

Формирование чертежей установки компонентов с линиями-выносками на сборочном чертеже печатной платы средствами ГРИФ-4

Ю.М. Ёлшин, М.В. Стырова (ОАО ГСКБ "Алмаз-Антей", г. Москва)

Пакет **ГРИФ-4** (далее ГРИФ) является программной надстройкой для систем проектирования ячеек радиоэлектронной аппаратуры на основе печатных плат, предлагающей пользователю свою логику поэтапной работы. Пакет использует программные и информационные средства САПР *PCAD 2000–2006*, собственную базу данных проектирования и дополнительные программные средства, разработанные в отделе САПР **ОАО ГСКБ "Алмаз-Антей"** с целью оптимизации и модернизации технологических процессов проектирования печатных плат. В их числе: уникальные средства формирования и хранения базы данных компонентов печатных плат (комплекс **CompBox**), средства контроля проектов (модуль **Inspector**), средства ускоренного формирования и выпуска электронных комплектов конструкторской документации на спроектированные ячейки и печатные платы (комплекс **УВД**), а также значительный по объему пакет прикладных программ-утилит (комплекс **ППП**), предназначенных для развития и расширения функциональных возможностей *PCAD*. Перечисленные средства не имеют аналогов в известных отечественных и зарубежных САПР электронных модулей.

В этой статье рассмотрен вариант решения одной из частных задач комплекса **УВД**, а именно задача формирования чертежей установки компонентов с линиями-выносками, размещаемые на сборочном чертеже печатной платы. Одним из условий успешного выполнения такого важного этапа в реализуемом проекте конструирования печатной платы, как выпуск комплекта конструкторской документации (КД), является наличие тщательно продуманной и эффективной базы проектных данных (БД). Оптимальный состав БД был наработан по результатам практической работы по выпуску комплекта КД в среде *PCAD 2000–2006* в течение более чем 10 лет. За этот период в проектном подразделении было выполнено свыше 1600 проектов электронных модулей на базе двухслойных и многослойных печатных плат различных типоразмеров и конструкций (в том числе, соответствующих евростандарту).

Не вдаваясь в подробности, укажем только основные разделы БД в ГРИФ-4:

- Папка *ZAG* – (шаблоны) для работы специальных программных модулей (порядка 200 шаблонов);
- Папка *STR* – описания стандартных типоразмеров плат и дополнительных данных (более 500 типоразмеров);
- Папка *PCB* – описания посадочных мест и корпусов компонентов при их установке на печатной

плате (свыше 2500 корпусов с учетом вариантов исполнения);

- Папка *FIX* – описания координат фиксированных компонентов (свыше 80 таблиц с координатами установки);
- Папка *EXE* – прикладные программные модули (утилиты) в загрузочном формате (более 400);
- Папка *TAB* – таблицы дополнительных данных для работы программных прикладных модулей (порядка 40);
- Папка *3DM* – описания компонентов в формате *SOLIDWORKS* (более 1700 компонентов в *3D*);
- Папка *3DM_jpg* – описания *3D*-компонентов в пиксельном формате (более 1700);
- Папка *AddPart* – описания вспомогательных элементов и конструкций для закрепления компонентов на плате (более 1600 файлов в формате *SOLIDWORKS*, сгруппированных по типам в 34 таблицы);
- Папка *DataSheets* – данные о функциях и конструкции компонентов (285 файлов, как правило, в формате *PDF*, сгруппированных по типам в 80 папках);
- Папка *Mounting_PCAD* – чертежи установки компонента на плате в формате *PCB* (более 500 вариантов);
- Папка *NGA* – данные о неграфических атрибутах компонента для печатной платы (примерно 2500 вариантов);
- Папка *Panel* – описание внешнего вида компонентов при их установке под планкой (панелью) ячейки – вид сверху и снизу на планку (~20);
- Папка *Pointer* – описание виртуальных линий-выносок для деталей и крепежных элементов (~20);
- Папка *SCH* – описание условного графического отображения (**УГО**) на принципиальной электрической схеме (~100 наименований различных типов УГО).

Все эти данные служат для эффективной реализации программ и процедур проектирования печатной платы в целом и для выпуска комплекта КД на электронный модуль.

