

**Система подготовки печатных плат к производству**  
**CAM350**

*А.В. Лопаткин*



**Редактор апертур (Cap Editor)**

*(Справочное руководство по командам  
и примеры создания апертур)*

**Нижний Новгород - 2021**

---

## КАК КУПИТЬ ЭТУ КНИГУ

Данная книга входит в комплект из 7 электронных книг, посвященных работе в редакторе проектов печатных плат САМ350, в соответствующих режимах:

1. Технологический редактор (CAM Editor)
2. Редактор панелей (Panel Editor)
3. Редактор символов (Symbol Editor)
4. Редактор апертур (CAP Editor)
5. Редактор компонентов (Part Editor)
6. Редактор ЧПУ (NC Editor)
7. Редактор тестов (Flying Probe Editor)

Весь комплект доступен для приобретения предприятиями по безналичному расчету, в виде персонализированных копий (1 защищенная копия PDF в совместном пользовании на отдел предприятия).

Для получения текущей стоимости комплекта и для запроса счета на оплату обратитесь на [book@pcbsoftware.com](mailto:book@pcbsoftware.com)

---

УДК 396.793

**Лопаткин А.В.**

Подготовка печатных плат к производству в САМ350. Редактор апертур: справочное пособие по командам и примеры создания апертур. – Н. Новгород, 2021. - 76 стр.: ил.

В пособии подробно с использованием иллюстраций рассмотрены все команды Редактора апертур (Cap Editor) системы подготовки печатных плат к производству САМ350 применительно к версии 12. Кроме этого приведены пошаговые инструкции для создания нескольких вариантов заказных апертур.

Пособие может быть полезно специалистам, занимающимся подготовкой печатных плат к производству, и студентам технических вузов, начинающим осваивать систему САМ350 в качестве справочника по командам и пошагового руководства по созданию апертур.

Все права защищены. Любая часть этой публикации не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной публикации многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, автор не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим автор не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием данной публикации

© Лопаткин А., 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Система подготовки печатных плат к производству САМ350 получила широкое распространение на российских предприятиях, поскольку обладает широкими возможностями, позволяя выявлять и устранять допущенные ошибки проектирования, проводить отработку на технологичность и выпускать производственную документацию для производства печатных плат.

Количество пользователей системы растет (и изменяется!) с каждым годом, поэтому велика потребность в обучающих материалах, позволяющих быстро и эффективно освоить достаточно сложную многоплановую систему. Несмотря на большое количество обучающих роликов и различного рода методических материалов, размещенных в сети Интернет (в основном на английском языке), потребность в хорошо структурированных, методически правильно построенных руководствах растет. К сожалению, печатных изданий на русском языке по системе нет вообще, поэтому большинству пользователей системы приходится осваивать ее методом проб и ошибок. При этом многие возможности системы не используются или используются нерационально.



Автором подготовлена серия справочно-учебных пособий по различным аспектам использования системы САМ350, обобщающих опыт проведения занятий со студентами НГТУ им. Р.Е. Алексеева и специалистами промышленных предприятий и организаций Нижегородского региона, регулярно проводимыми с 2016 года и предназначенных для студентов и специалистов, начинающих осваивать систему САМ350.

Каждое пособие построено прежде всего, как справочное руководство по командам, применяемым в разных режимах работы системы, называемых Редакторами. Команды рассматриваются подробно с приведением необходимых иллюстраций и пояснений. Кроме этого, в конце каждого пособия приводится пошаговое руководство по практическому использованию системы в данном режиме – ставится типовая задача, а затем указывается путь ее решения через систему практических заданий.

В данном пособии рассмотрены все команды специального режима работы системы, называемого Редактором апертур (CAP Editor) и приведены примеры создания заказных апертур для позитивных и негативных слоев печатной платы.

