

Возможности программы CAM350 для проверки технологичности проектов печатных плат.

Антон Супонин, suponin@pcbsoftware.com

Программа CAM350 предназначена для работы с производственными файлами печатных плат в формате Gerber RS274, RS274X и ODB++, их проверки, корректировки и оптимизации, а также для подготовки мультиплат (панелей) для монтажа.

CAM350 заслуженно считается одним из самых популярных инструментов для технологической подготовки проектов печатных плат, постоянно обновляется и имеет простой, доступный для понимания интерфейс. Пользователям доступны несколько конфигураций этой программы, начиная от программы просмотра CAM350-070 (без возможности модификации), либо с возможностью корректировки и анализа «в ручном режиме» CAM350-090 и CAM350-160, либо с полноценными инструментами анализа и верификации проектов, панелизации, подготовки программ для тестеров и т.д.

Пожалуй, наиболее интересной конфигурацией CAM350 для компаний, разрабатывающих печатные платы, является конфигурация DFMStream-520, предназначенная для технологической подготовки и верификации проектов с точки зрения дизайна для производства (DFM, DFA и DFT).

Возможности конфигурации CAM350 DFMStream-520

Эта сборка имеет название Design For Manufacturing Bundle – сборка, обеспечивающая дизайн для производства. В дополнение к функциям CAM350-160, она включает полный набор производственных проверок DFM между различными объектами дизайна, принимая на вход форматы Gerber или intelligent CAD Design, а также содержит Design Analyzer для упрощения процедуры оценки проектов и определения степени сложности печатной платы.

Набор инструментов анализа проекта, доступных в этой конфигурации, показан на рис.1.

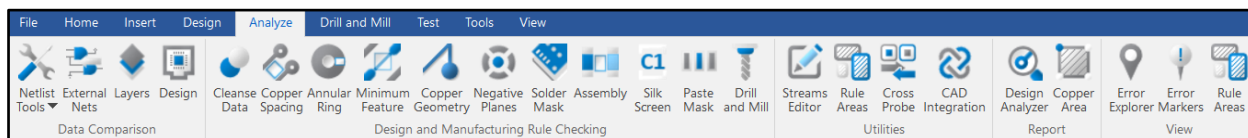
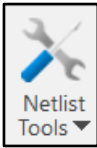
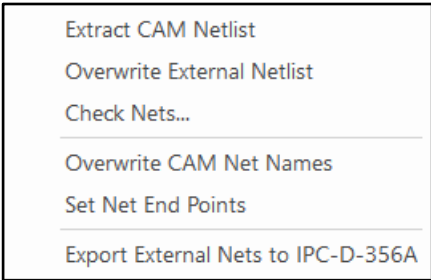


Рис. 1 Список инструментов в разделе Analyze.

Опишем, как пользоваться основными инструментами анализа. Для начала рекомендуется извлечь список соединений – без него некоторые проверки не могут быть выполнены.

1. При нажатии на иконку  появляется меню  назначение пунктов которого описано ниже.

Extract CAM Netlist – Если в импорте проекта использовались только Gerber файлы и файлы сверловки, то списка соединений как такового в проекте нет. Можно создать список соединений, используя данный инструмент.

Overwrite External Netlist – Если список соединений был в импортируемом проекте, то его можно перезаписать новым, который может быть получен при помощи CAM350.

Check Nets... - Запускает проверку списка соединений, который присутствует в проекте. На рис.2 показано диалоговое окно проверки цепей.

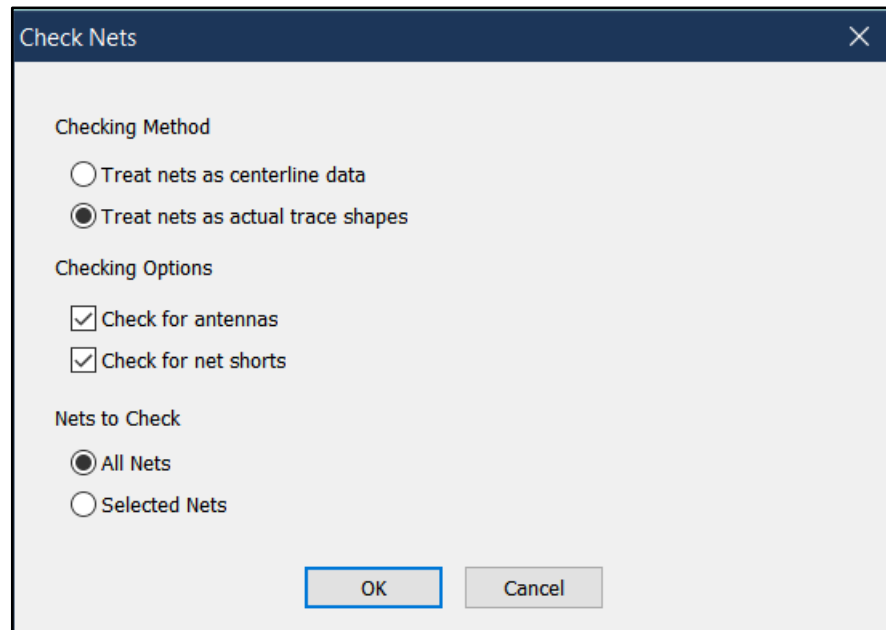


Рис. 2 Настройки инструмента проверки списка соединений.

Treat nets as centerline data – Обрабатывать проводящий рисунок по центрам проводящих линий. Линия имеет толщину (апертуру) и координаты концов. Если координаты концов одной линии не будут совпадать с координатами концов другой линии, то будет сформирована ошибка, даже если фактически из-за толщины линий рисунок частично накладывается, и электрическая связь фактически присутствует. Линии воспринимаются, как векторы.

Treat nets as actual trace shapes – Все линии представляются полигонами, по форме совпадающими с границами линий. И, если электрический контакт фактически существует, то это будет учтено, даже в том случае, когда концы линий не совпадают по координатам.

Check for antennas – Проверка на участки трассировки, имеющие начало, но висящие в воздухе. Как пример: не доведенные до конца трассы.

Check for net shorts – Проверка на короткое замыкание между различными линиями.

Проверку могут проходить все цепи в проекте, либо же выбранные из списка. В результате проверки будет сформирован список найденных ошибок и создан дополнительный слой, на котором участки трассировки с ошибками будут помечены линией (см. рис.3).