В соответствии с **ГОСТ 2.305-68С.11** (п. 5.1), **выносной элемент** – дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического или другого пояснения в отношении формы, размеров и иных данных.

Выносной элемент может содержать подробности, отсутствующие на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом).

Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах приведено в **ГОСТ 2.316-2008**. В п. 4.8 сказано: “Линии-выноски не должны пересекаться между собой, должны быть непараллельными линиям штриховки и не должны пересекать, по возможности, размерные линии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись”.

Допускается выполнять линии-выноски с изломами (рис. 1), а также

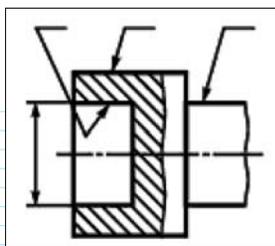


Рис. 1. Вариант выполнения линий-выносок

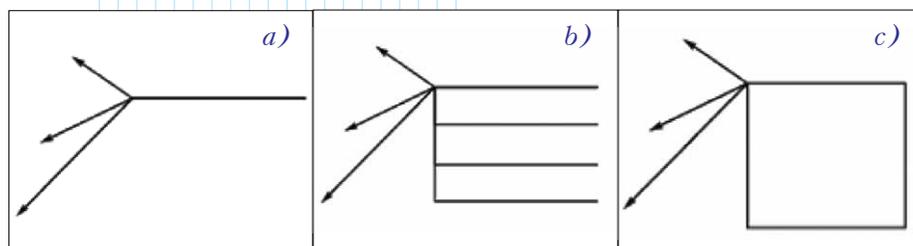


Рис. 2. Варианты выполнения линий-выносок

проводить от одной полки две и более линий-выносок (рис. 2а); при этом не должно нарушаться восприятие (ясность) изображения.

В п. 4.9 указано: “При выполнении линии-выноски с одной полкой надписи, относящиеся непосредственно к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней”.

Допускается выполнять линии-выноски с несколькими полками (рис. 2б). В этом случае надписи могут содержать строки, располагаемые над полками линии-выноски.

Для понимания некоторых терминов в этой статье рекомендуется предварительно ознакомиться со статьей [1], в которой рассмотрены вопросы формирования библиотечных компонентов и их хранения в базе данных ГРИФ-4. Дело в том, что найти соответствие между записью о крепежных элементах для компонента или конструктивного узла в спецификации электронного модуля (СП) и данными об их физическом размещении в конструктивном узле не так просто – эти данные не взаимосвязаны и имеют разный формат: если в СП это обычно запись в виде строки текста (обычно в кодировке *Microsoft Word*), то на сборочном чертеже эти элементы представлены в графическом формате – в данном случае, в формате *PCB*. Реализовать автоматическое (программное) решение – задача нетривиальная, поэтому эти действия выполняются, как правило, в ручном режиме, что неизбежно приводит к существенным ошибкам.

Комплекс ГРИФ-4 предлагает оптимальные, в определенном смысле, форматы хранения данных в БД и свою логику выполнения этапов проекта. В частности, первым шагом всегда выполняется задача формирования СП – более чем на 98% автоматически. При этом, уже при создании описания

библиотечного компонента с элементами крепежа, администратор базы данных (АБД) формирует чертеж компонента (с помощью программного комплекса *СотрВох*) с физическими линиями выносок, но с виртуальными ссылками на их содержание. Для этого он должен создать так называемую неграфическую атрибутику для вводимого в БД компонента. Структура записей этого типа приведена ниже. Именно выбор этой структуры и меток атрибутов позволил нам обеспечить необходимую связку для быстрого и безошибочного решения рассматриваемой проблемы. Насколько известно авторам, на алгоритмическом и программном уровне эта проблема решена впервые. Эксплуатация разработанной программы показала её высокую эффективность и удобство использования.

Далее мы на примере рассмотрим последовательность действий АБД и конструктора электронного модуля.

Формирование неграфической атрибутики

Отметим, что при наличии в компоненте крепежа необходимо ввести конкретные данные о крепежных элементах – они будут записываться в папку неграфических атрибутов (NGA) Бокса хранения компонента (БХК).