В пособии приняты следующие соглашения:

Обозначение в тексте	Назначение
• <b>Установите метрическую систему единиц</b>	Так формулируется задача, которую необходимо выполнить. Далее в тексте дается пошаговый алгоритм ее выполнения, который нужно реализовать
<b>Tools   Convert</b>	Полужирным шрифтом выделяются названия программ пакета, панелей, команды основного меню и кнопки
<b>210mm</b>	Так выделяется текст, который нужно набрать на клавиатуре
[SHIFT] [SHIFT] + [R]	Так обозначаются отдельные клавиши на клавиатуре, а так одновременно нажимаемые
в группе <i>Units</i>	Курсивом выделяются названия групп команд, команд на панелях и английские термины в тексте
Щелчок ЛКМ	Щелчок левой кнопкой мыши
Щелчок ПКМ	Щелчок правой кнопкой мыши

	<b>Так выделяются важные предупреждения</b>
	<i>Так выделяются советы и рекомендации</i>

При необходимости в пособии приводятся краткие теоретические сведения по отдельным вопросам подготовки печатных плат к производству, не претендующие на полноту охвата материала и применимость к ситуации на конкретном предприятии.

При самостоятельном освоении пакета с использованием данного пособия очень важно строго выполнять предлагаемую последовательность действий. Пособие построено так, что для однотипных операций в некоторых случаях последовательно рассматриваются возможные способы их выполнения применительно к конкретной ситуации. Таким образом, читатель постепенно приобретает необходимые навыки работы с инструментами в различных ситуациях.

*✓ Для успешной работы строго следуйте предлагаемым инструкциям. Не пропускайте заданий и отдельных шагов в них, даже если они кажутся вам простыми или не очень нужными!!*

Предлагаемое пособие не претендует на полный охват всех возможностей системы и предназначено в первую очередь для тех, кто впервые столкнулся САМ350 и хочет самостоятельно приобрести основные навыки работы с этой системой. Также в пособии не ставилась цель обучения в подготовке печатных плат к производству. Этот вопрос индивидуален для каждого предприятия. Автор будет признателен за любые замечания и пожелания, которые следует направлять по электронной почте [lopatkin@nntu.ru](mailto:lopatkin@nntu.ru)