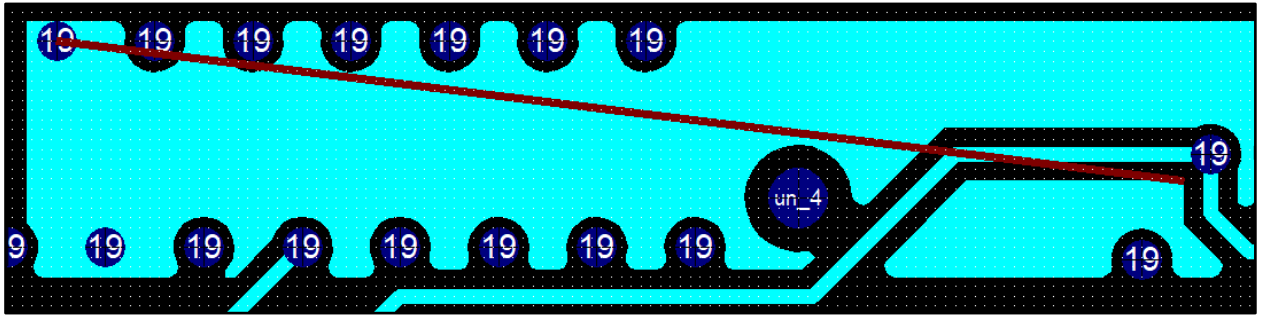


Рис. 3 Ошибка, полученная в ходе проверки.

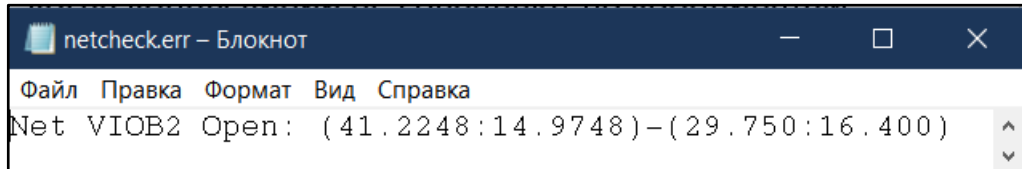
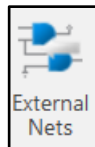


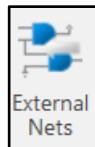
Рис. 4 Отчет, полученный в ходе проверки.

Красная линия на рис.3, соединяющая основной полигон и не подсоединенную его часть, создана программой автоматически.

Overwrite CAM Net Names – Переписать имена соединений, полученные при помощи CAM350, сторонним списком соединений. Если имена цепей уже имеют название, сгенерированное не автоматически, то ничего не произойдет.

Set Net end points – Инструмент находит концы линий для расположения на них тестовых точек. Как правило, концы линий – это контактные площадки компонентов.



2. Нажатие на инструмент  открывает следующее меню (рис.5).

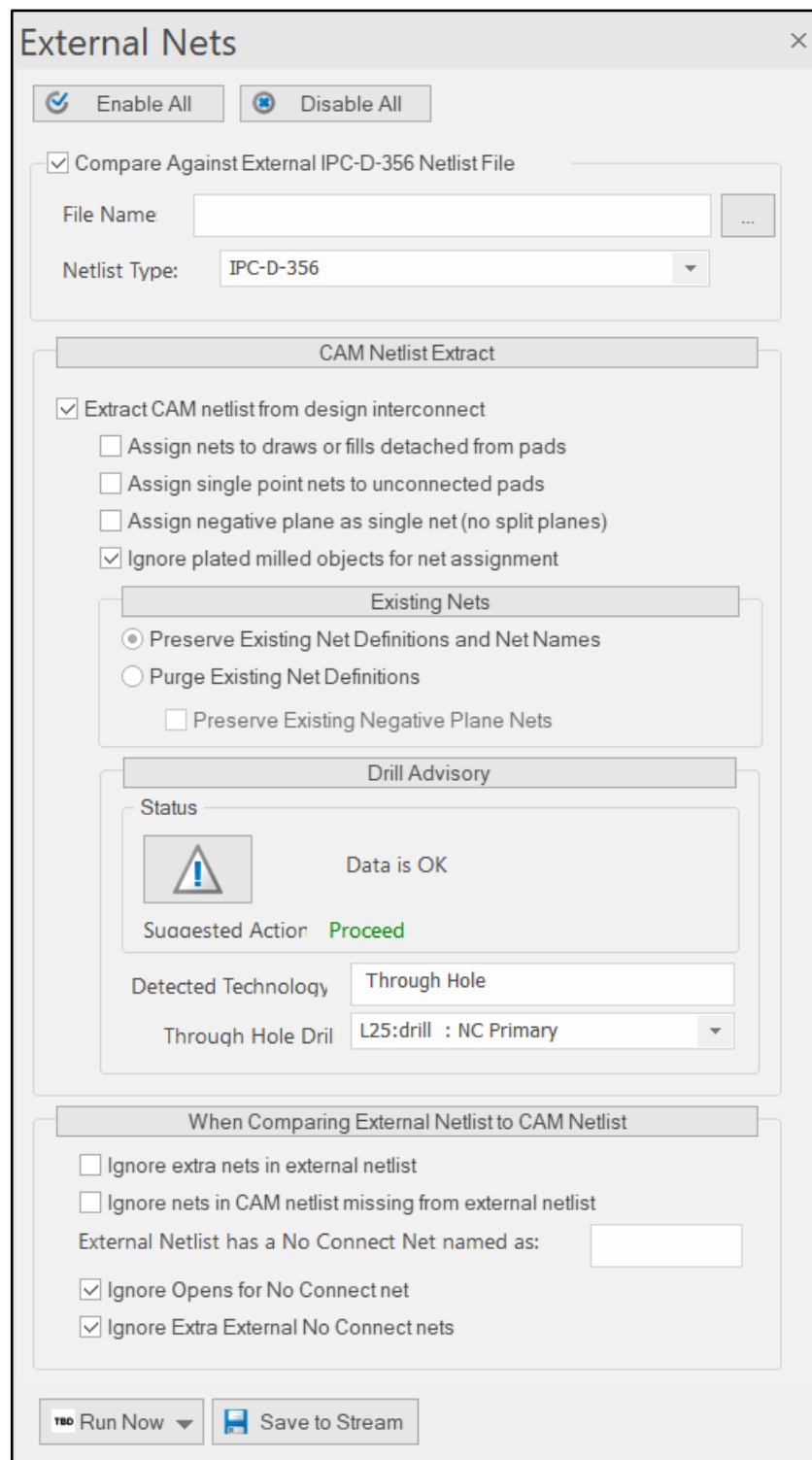


Рис. 5 Меню инструмента External Nets.