Для автоматизации этого важного этапа используется программный модуль **WWSNGA.exe**, который находится в директории *C:\Grif\exe*. На иллюстрациях (рис. 3.1–3.7) приведены примеры фрагментов экранов (сценарии), появляющиеся в процессе введения данных о крепежных элементах в режиме диалога с программой. Содержание

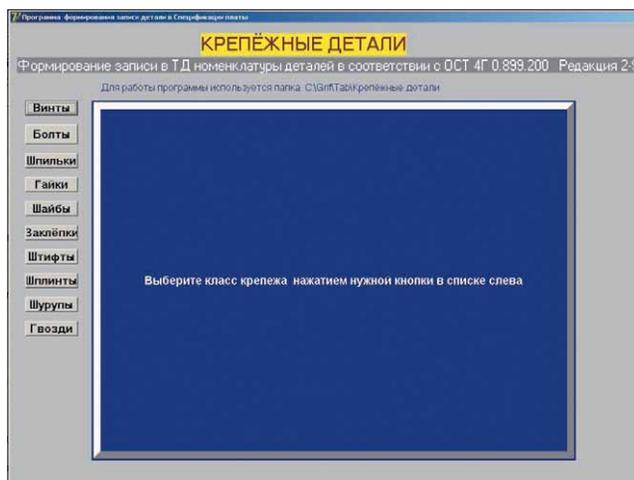


Рис. 3.1. Выбор типа крепежного элемента. Конструктор указал “Винты”

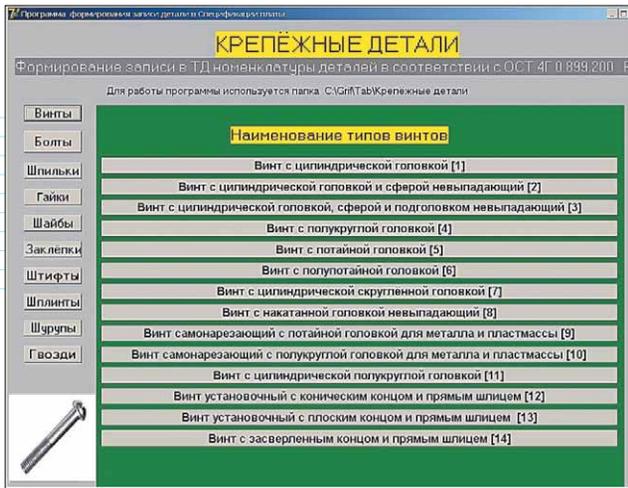


Рис. 3.2. Выбор типа винта. Конструктор указал 4: "Винт с полукруглой головкой"