+++++

## Содержание

Введение .....	3
1 Интерфейс Редактора апертур .....	1-1
1.1 Назначение Редактора апертур и его базовые понятия .....	1-1
1.2 Интерфейс Редактора апертур .....	1-2
1.2.1 Основное меню .....	1-3
1.2.2 Инструментальная панель Standard Toolbar .....	1-3
1.2.3 Инструментальная панель Edit (Правка) .....	1-4
1.2.4 Инструментальная панель Dashboard Toolbar (Приборная панель) .....	1-4
1.2.5 Панель Навигация (Navigation Pane) .....	1-4
1.2.6 Статусная строка (Status Bar) .....	1-4
1.2.7 Окно сообщений (Message Window) .....	1-5
1.2.8 Настройка инструментальных панелей .....	1-5
1.3 Рабочее поле .....	1-6
1.3.1 Привязочная сетка .....	1-6
1.3.2 Начало координат (Origin) .....	1-6
1.3.3 Выбор формы курсора .....	1-7
1.3.4 Использование клавиатуры для перемещения курсора и активации команд .....	1-7
1.3.5 Использование клавиш вместо кнопок мыши .....	1-7
1.3.6 Выделение объектов на рабочем поле .....	1-7
1.3.7 Ускоренный переход к другому редактору .....	1-9
1.3.8 Смещение и масштабирование изображения на Рабочем поле .....	1-9
1.4 Запуск, выполнение и отмена команд .....	1-9
1.5 «Горячие» клавиши Редактора апертур .....	1-10
2 Группа команд File (Файл) .....	2-1
2.1 File   New (Файл   Новый) .....	2-1
2.1 File   Open (Файл   Открыть) .....	2-1
2.2 File   Save Cap (Файл   Сохранить апертуру) .....	2-2
2.3 File   Save Cap As (Файл   Сохранить апертуру как) .....	2-3
2.4 File   Save Lib (Файл   Сохранить библиотеку) .....	2-4
2.5 File   Save Lib As (Файл   Сохранить библиотеку как) .....	2-4
2.6 File   Import   ECAM Lib (Файл   Импорт   Библиотека ECAM) .....	2-4
2.7 File   Print (Файл   Печать) .....	2-5
2.8 File   Print All Caps (Файл   Печать всех апертур) .....	2-5
2.9 File   Exit Cap Editor (Файл   Выход из Редактора апертур) .....	2-5
3 Группа команд Edit (Правка) .....	3-1
3.1 Edit   Undo (Правка   Отменить действие) .....	3-1
3.2 Edit   Redo (Правка   Повторить действие) .....	3-1
3.3 Edit   Move (Правка   Переместить) .....	3-2
3.4 Edit   Copy (Правка   Копировать) .....	3-3
3.5 Edit   Delete (Правка   Удалить) .....	3-4
3.6 Edit   Rotate (Правка   Повернуть) .....	3-4
3.7 Edit   Mirror (Правка   Отразить) .....	3-5
3.8 Edit   Trim (Правка   Подрезка) .....	3-6
3.8.1 Edit   Trim Using   Line (Правка   Подрезка   Линия) .....	3-6
3.8.2 Edit   Trim Using   Circle (Правка   Подрезка   Окружность) .....	3-7
3.8.3 Edit   Trim Using   Arc - Center-Angle (Правка   Подрезка   Центральная дуга) .....	3-7
3.8.4 Edit   Trim Using   Arc - 3-Points (Правка   Подрезка   Дуга по трем точкам) .....	3-7
3.8.5 Edit   Trim Using   Arc - 2-Points (Правка   Подрезка   Дуга по двум точкам) .....	3-8
3.9 Edit   Change (Правка   Изменить) .....	3-8
3.9.1 Edit   Change   Width (Правка   Изменить   Ширина) .....	3-8
3.9.2 Edit   Change   Endcap (Правка   Изменить   Концы линий) .....	3-9
3.9.3 Edit   Change   Polarity (Правка   Изменить   Полярность) .....	3-10
3.10 Edit   Convert To Polygons (Правка   Преобразовать в полигоны) .....	3-10
3.11 Edit   Move Vtx/Seg (Правка   Переместить вершину или сегмент) .....	3-11
3.12 Edit   Add Vertex (Правка   Добавить вершину) .....	3-12
3.13 Edit   Delete Vertex (Правка   Удалить вершину) .....	3-12
3.14 Edit   Delete Segment (Правка   Удалить сегмент) .....	3-12