В этом окне можно выбрать следующие опции:

Compare against external IPC-D-356 Netlist File – В данном разделе предлагается провести сравнение стороннего списка соединений со списком соединений, присутствующем в проекте. Сторонний список соединений должен быть записан в формате IPC-D-356.

CAM Netlist Extract – Создание списка соединений на основании проводящего рисунка в проекте. Для данного подраздела доступны несколько настроек.

Extract CAM netlist from design interconnect	Получить список соединений, основываясь на информации о проводящем рисунке в проекте CAM350.
Assign nets to draws or fills detached from pads	Присвоить объектам (flash или polygon), полученным из контактных площадок, уникальную цепь.
Assign single point nets to unconnected pads	Присвоить цепь с одним контактом неподключенным контактным площадкам.
Assign negative plane as single net	Рассматривать негативный слой, как одну цепь.
Ignore plated milled objects for net assignment	Игнорировать металлизированные установочные слоты, полученные при помощи фрезеровки.

Подраздел Existing Nets.

Preserve Existing Net Definitions and Net Names – При создании списка соединений средствами CAM350, будет сохранен старый список соединений, если он существует, и имена в нем.

Purge Existing Net Definitions – Очистить список соединений и создавать его с нуля.

Preserve existing negative plane nets – Сохранять существующие цепи, которым принадлежать негативные слои.

Подраздел Drill Advisory.

Для успешного извлечения списка соединений проводящий рисунок на различных слоях проекта печатной платы должен быть связан при помощи переходных отверстий.

CAM350 определяет:

- Слой, на котором расположены переходные отверстия.
- Тип переходных отверстий.
- Попадают ли переходные отверстия в центры контактных площадок.

Если все параметры выставлены правильно, и предварительная проверка на совпадение центров пройдена, то в окне Status будет выдано текущее состояние предварительных проверок и предполагаемые действия.

На рис.6. показаны возможные варианты настройки раздела “When Comparing External Netlist to CAM Netlist”, предназначенного для сравнения полученного из гербер-файлов списка цепей с внешним файлом списка цепей, полученным из исходного проекта в САПР.

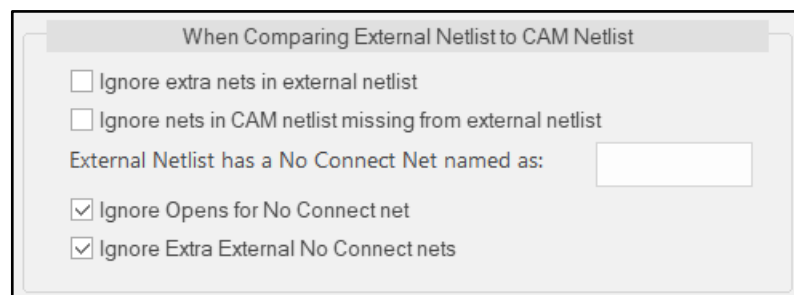


Рис. 6 Настройки процесса сравнения списка соединений из внешних источников со списком соединений CAM350.

Ignore extra nets in external netlist – При несовпадении количества цепей в списках соединений программа определяет цепи, которые есть во внешнем списке и которых нет с списке CAM350 и игнорирует их.

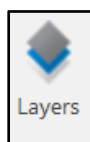
Ignore nets in CAM netlist missing from external netlist – Пункт противоположный предыдущему. Игнорируются цепи, которые есть в CAM350, но отсутствуют во внешнем списке.

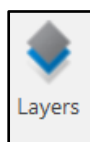
External Netlist has no connect Net named as – Пользователю предлагается внести имя цепи из внешнего списка соединений, которая не имеет физических подключений на плате.

Ignore opens for no connect net – Игнорировать разрывы для цепи, которая не имеет подсоединений.

Ignore External No connect Nets – Полностью игнорировать цепи не имеющие физических подключений из внешнего списка соединений. Т.е., если во внешнем списке соединений есть цепь, которая никуда не подключена, то она будет проигнорирована при сравнении списков соединений.

После выставления необходимых настроек можно запустить механизм сравнения списков соединений на всем проекте, в пределах контура печатной платы, либо в пределах выбранной пользователем области.



3. Инструмент  выполняет сравнение двух слоев в проекте с заданной точностью.

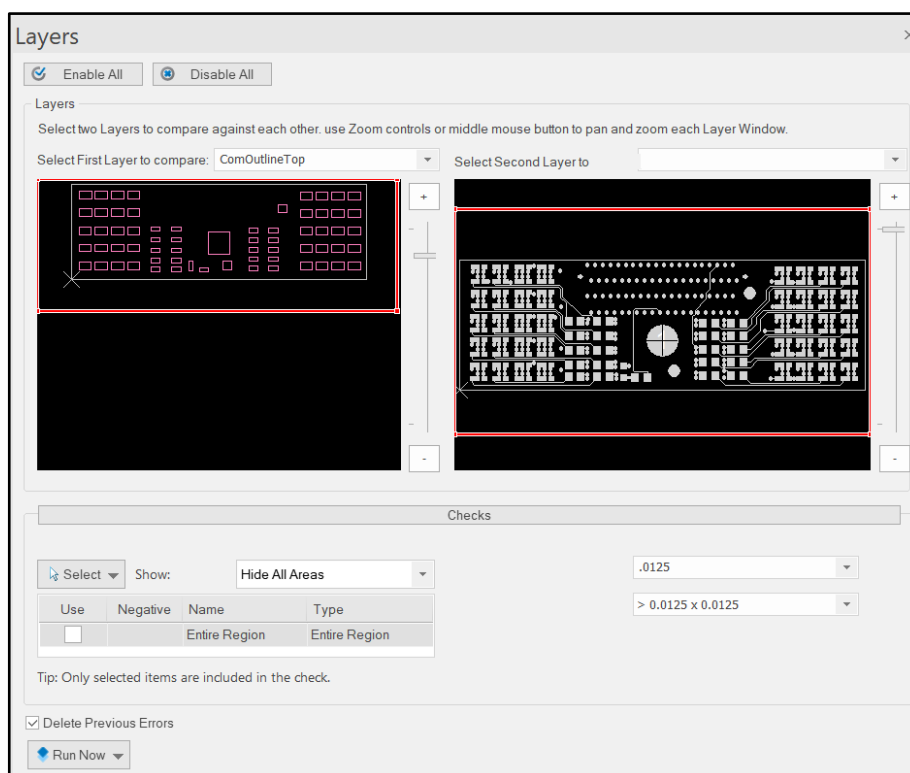


Рис. 7 Настройки инструмента сравнения 2-х слоев.