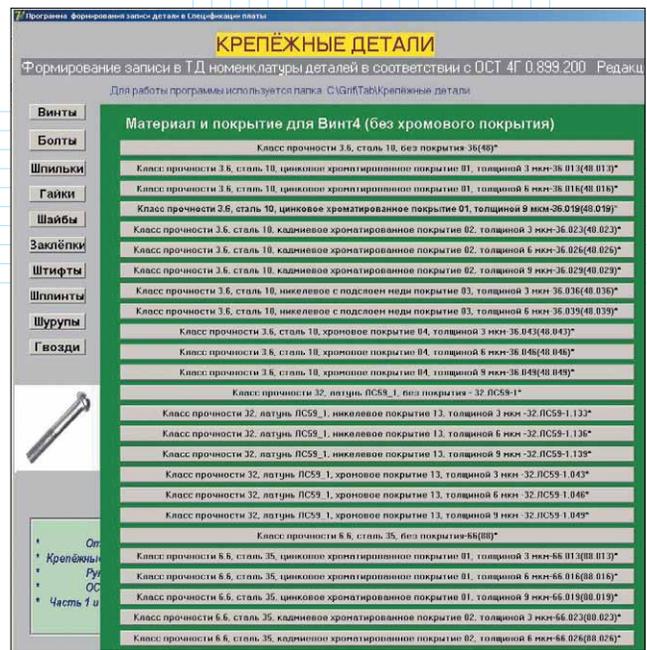


Рис. 3.5. Выбор материала и покрытия винта

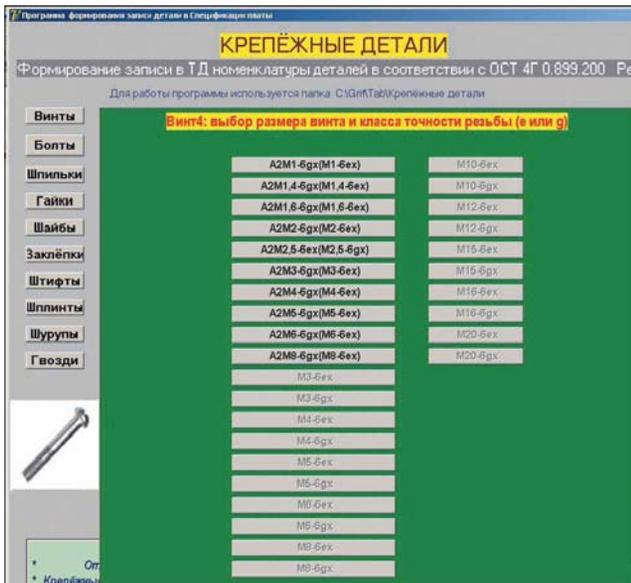


Рис. 3.3. Выбор размера винта и класса точности резьбы: A2M1,6-6gx(M1,6-6ex)

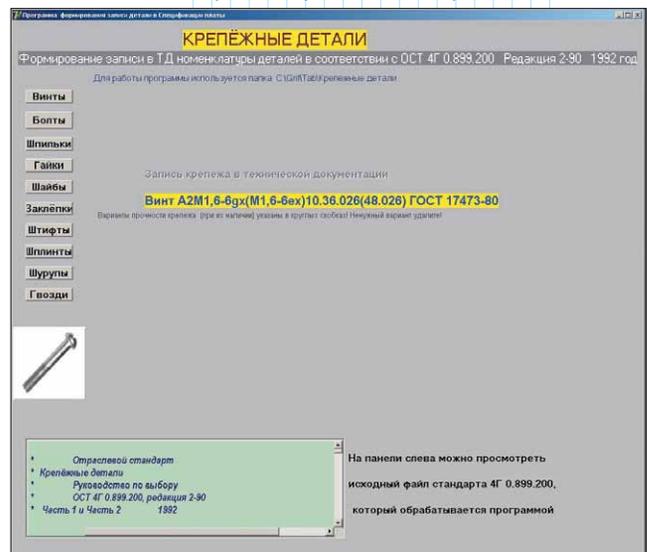


Рис. 3.6. Так будет выглядеть запись о выбранном крепеже в технической документации

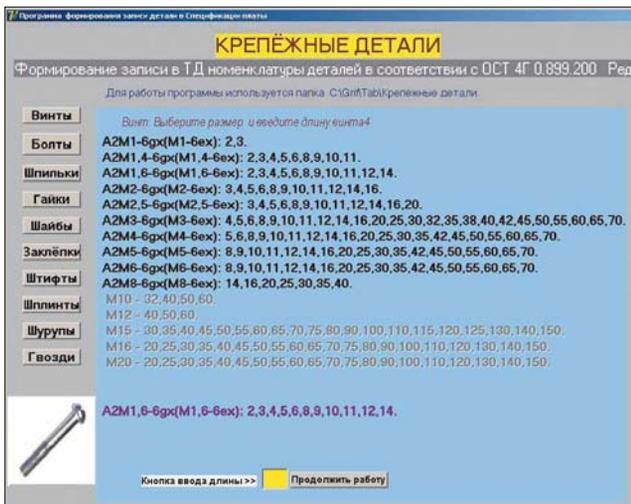


Рис. 3.4. Ввод длины винта A2M1,6-6gx (M1,6-6ex – в желтом поле внизу)