4	Группа команд Add (Добавить) .....	4-1
4.1	Add   Line (Добавить   Линия) .....	4-1
4.2	Add   Rectangle (Добавить   Прямоугольник) .....	4-1
4.3	Подгруппа Add   Circle (Добавить   Круг) .....	4-2
4.3.1	Add   Circle   Center-Radius (Добавить   Круг   Центр-Радиус) .....	4-2
4.3.2	Add   Circle   3 Points (Добавить   Круг   3 точки) .....	4-3
4.4	Подгруппа Add   Arc (Добавить   Дуга) .....	4-3
4.4.1	Add   Arc   Center-Angle (Добавить   Дуга   Центр-Угол) .....	4-3
4.4.2	Add   Arc   3-Point (Добавить   Дуга   3 точки) .....	4-4
4.4.3	Add   Arc   2-Point (Добавить   Дуга   2 точки) .....	4-4
4.5	Add   Polygon (Добавить   Полигон) .....	4-5
5	Группа команд View (Вид) .....	5-1
5.1	Горячие клавиши для изменения режимов просмотра .....	5-1
5.1.1	Режим заливки – горячая клавиша F .....	5-1
5.1.2	Отображение сетки – Горячая клавиша [V]. .....	5-2
5.2	Команды .....	5-2
5.2.1	Команда View   Window (Вид   Окно) .....	5-2
5.2.2	Команда View   All (Вид   Все) .....	5-2
5.2.3	Команда View   Redraw (Вид   Перерисовать) .....	5-2
5.2.4	Команда View   In (Вид   Увеличить) .....	5-2
5.2.5	Команда View   Out (Вид   Уменьшить) .....	5-3
5.2.6	Команда View   Pan (Вид   Центрировать) .....	5-3
5.2.7	Команда View   Full Screen (Вид   Весь экран) .....	5-3
5.3	Флажки .....	5-3
5.3.1	Флажок View   Tool Bar (Вид   Панель инструментов) .....	5-3
5.3.2	Флажок View   Edit Tool Bar (Вид   Панель инструментов редактирования) .....	5-4
5.3.3	View   Status Bar (Вид   Панель состояния) .....	5-4
5.3.4	View   Massage Bar (Вид   Панель сообщений) .....	5-4
5.3.5	View   Dashboard (Вид   Приборная панель) .....	5-4
5.3.6	View   Coordinate Bar (Вид   Панель координат) .....	5-4
6	Группа команд Info (Информация) .....	6-1
6.1	Info   Query (Информация   Запрос) .....	6-1
6.2	Info   Measure (Информация   Измерения) .....	6-2
6.2.1	Info   Measure   Point-Point (Информация   Измерения   От точки до точки) .....	6-2
6.2.2	Info   Measure   Object-Object (Информация   Измерения   Между объектами) .....	6-2
7	Группа команд Macro (Макросы) .....	7-1
7.1	Команда Macro   Record (Макрос   Запись) .....	7-1
7.2	Команда Macro   Stop (Макрос   Стоп) .....	7-2
7.3	Команда Macro   Record Comment (Макрос   Комментарий записи) .....	7-2
7.4	Macro   Play (Макрос   Воспроизведение) .....	7-2
7.5	Macro   Debug (Макрос   Отладка) .....	7-2
7.6	Macro   Assign (Макрос   Назначить) .....	7-4
7.6.1	Macro   Assign   Menu Items (Макрос   Назначить   Пункты меню) .....	7-4
7.6.2	Macro   Assign   Function Keys (Макрос   Назначить   Функциональные клавиши) .....	7-5
7.7	Macro   Edit (Макрос   Редактирование) .....	7-6
7.8	Macro   Setup Printer (Макрос   Настройка принтера) .....	7-6
7.9	Macro   Absolute (Макрос   Абсолютный) .....	7-6
7.10	Macro   Relative (Макрос   Относительный) .....	7-6
7.11	Macro   Record Settings (Макрос   Настройки записи) .....	7-6
7.12	Macro   Clear Markers (Макрос   Очистить маркеры) .....	7-7
8	Группа команд Settings (Установки) .....	8-1
8.1	Settings   Line (Установки   Линия) .....	8-1
8.2	Settings   Unit (Установки   Единицы) .....	8-1
8.3	Settings   Snap (Установки   Привязка) .....	8-2
8.4	Settings   Arc/Circle (Установки   Дуги/Окружности) .....	8-2
9	Примеры создания заказных апертур .....	9-1
9.1	Подготовка к работе .....	9-1
9.2	Создание реперного знака для позитивных слоев проекта .....	9-2
9.3	Создание реперного знака для негативных слоев проекта .....	9-3
9.4	Сохранение созданных апертур во внешнюю библиотеку .....	9-5
9.5	Добавление созданных апертур в Таблицу апертур .....	9-5

# 1 ИНТЕРФЕЙС РЕДАКТОРА АПЕРТУР

*В этом разделе представлен интерфейс Редактора апертур и определены его базовые понятия*

SAM350 представляет собой единую программу, работающую в нескольких различных режимах. В программе эти режимы называются редакторами (рис. 1.1), но в отличие, например, от известной системы проектирования печатных плат P-CAD, эти редакторы не могут работать отдельно друг от друга. Тем не менее, в дальнейшем изложении для сохранения единства справочного материала программы и данного пособия будем называть эти режимы редакторами, поскольку они решают свои специфические задачи и имеют несколько различающийся инструментарий. В данном разделе рассматривается интерфейс Редактора апертур (**Cap Editor**).