В левой и правой областях диалогового окна, показанного на рис.7, расположены схематические упрощенные представления сравниваемых слоев.

Проверку можно производить во всей области проекта или же в заданной пользователем области.

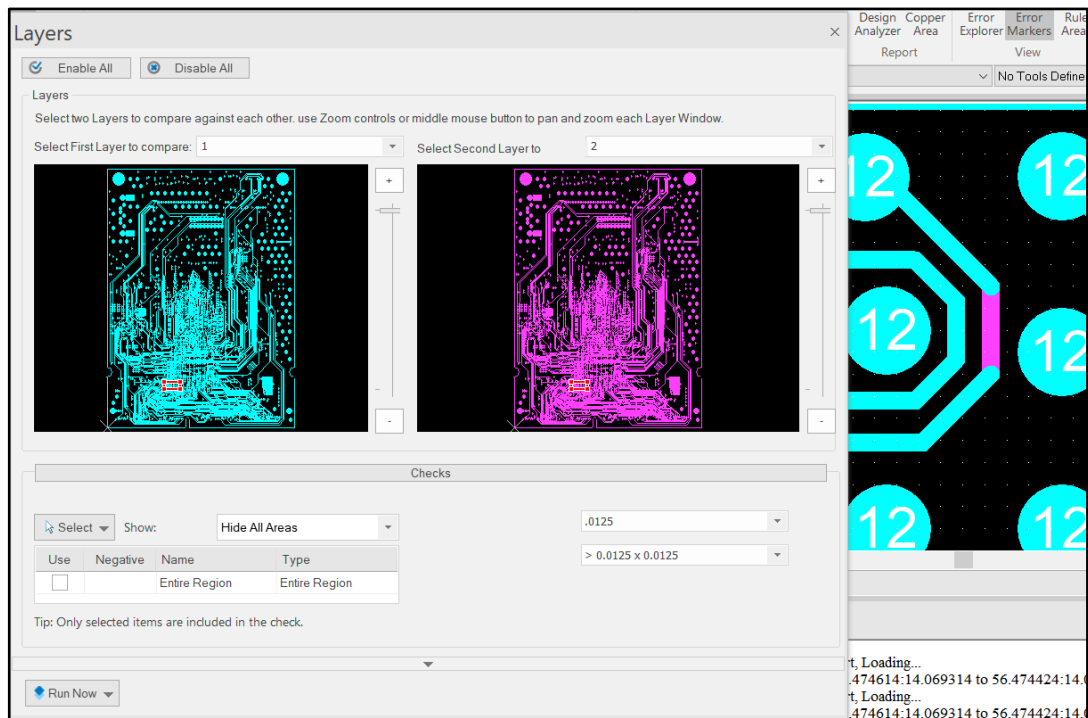


Рис. 8 Сравнение двух слоев между собой.

При нажатии на “Run Now” будет предложено выбрать исследуемую область, либо проводить сравнение по проекту целиком (рис.9).

После выполнения проверки будет сформирован список ошибок, который можно будет посмотреть в браузере ошибок (рис.10).

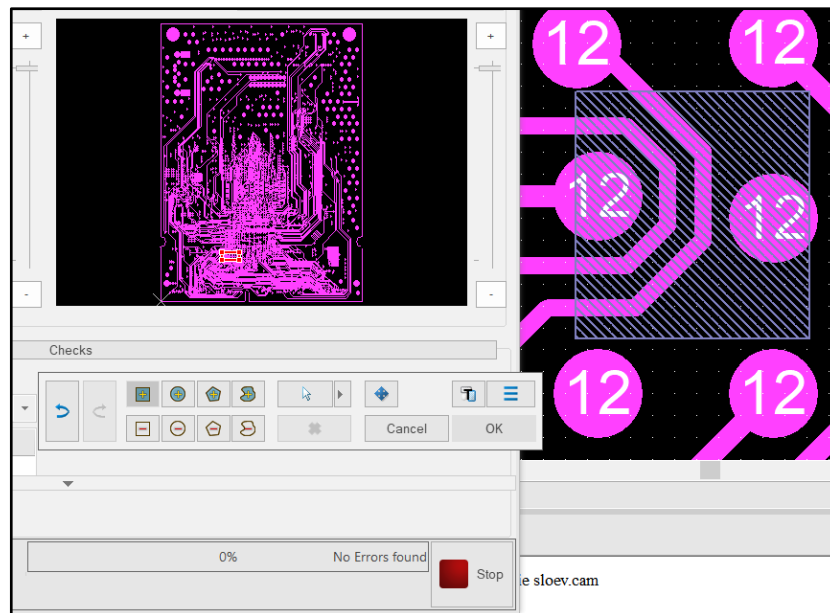


Рис. 9 Указание области, в которой будет проводиться проверка.

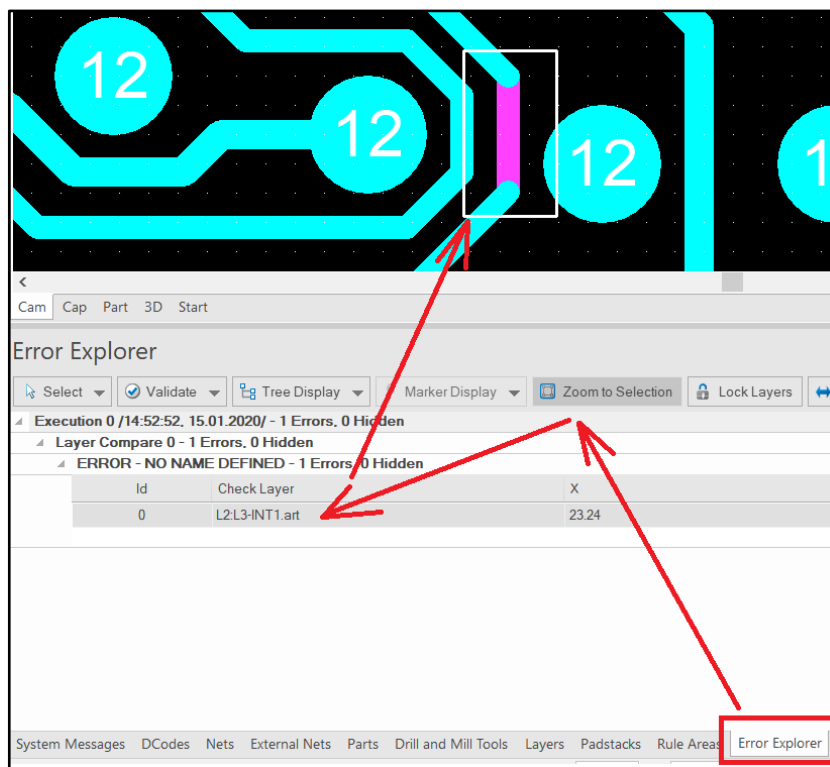
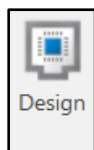
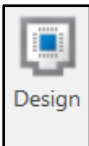


Рис. 10 Результаты проведения проверки на различия в слоях.



