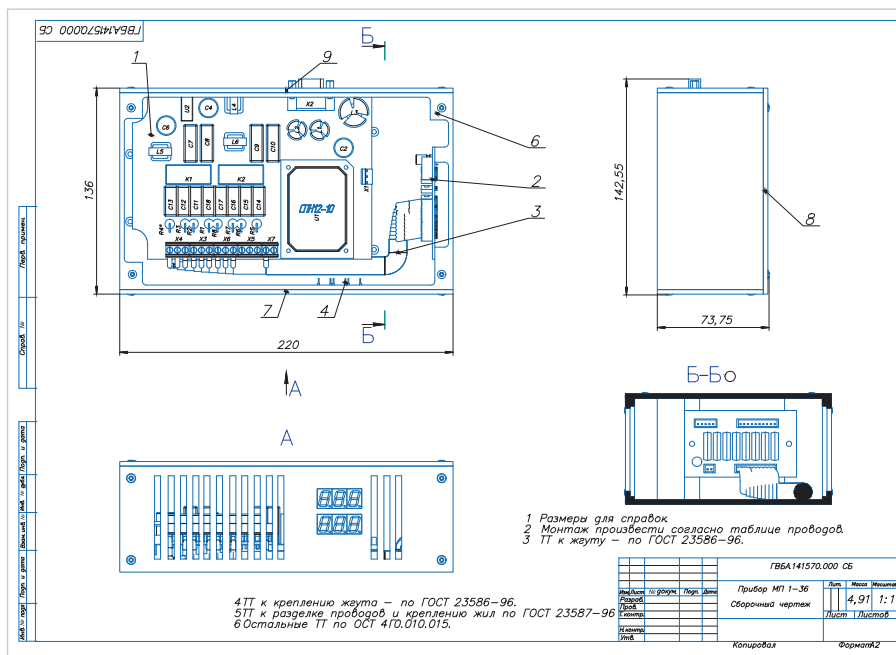


Рис. 9. Ассоциативный сборочный чертёж

определённым критериям, подготовить отчёты. Дополнительно конструктор прибора чаще всего оформляет сборочный чертёж на изделие (см. рис. 9). Этот чертёж в КОМПАС-3D формируется автоматически по модели. Он ассоциативно связан с моделью и будет перестраиваться, если модель меняется. Как и 3D-модель, сборочный чертёж хранится в базе данных ЛОЦМАН.

Настало время перейти от чисто конструкторской работы над изделием к расчётам, которые являются исключительно важной стороной процесса проектирования, особенно для изде-

лий, используемых в сложных условиях. Как было сказано в начале статьи, в состав консорциума вошли две компании, чьи программные продукты как раз и предназначены для расчётов различного рода.

Начнём с расчётов прочностных. Эта задача решается модулем АРМ FEM от компании НТЦ «АПИ», который подключается в КОМПАС-3D как стандартное приложение. Расчётчик открывает модель платы в приложении и производит ряд подготовительных действий – определяет правила поведения моделей компонентов при той

или иной нагрузке, задаёт места закрепления модели и добавляет собственную нагрузку. Это может быть вибронегрузка с определённой частотой и ускорением, линейные нагрузки, скручивающие моменты. Затем создаётся сетка конечных элементов, производится собственно расчёт, и формируются модели с отображением на них результатов – например, «Карта эквивалентных напряжений» (см. рис. 10) и «Карта суммарных линейных перемещений» (см. рис. 11).

Изделия с электрическими компонентами нуждаются также в проведении тепловых расчётов во избежание различного рода перегревов. В консорциуме роль поставщика приложений для решения такого рода задач выполняет компания «ТЕСИС» и её продукт Flow Vision. Эта система в момент написания данного материала работала как внешнее приложение, но разработчики активно занимаются подключением её к КОМПАС-3D, как и прочих партнёрских модулей, чтобы системы работали «в одном окне». Модель платы передаётся в расчётный модуль через универсальные форматы обмена STEP или STL. Параметры тепловыделения электронных компонентов и характеристики материала самой несущей платы передаются из свойств компонентов 3D-модели платы. После выполнения тепловых расчётов Flow Vision формирует несколько трёхмерных представлений результатов теплового моделирования, при этом сразу можно увидеть, как влияют на тепловую картину разные варианты изготовления корпуса прибора, есть ли на нём вентиляционные отверстия, жалюзи и т.п. (см. рис. 12).