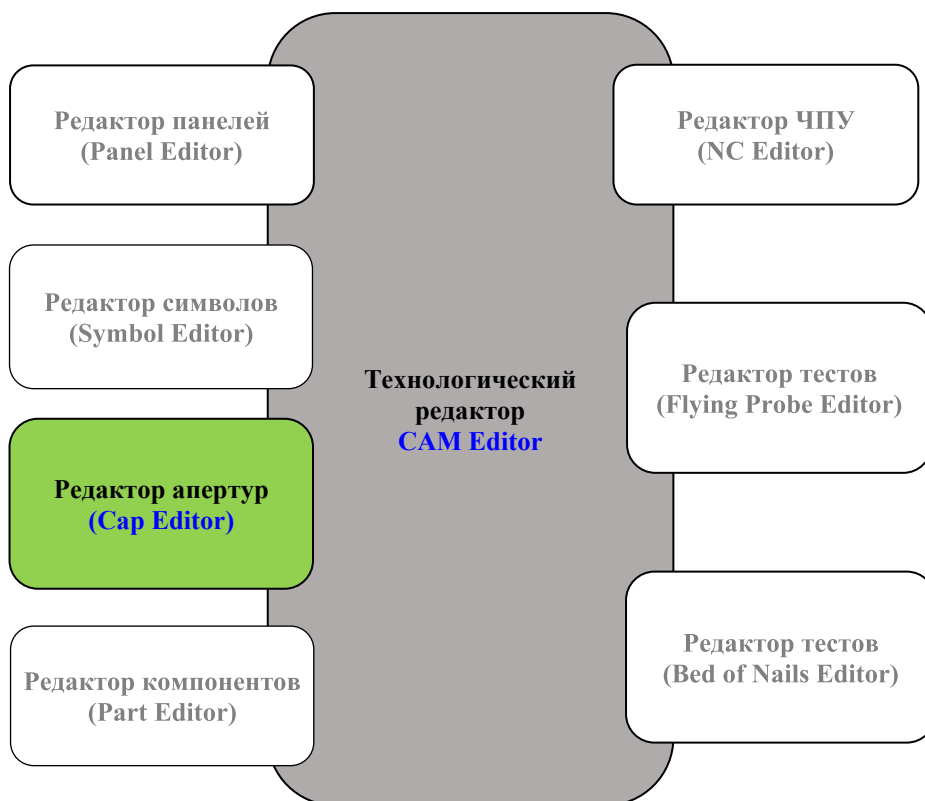


Рис. 1.1 Структура программы SAM350

## 1.1 Назначение Редактора апертур и его базовые понятия

Для создания изображений SAM350 предлагает 19 штатных параметрических апертур различной формы (рис. 1.2).