4. Инструмент  сравнивает два проекта послойно между собой.

Работа инструмента очень похожа на простое сравнение двух слоев между собой. Однако, сравнение происходит попарно для всех слоев, содержащихся в исследуемых проектах (рис.11).

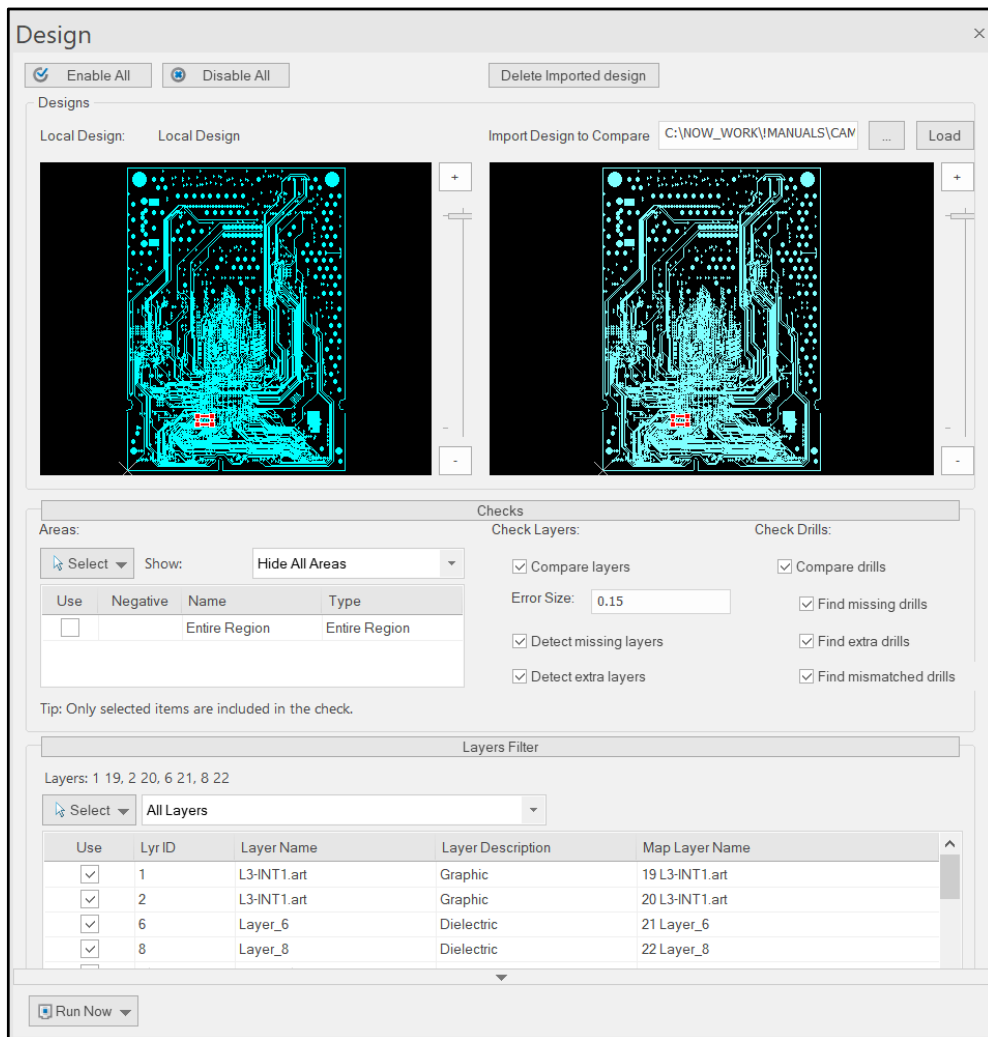


Рис. 11 Окно настройки инструмента сравнения 2-х проектов между собой.

Можно сравнивать сверловку, графические объекты, либо все вместе.

В процессе сравнения CAM350 может самостоятельно определять несовпадающие слои и отсутствующую в одном из проектов сверловку. Так же доступен фильтр, в котором можно выбрать только некоторые слои для сравнения.

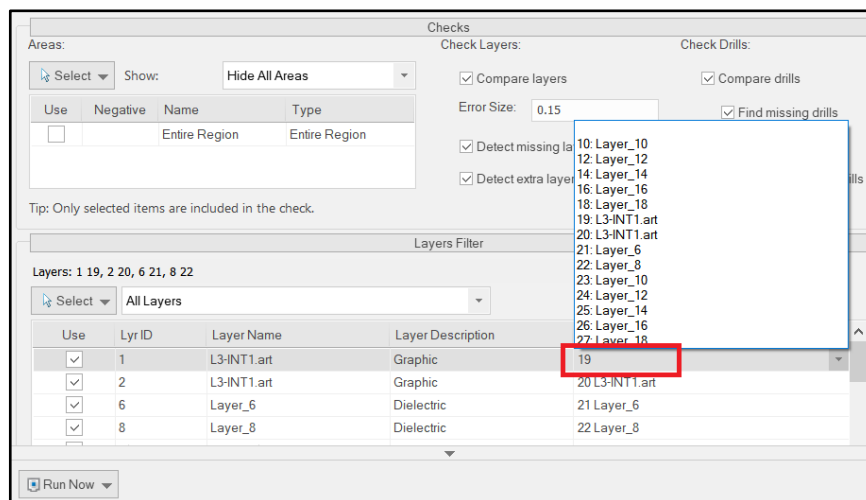
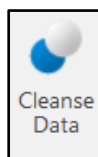
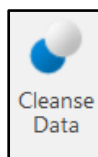


Рис. 12 Установка соответствия слоев между двумя проектами.

Соответствие слоев устанавливается автоматически, но при желании пользователь может изменить соответствие по своему желанию (рис.12).

В остальном работа инструмента идентична алгоритму, описанному ранее.



5. Инструмент  - оптимизация проекта и удаление повторяющихся или избыточных участков графики.

При активации данного инструмента возникает следующее диалоговое окно (рис.13).