По окончании всех расчётных процедур их результаты могут быть сохранены в единой базе данных ЛОЦМАН. Когда специалисты различных подразделений работают как одна команда, в одной базе, они всегда могут быстро увидеть результаты работы коллег и принять меры к исправлению ситуации в случае получения каких-то неудовлетворительных результатов.

После завершения проектирования и расчётов в ЛОЦМАН имеется полный состав объектов, и можно автоматически получить комплект текстовой конструкторской документации на изделие (см. рис. 13), включая «Перечень элементов», «Спецификацию» и «Ведомость покупных изделий». Эти доку-

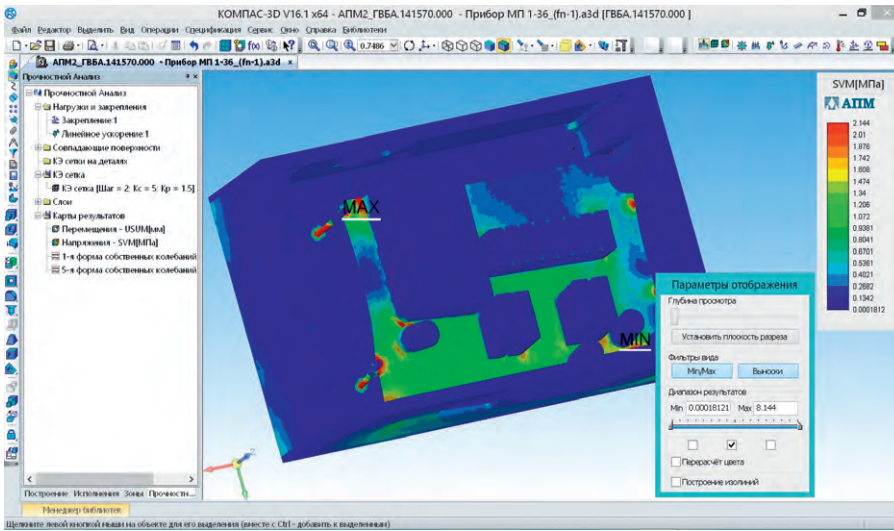


Рис. 10. Карта эквивалентных напряжений

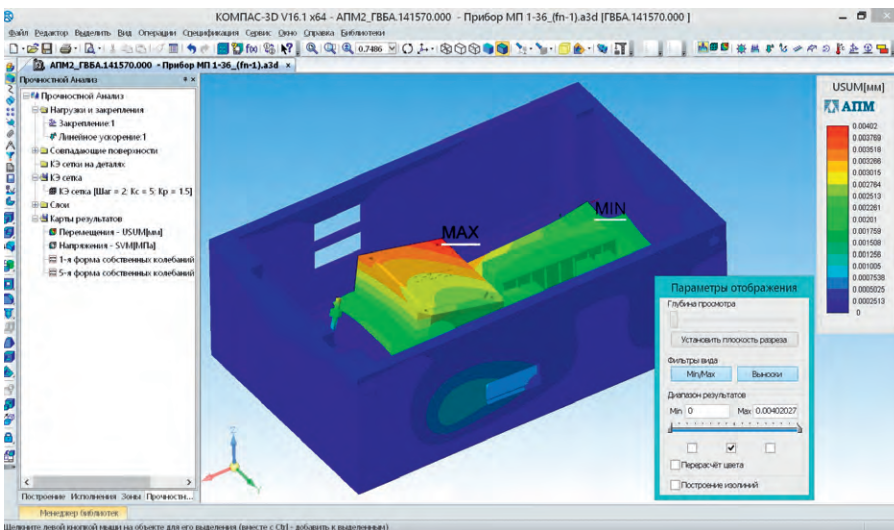


Рис. 11. Карта суммарных линейных перемещений

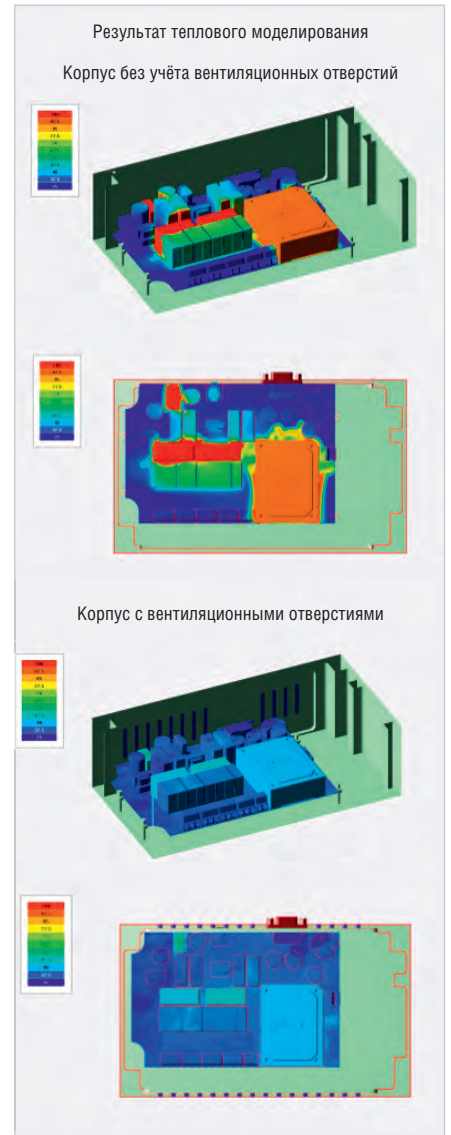


Рис. 12. Результаты теплового моделирования

менты формируются как файлы КОМПАС или же как специальные формы отчётов в ЛОЦМАН, причём синхронизация документов с электронной структурой позволяет автоматически корректировать их при изменении структуры. Конечно, автоматизация этих изменений разрешена лишь до момента завершения проектирования. Когда изделие переходит в стадию «Архив», любые изменения в нём допускаются только с помощью механизма выпуска «Извещений об изменении».

И Немного о будущем

Как говорится, не для того впрягались, чтобы бросить воз на середине пути. Конечно, в планах участников консорциума постепенно приближаться к так называемой «бесшовной» интеграции систем, чтобы модели, полученные на любом этапе проектирования, могли быть использованы в

№	Наименование	Исполнитель	Дата	Статус
1	Лист 1-1	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
2	Лист 1-2	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
3	Лист 1-3	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
4	Лист 1-4	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
5	Лист 1-5	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
6	Лист 1-6	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
7	Лист 1-7	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
8	Лист 1-8	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
9	Лист 1-9	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
10	Лист 1-10	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
11	Лист 1-11	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
12	Лист 1-12	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
13	Лист 1-13	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
14	Лист 1-14	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
15	Лист 1-15	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
16	Лист 1-16	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
17	Лист 1-17	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
18	Лист 1-18	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
19	Лист 1-19	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан
20	Лист 1-20	И.И. Иванов	10.10.2017	Создан

Рис. 13. Текстовая конструкторская документация

других модулях без этапа конвертации их в универсальные текстовые форматы. Это потребует как серьёзной переработки математики, так и создания единых баз данных механических и электронных компонентов. Работы эти непростые, со множеством хитростей

и подводных камней, однако не ошибается лишь тот, кто ничего не делает. А участников консорциума в бездействии заподозрить трудно. Подождём ещё некоторое время, и мы уверены: результаты будут, и результаты интересные.