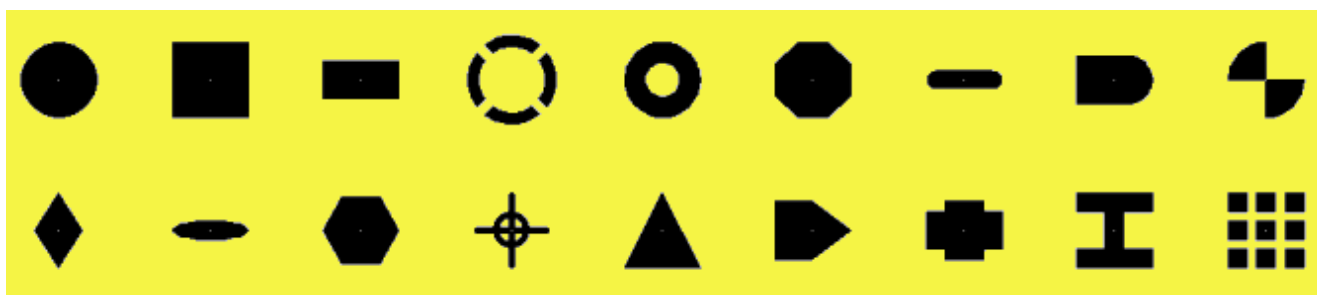


Рис. 1.2 Системные апертуры SAM350



Можно изменять их размеры и поворачивать на произвольный угол. Однако даже такого многообразия в некоторых проектах не хватает. Поэтому в системе введено понятие заказных апертур (Custom) и реализован специальный инструмент для их создания и редактирования – Редактор апертур (Cap Editor). Часть заказных апертур системой создается автоматически при импорте проектных данных. Хранятся заказные апертуры в специальных библиотеках – внутренней проектной (Project Library) и внешних библиотеках (External Library), которые позволяют использовать созданные заказные апертуры в других проектах. Внешние библиотеки имеют расширение <\*.CLB>. Следует заметить, что внутренняя проектная библиотека апертур есть в каждой базе данных проекта, независимо от наличия заказных апертур. Если заказная апертура выбирается из внешнего файла, она автоматически помещается во внутреннюю проектную библиотеку, которая автоматически сохраняется в проектном файле с расширением <\*.CAM>. Поэтому в САМ350 нет проблем с переносом проектов с одного компьютера на другой. Достаточно перенести один проектный файл.

В связи с особенностями объектов разработки идеология работы в Редакторе апертур существенно отличается от работы в других редакторах:

- Во-первых, в этом редакторе нет понятия слоя. Все апертуры, включая заказные, выполняются в едином слое, не имеющем специального названия, хотя использоваться в других редакторах апертуры могут в разных слоях. Соответственно, в этом редакторе нет инструментов для работы со слоями (таблицы слоев и панели слоев). Однако связь со структурой слоев Технологического редактора у этого Редактора апертур существует. Например, цвет объектов, размещаемых в Редакторе апертур на рабочем поле, будет определяться цветом линий (draw) ПЕВОГО слоя в Таблице слоев Технологического редактора. С другой стороны, цвет объектов, создаваемых с помощью апертур, будет определяться цветом линий и засветок, заданных для слоя, на котором они размещаются.
- Во-вторых, в Редакторе апертур каждый размещаемый на рабочем поле объект (линия, дуга, круг, полигон) имеют свойство полярности (Polarity), т.е. он может быть позитивным или негативным. Общий принцип здесь такой – негативные объекты вычитаются из позитивных, на которые они наложены. Например, если мы хотим получить кольцо, то сначала нужно на Рабочем поле разместить позитивный круг (Circle) большого радиуса, а затем наложить на него негативный круг с меньшим диаметром. Если последовательность действий поменять, т.е. вначале разместить маленький негативный круг и на него наложить большой позитивный круг, то кольца не получится. Мы увидим только большой позитивный круг, т.е. позитивные объекты закрывают негативные, на которые они наложены. В обычном режиме отображения негативные объекты на Рабочем поле не видны, что затрудняет работу с ними. Однако, в режиме контурного отображения и режиме центральной линии они на Рабочем поле отображаются. Напомним, что режимы отображения объектов во всех редакторах циклически переключаются с помощью горячей клавиши [F].
- В-третьих, в Редакторе апертур задаются физические размеры, размещаемых объектов (ширина (Width) для линий, радиус для дуг и кругов), а в остальных редакторах САМ350 размеры определяются выбранной апертурой (D-кодом).
- Четвертое отличие носит чисто технический характер. Поскольку размеры заказных апертур гораздо меньше, чем проектируемой печатной платы, шаги сетки по умолчанию в Редакторе апертур также мельче, чем в других редакторах (это утверждение справки, которое на практике не подтвердилось).

## 1.2 Интерфейс Редактора апертур

Как видно из рис. 1.3 рабочий экран Редактора апертур очень похож по внешнему виду и составу на экран Технологического редактора. Его основными элементами являются: **Основное меню**, где сосредоточены все команды редактора; верхние и левые **Инструментальные панели**; **Рабочее поле**, на котором размещается текущий символ. В нижней части экрана расположены **Окно сообщений**, куда выводятся сообщения о выполненных действиях пользователя и системы

и **Статусная строка**, где отображаются текущие координаты курсора и выводятся подсказки для выполнения выбранной команды.