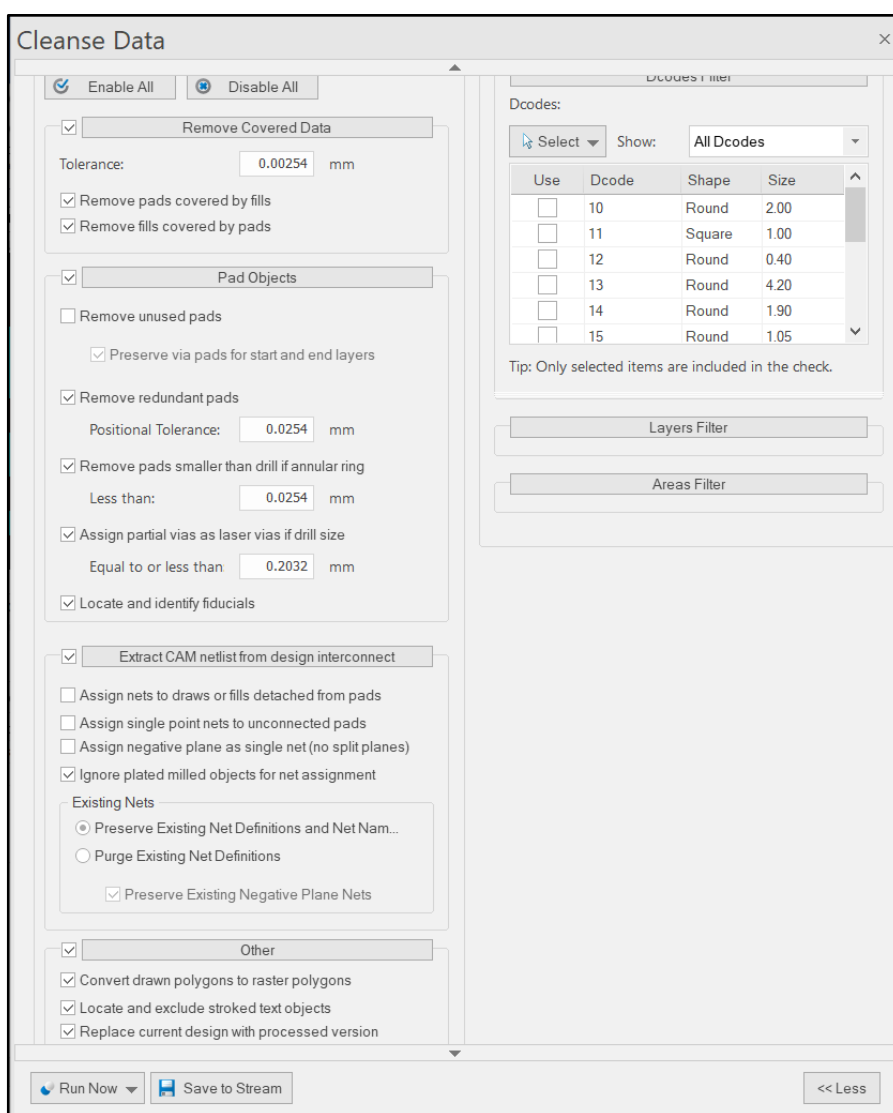


Рис. 13 Окно настроек инструмента очистки данных и удаления повторяющихся участков.

Подраздел Remove Covered Data – Удаление накладывающийся друг на друга графики.

- Remove pads covered by fills – Удалить контактные площадки, полностью находящиеся в полигоне одноименной цепи. Если площадка полностью накрывается полигоном, то она будет удалена.

- Remove fills covered by pads – Обратная ситуация. Если полигон полностью находится в контактной площадке, то он будет удален.

Подраздел Pad objects – Удаляет повторяющиеся контактные площадки и площадки, размер которых менее отверстий, совпадающих с ними по координатам.

- Remove unused pads – Удаление не подключенных к проводникам контактных площадок. Например, подавление неиспользуемых площадок у переходных отверстий.

- Preserve via pads for start and end layer – Если площадки не используются, но находятся на начальном и конечном слое для рассматриваемого переходного отверстия, то они не будут удалены. Иначе металлизации в отверстиях не будет.

- Remove redundant pads – Удаление накладывающихся друг на друга площадок.

- Remove pads smaller than drill if annular ring – Удаление контактных площадок, совпадающих размерами с отверстием, либо менее отверстия. задается минимальное значение гарантийного пояса между площадкой и отверстием. Если пояс меньше заданного значения – площадка удалится.

- Assign partial vias as laser vias if drill size equal or less than – Переходные отверстия, диаметр которых менее указанного, будут преобразованы в лазерные отверстия.
- Locate and identify fiducials – Обнаруживать реперные точки самостоятельно. Будет произведена попытка найти в проекте реперные точки.

Подраздел Extract CAM netlist from design interconnect – Данный подраздел уже описывался ранее.

Подраздел Other – Содержит различные опции.

- Convert drawn polygons to raster polygons – Преобразование полигонов в растровый тип. Такой тип полигонов состоит из сплошной заливки и границы полигона. Его описание занимает меньше места, чем описание векторного полигона.
- Locate and exclude stroked text objects – Автоматическое определение и исключение из рассмотрения контурного текста. Данный текст состоит только из контура без заполнения.
- Replace current design with processed version – Заменять старую версию проекта обработанной.

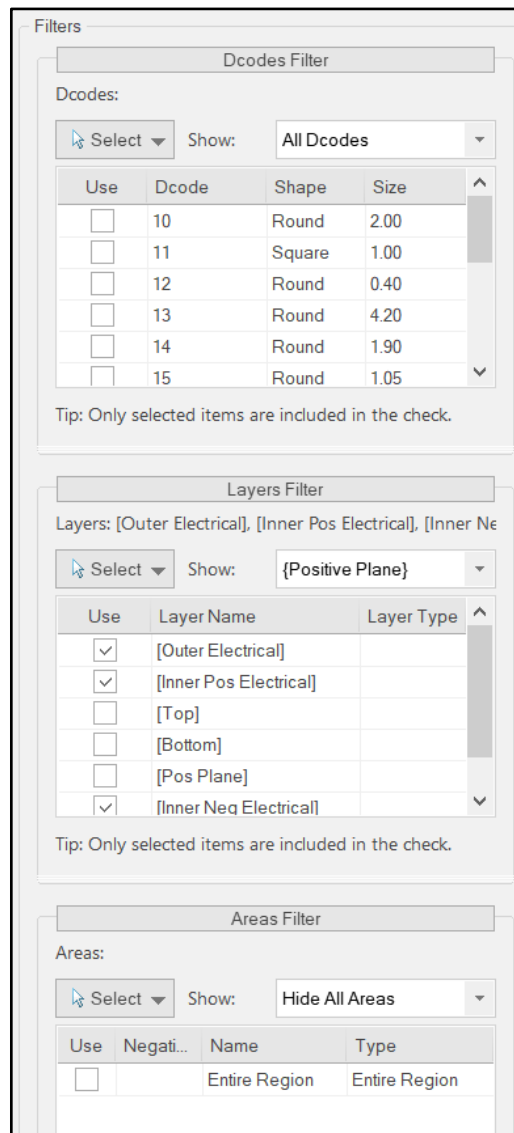
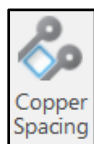


Рис. 14 Настройка фильтров по апертурам, слоям, области.