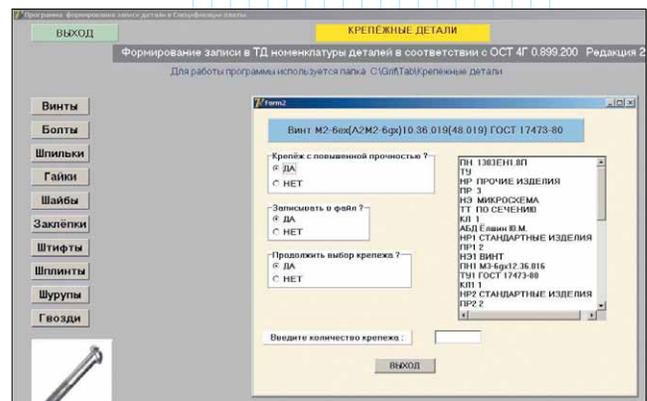


Рис. 3.7. Диалог для ввода неграфических атрибутов в директорию NGA в БХК

сценариев диалогов соответствует отраслевым и государственным стандартам РФ (в частности, такому: “Отраслевой стандарт. Крепежные детали. Руководство по выбору. ОСТ 4ГО.899.200, редакция 2-90. Часть 1 и Часть 2. 1992”).

Эти действия АБД выполняет только при вводе нового компонента в БД ГРИФ-4.

При запросе конструктора программа записывает эти данные в раздел *NGA*, в соответствии с принятым в БД синтаксисом. Диалоговые окна для заполнения *NGA* показаны на рис. 3.7.

Как известно, в спецификации весь крепеж относится к разделу “Стандартные изделия”.

Для реализации полуавтоматических процедур формирования линий выносок в БД ГРИФ предусмотрена директория **Pointers** – она служит для хранения чертежей установки элементов, содержащих крепежные элементы, с соответствующими виртуальными выносками. Размещается эта директория по адресу *C:\GRIF\Pointers*. Сразу отметим, что на этих чертежах также наносятся выноски с указанием **пунктов Технических требований (ТТ)** к сборочному чертежу печатной платы и другая необходимая информация (см. **ГОСТ 2.316-2008**).

Формирование линий-выносок (*Pointers*) для вводимого в БД компонента осуществляется администратором базы данных в процессе работы по созданию нового компонента (с помощью комплекса *CompBox*). Закончив формирование деталей и стандартных изделий в папке *NGA* бокса хранения компонента, АБД должен выполнить следующие шаги:

1 Вывести на монитор компьютера перечень неграфических атрибутов в папке *NGA* в БХК – например, для компонента 130ЕН3.3П, как это показано на рис. 4 (красным цветом выделен виртуальный текст).

ПН 130ЕН1.8П
ТУ
НР ПРОЧИЕ ИЗДЕЛИЯ
ПР 3
НЭ МИКРОСХЕМА
ТТ ПО СЕЧЕНИЮ
КЛ 1
Выс 8.0
АБД Иванов М.

НР1 СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
ПР1 2
НЭ1 ВИНТ
ПН1 М3-6gx12.36.016
ТУ1 ГОСТ 17473-80
КЛ1 1

НР2 СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
ПР2 2
НЭ2 ГАЙКА
ПН2 М3-6Н.04.016
ТУ2 ГОСТ 2526-70
КЛ1 1

НР3 СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
ПР3 4
НЭ3 ШАЙБА
ПН3 3 65Г.016
ТУ3 ГОСТ 6402-70
КЛ3 1

НР4 СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
ПР4 2
НЭ4 ШАЙБА
ПН4 С3.04.016
ТУ4 ГОСТ 10450-78
КЛ4 2

НР5 СТАНДАРТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
ПР5 2
НЭ5 ШАЙБА
ПН5 3x1(Г)
ТУ5 ОСТ 4Г 0.894.012
КЛ5 2

Рис. 4

Напомним, что формирование состава и формата в приведенных на распечатке данных о стандартных изделиях производится администратором БД с помощью упомянутого выше программного модуля *WWSNGA.exe*, входящего в состав ГРИФ. Формат этих записей определяется стандартным видом записи в СУБД реляционного типа. Каждая строка состоит из метки и значения атрибута. В нашем примере: метка **НР** – наименование раздела в спецификации на электронный модуль (ячейку); далее указан этот раздел – “Прочие изделия”. Ниже следуют метки: **НЭ** – наименование элемента; **ПН** – полный номинал; **ТУ** – технические условия, то есть обозначение для заказа; **КЛ** – количество; **ПР** – примечание; **ПЧ** – положение на чертеже; **Выс** – высота компонента после установки на плате; **АБД** – администратор БД.