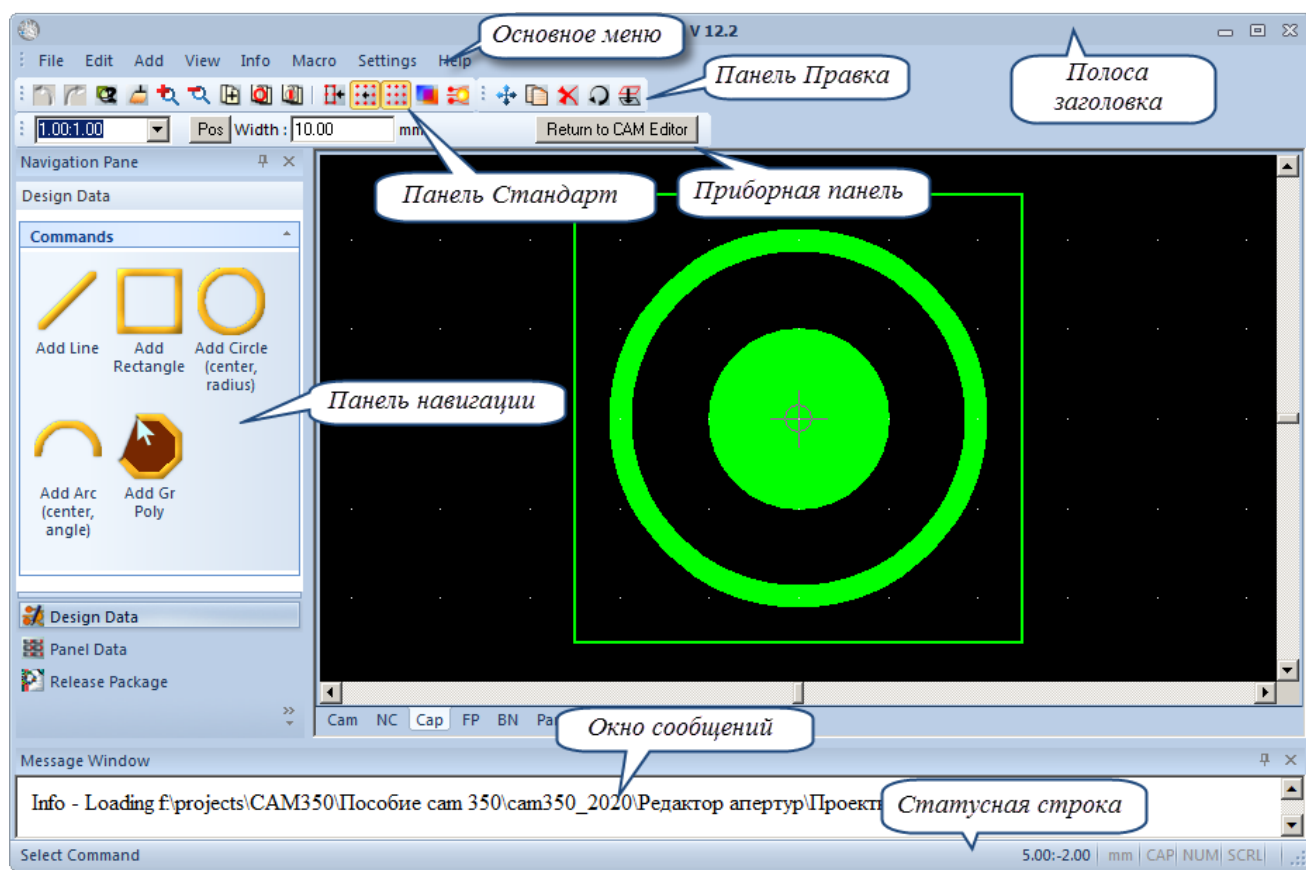


Рис. 1.3 Рабочий экран Редактора апертур










В верхней части экрана в **Полосе заголовка** до надписи «Cap Ed» выводится имя текущей апертуры.





### 1.2.1 Основное меню

Основное меню программы, содержащее все доступные в ней команды для удобства объединенные в группы, расположено под полосой заголовка. Состав групп и назначение, включенных в них команд и флажков, подробно обсуждается в последующих разделах Справочного пособия.