На рис. 14 показаны различные фильтры, которые можно использовать для сокращения области оптимизации данных. Можно проводить оптимизацию только по набору апертур, либо только на заданных слоях и областях.



- Инструмент  измеряет расстояние между различными элементами проводящего рисунка (рис.15).

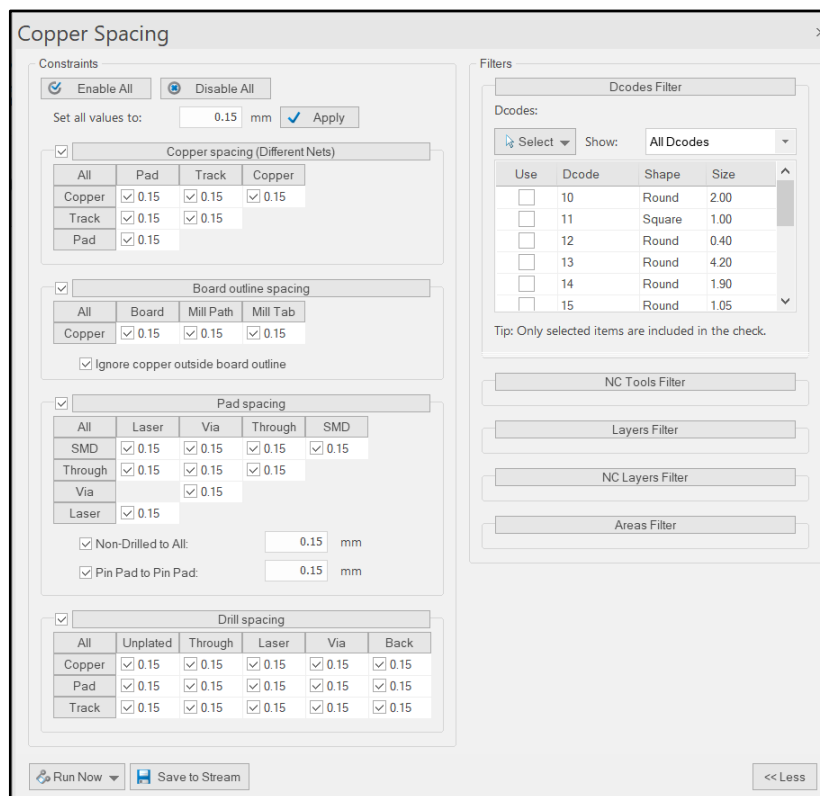


Рис. 15 Настройки инструмента Copper Spacing.

Подраздел Copper Spacing (Different Nets) – Измерение расстояний между различными частями проводящего рисунка, который принадлежит разноименным цепям. Проводящий рисунок подразделяется на контактные площадки (Pad), проводники (Track) и полигоны (copper). Расстояние между двумя любыми типами объектов задается при помощи “косынки”.

Подраздел Board outline spacing – Измеряется расстояние между контуром платы, фрезерованными пазами, перемычками и проводящим рисунком. Расстояние от проводящего рисунка до упомянутых объектов не должно быть меньше заданного.

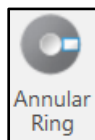
Подраздел Pad Spacing – Измеряется расстояние между контактными площадками различных типов объектов. Это могут быть: лазерные переходные отверстия (Laser), сквозные переходные отверстия (Via), монтажные отверстия (through) и контактные площадки, расположенные только на одном слое (SMD).

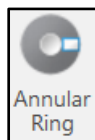
Non drilled to all – проверяется минимальное расстояние от площадок, не имеющих отверстий, до любой соседней меди.

Pin spacing to pin spacing – проверяется расстояние между выводами компонентов (при условии, что компоненты были загружены в программу из проекта САПР).

Подраздел Drill spacing – Измерение расстояния от отверстия до различных частей проводящего рисунка.

В правой части диалогового окна находятся различные фильтры, позволяющие исключить часть данных из проверки. Описывать настройку фильтров не имеет смысла, т.к. она интуитивно понятна.



7. Инструмент  осуществляет проверку на наличие и минимально необходимые значения гарантийного пояска (рис.16).