2 Вывести на монитор чертеж установки компонента (в папке *Mounting*) – в нашем случае, компонента 130ЕН3.3П. После этого надо выделить рамкой фрагмент с видом установки компонента и запомнить его в буфере обмена (комбинация клавиш *Ctrl + C*).

3 Открыть окно САПР *P-CAD* и скопировать в рабочую область содержимое буфера обмена (*Ctrl + V*). Пример установки компонента показан на рис. 5.

4 Сформировать (вручную, в соответствии с требованиями ГОСТ, приведенными выше) необходимые линии-выноски для стандартных выносных элементов с полками. На каждой полке проставить виртуальный текст (выделенный красным цветом на рис. 4) – например НЭ1, НЭ2, НЭ3, НЭ4 и НЭ5. Для линий-выносок с указанием, например, мест пайки, надо также проставить текст “п.” (здесь пробел является предварительным указанием пункта ТТ к сборочному чертежу печатной платы).

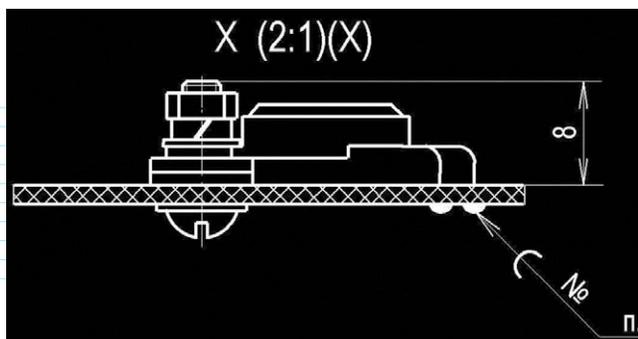


Рис. 5. Чертеж установки компонента (Mounting) на печатной плате

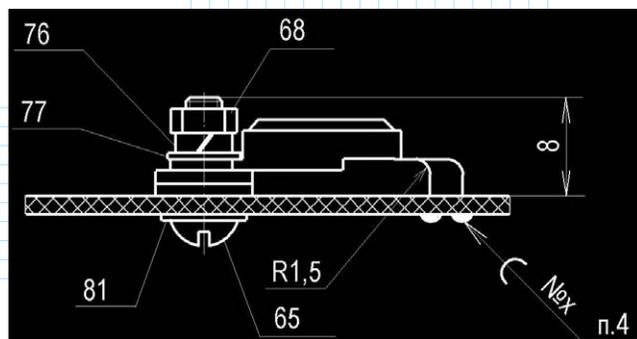


Рис. 7. Так выглядит чертеж установки компонента на СБ платы после работы модуля Fsbp.exe

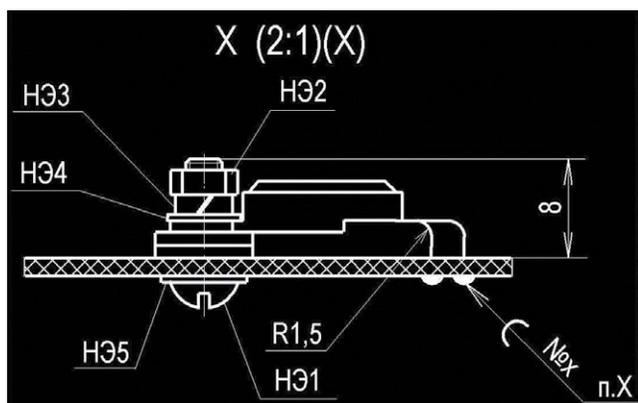


Рис. 6. Чертеж установки компонента с виртуальными (предварительными) текстами на полках линий-выносок

Результат выполнения этого этапа администратором БД показан на рис. 6.

5 После этого необходимо закрыть файл с именем, совпадающим с именем корпуса компонента (в нашем примере это КТ-28А-2.02), сохранив его в папке Pointers БХК. В дальнейшем, содержимое этой папки будет переписано в папку Pointers в БД ГРИФ (по адресу C:\GRIF\Pointers) программным модулем ComptoBD.exe.

На этом действия администратора по формированию чертежей компонентов с линиями-выносками заканчиваются.