### 1.2.2 Инструментальная панель Standard Toolbar

Под Основным меню по умолчанию располагается Инструментальная панель **Стандарт** (Standard Toolbar) куда вынесены наиболее часто используемые команды Основного меню, а также кнопки, управляющие привязками, видимостью сетки, прозрачностью и подсветкой активной апертуры. Для ее визуализации можно использовать контекстное меню появляющееся при щелчке ПКМ по Основному меню или полю размещения инструментальных панелей (флажок **Standard Toolbar**), либо флажок **Tool Bar** в группе **View** (Вид) основного меню.

В случае Редактора апертур на эту панель по умолчанию выносятся следующие команды: команды отмены  (**Edit | Undo**) и возвращения изменения  (**Edit | Redo**), команда получения информации о всех объектах  (**Info | Query | All**), перерисовки экрана  (**View | Redraw**), увеличения  (**View | In**) и уменьшения масштаба изображения  (**View | Out**, кнопка выключения  и включения  всех слоев, кнопки включения привязки к объектам  (**Object Snap**)

и узлам сетки  (**Grid Snap**), кнопка управления видимостью сетки  (**Grid Vis**). Здесь также расположены кнопки включения режима полупрозрачности  (**Transpar**) и подсветки элементов проекта, выполненных с использованием текущей апертурой  (**Highlight**). В силу специфики Редактора апертур кнопки работы со слоями не работают и их можно было бы убрать! Как это сделать покажем в пп. 1.2.8.

### 1.2.3 Инструментальная панель Edit (Правка)

На Инструментальную панель **Правка** (Edit) вынесены базовые команды редактирования из группы **Edit** — перемещения  (**Edit | Move**) и копирования  (**Edit | Copy**), удаления  (**Edit | Delete**) и вращения  (**Edit | Return**), а также отзеркаливания  (**Edit | Mirror**) выделенных объектов.

### 1.2.4 Инструментальная панель Dashboard Toolbar (Приборная панель)

Так называемая **Приборная панель** (Dashboard Toolbar) меняет свой состав в зависимости от активированной команды, но в Редакторе апертур на ней практически всегда присутствуют поле для выбора *шагов привязочной сетки* (шаги сетки можно не только выбирать, но и назначать!) и переключатель полярности составных частей апертурой. Кроме это на Приборной панели в зависимости от активированной команды могут появляться кнопки для выбора режимов раскладки линий и т.д. Для примера на рис. 1.4 приведен внешний вид Приборной панели в случае активации команды добавления линий.



Рис. 1.4 Вид Приборной панели в команде добавления линий

Состав этой панели подробно описывается при рассмотрении команд в последующих разделах Справочного пособия.

### 1.2.5 Панель Навигация (Navigation Pane)

Вспомогательная панель **Навигация** (Navigation Pane) облегчает доступ к дереву данных проекта, палитре команд и инструментов, а также выбору режима работы. В Редакторе апертур эту панель можно использовать для добавления объектов.

### 1.2.6 Статусная строка (Status Bar)

В **Статусной строке** отображаются подсказки по выполнению текущей команды и процесс ее выполнения, а также текущие координаты курсора, выбранные единицы измерения и режим работы клавиатуры (рис. 1.5). Выглядит она во всех редакторах системы одинаково. На рис. 1.5 представлен ее вид после активации команды перемещения объектов (**Edit | Move**).

---

## КАК КУПИТЬ ЭТУ КНИГУ

Данная книга входит в комплект из 7 электронных книг, посвященных работе в редакторе проектов печатных плат САМ350, в соответствующих режимах:

1. Технологический редактор (CAM Editor)
2. Редактор панелей (Panel Editor)
3. Редактор символов (Symbol Editor)
4. Редактор апертур (CAP Editor)
5. Редактор компонентов (Part Editor)
6. Редактор ЧПУ (NC Editor)
7. Редактор тестов (Flying Probe Editor)

Весь комплект доступен для приобретения предприятиями по безналичному расчету, в виде персонализированных копий (1 защищенная копия PDF в совместном пользовании на отдел предприятия).

Для получения текущей стоимости комплекта и для запроса счета на оплату обратитесь на [book@pcbsoftware.com](mailto:book@pcbsoftware.com)

---