Работа программного модуля формирования сборочного чертежа

Данные, подготовленные администратором БД, используются программным модулем формирования сборочного чертежа ячейки (FSBN.exe) для замены виртуальных текстов (НЭ1, НЭ2 и т.д.) на соответствующие значения из ранее сформированной спецификации (СП) на проектируемую ячейку. Заметим кстати, что в состав ГРИФ входит специально разработанная программа FSP.exe, предназначенная для практически автоматического формирования спецификации на проектируемый электронный модуль в формате Microsoft Word.

После такой замены в чертеже выносных элементов программа помещает этот чертеж в файл формируемого сборочного чертежа (СБ) ячейки. Там он будет иметь вид, показанный на рис. 7. Здесь цифры на полках соответствуют номерам строк в СП (в разделе “Стандартные элементы”). Конструктор должен также вручную подредктировать полку “п. ”, указав ссылку на соответствующий пункт в Технических требованиях на сборочный чертеж электронного модуля (в нашем примере введена цифра 4).

При полном совпадении количественных и других данных (наименований типов, десятичных номеров и количеств) программный модуль FSBN.exe выполняет размещение чертежей со сформированными линиями-выносками на поле сборочного чертежа ячейки. При большом количестве чертежей установки компонентов на первом листе СБ, модуль автоматически открывает файл второго листа соответствующего формата.

Размещение готовых чертежей установки компонентов на заготовке СБ (обычно это лист с чертежом стандартного типоразмера печатной платы) производится по аналогии с размещением компонентов на плате в виде “кучи”. Делает это модуль, предназначенный для подготовки печатной платы к размещению компонентов (TanPcb.exe) в рамках работы с ГРИФ-4. Чертежи устанавливаемых компонентов размещаются на свободном месте – вне собственно чертежа платы. Окончательное размещение выполняет конструктор в интерактивном режиме работы САПР P-CAD.

Пример размещения чертежей компонентов на поле СБ, которое получено после работы модуля FSBN.exe и после интерактивного размещения компонентов на листах СБ, показан на рис. 8÷11.

Заключение

Как справедливо отмечено в [2], подготовка документации на печатную плату (формирование комплекта КД на электронный модуль) является важным и трудоемким этапом проектирования. Однако в редких журнальных публикациях на тему подготовки документации в соответствии с

нормами ГОСТов совершенно не рассматриваются вопросы автоматизации этого этапа – особенно это касается такой широко используемой в России САПР, как P-CAD. Так, в статье [2] этой проблеме посвящена только одна фраза: “Программа может быть настроена с учетом требований ГОСТ ЕСКД к оформлению документации”. И всё. Никаких подробностей, хотя представляется весьма интересным показать на примере, как это реализовано практически, учитывая, что форматы и содержание как сборочного чертежа, так и спецификации на электронный модуль, выполненные в соответствии с указанными выше стандартами РФ, более чем существенно отличаются от форматов СБ и СП (а особенно BOM – Bill Of Materials), которые предусмотрены в зарубежных САПР.

Достаточно характерна в этом смысле публикация [3], в которой приводится пример электронной САПР; при этом отмечено, что “современное программное обеспечение позволяет автоматизировать все стадии проектирования электронных устройств”, однако автор полностью игнорировал описание этапа подготовки и выпуска комплекта КД в рассмотренной им САПР. А предусмотрен ли он там вообще? Как можно реализовать проект без КД? Отметим, кстати, что в системе ГРИФ-4 задача автоматического формирования СП на проектируемый электронный

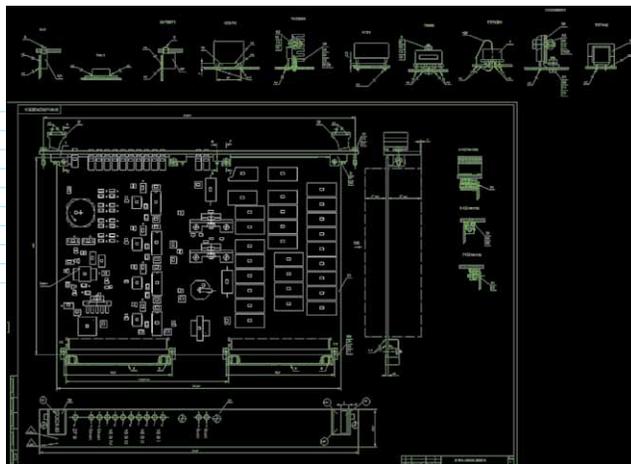


Рис. 10. Размещение чертежей установки (вариант 2) компонентов на листе 1 сборочного чертежа печатной платы (слой TOP Silk – белый цвет, TOP Assy – зеленый)

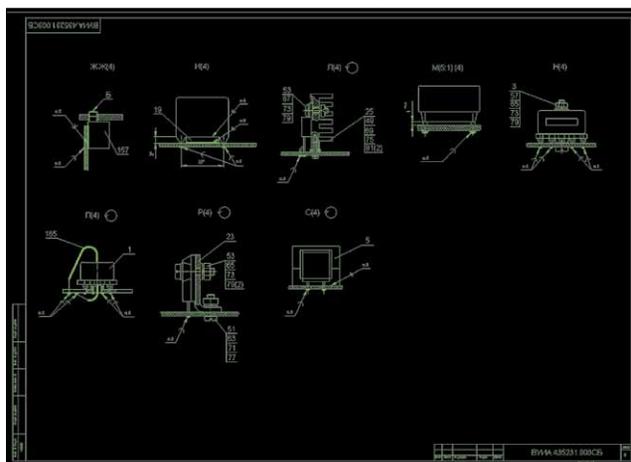


Рис. 11. Продолжение размещения (вариант 2) на листе 2 сборочного чертежа печатной платы (слой TOP Assy – зеленый цвет)

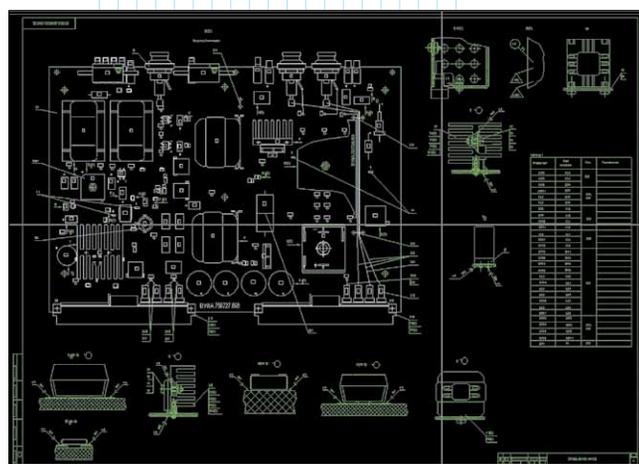


Рис. 8. Размещение чертежей установки (вариант 1) компонентов на листе 1 сборочного чертежа печатной платы (слой TOP Silk – белый цвет, TOP Assy – зеленый)

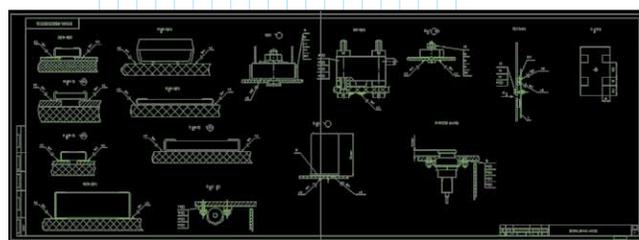


Рис. 9. Продолжение размещения (вариант 1) на листе 2 сборочного чертежа печатной платы (слой TOP Assy – зеленый цвет)

модуль на базе печатной платы решена достаточно нетривиально. Затраты времени на это – не более пары минут. Результат представляется в формате Microsoft Word, и документ при этом не требует никаких доработок (в частности, ручной сортировки данных в разделах СП). 📄

Литература

1. Ёлшин Ю. Программный комплекс формирования БД компонентов и обмена данными между участниками проектных работ в САПР. Комплекс ComrBox // Компоненты и технологии, 2015, №5.
2. Сергеев А. Автоматизированная подготовка документации в OrCAD Documentation Editor // Современная электроника, 2015, №3.
3. Филатов М. Автоматизированное проектирование электронных устройств при помощи специализированного пакета Proteus 8.1 // Компоненты и технологии, 2015, №3.