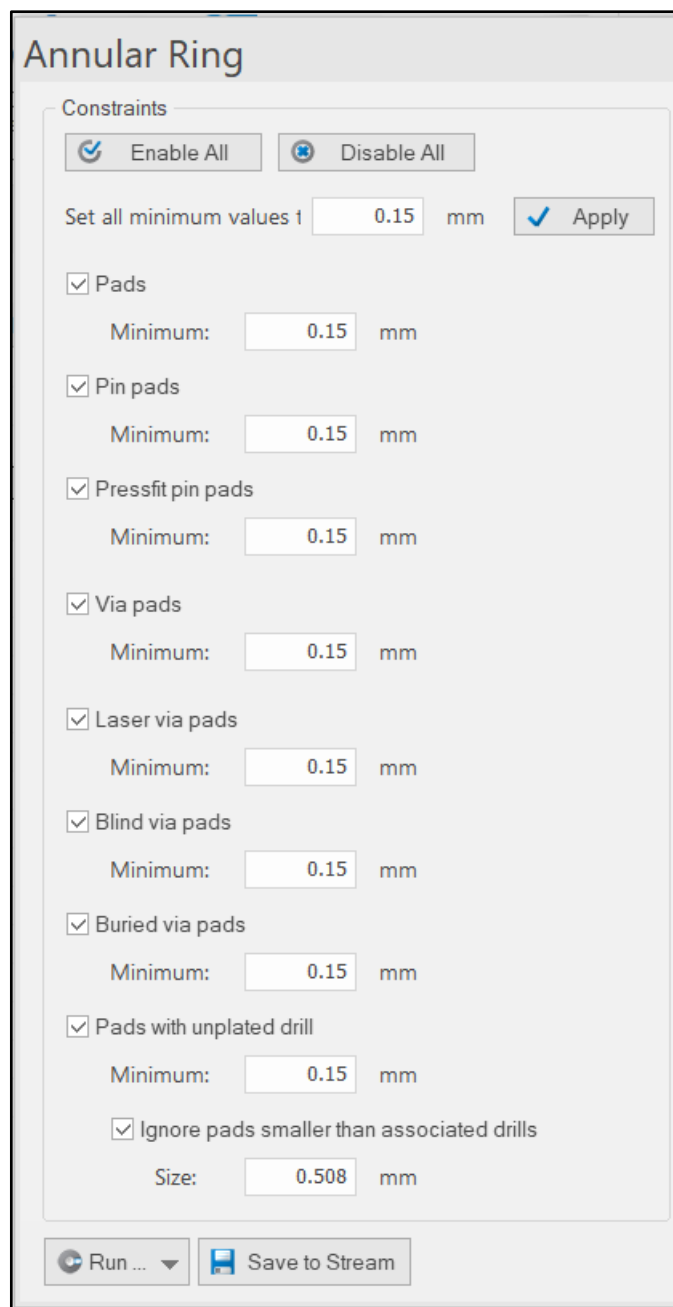


Рис. 16 Левая часть диалогового окна Annular Ring.

Pads Minimum – Проверка измеряет расстояние от края отверстия до края любого проводящего рисунка, в котором находится отверстие. Под проводящим рисунком понимается VIA, КП, полигон, проводник. И если расстояние от отверстия до края меди менее заданного, формируется ошибка DRC. Примеры см. на рис.17...19.

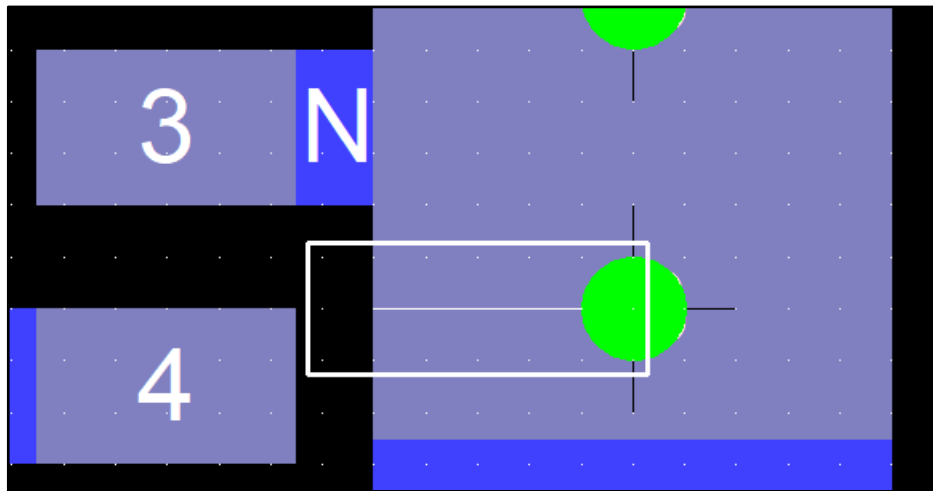


Рис. 17 Расстояние от края отверстия до края КП.

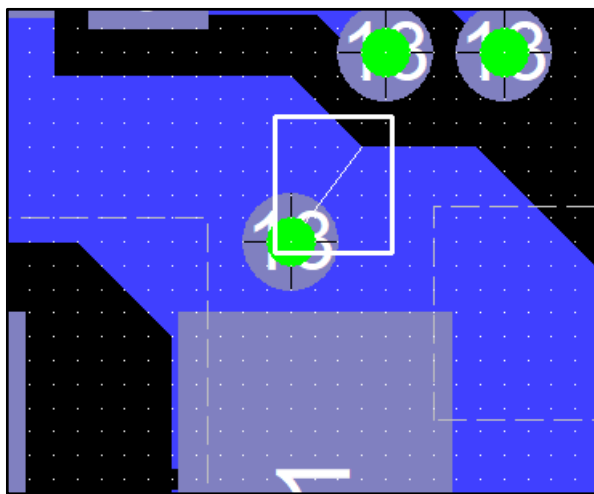


Рис. 18 Расстояние от края отверстия до края полигона.

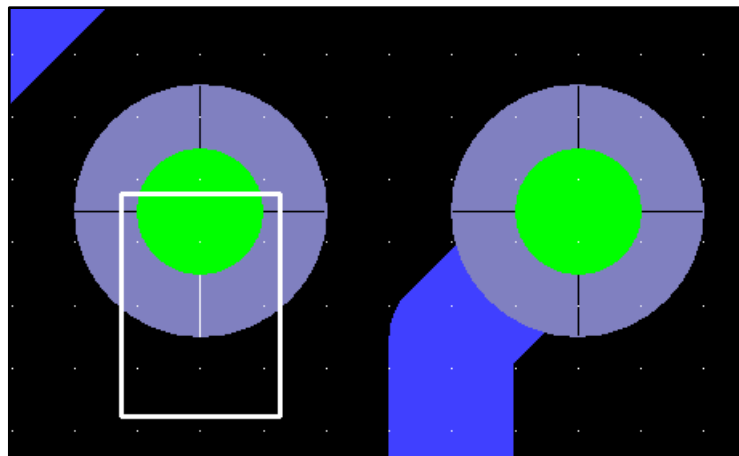


Рис. 19 Расстояние от края отверстия до края площадки VIA.

Pin Pads Minimum – Проверяет расстояние от края отверстий до края Контактных площадок, которым принадлежат эти отверстия. Т.е., ошибки, допущенные в переходных отверстиях, в эту проверку уже не войдут.

Pressfit Pin Pads Minimum – Измеряет минимальное расстояние между краем отверстия и площадки в монтажных отверстиях компонентов с запрессовкой (разъемов).

VIA pads minimum – Проверяет минимальный гарантийный поясик у переходных отверстий.

Laser VIA pads / Blind VIA pads / Buried VIA pads – Проверяет гарантийные пояски у не стандартных переходных отверстий. Это лазерные отверстия, связывающие соседние слои, слепые отверстия и погребенные отверстия. Погребенные отверстия находятся в теле печатной платы и связывают между собой только внутренние слои, не выходя на поверхность. Так же эти типы отверстий различаются по технологии их изготовления.

Pads with unplated drill – На плате могут присутствовать установочные отверстия, металлизация которых не нужна. Но отверстия могут иметь контактные площадки для лучшего прижима винтов или иных целей. Данная проверка проверяет гарантийный поясик между этими площадками и содержащимися в них неметаллизированными отверстиями.

Ignore Pads smaller than associated drills than – Позволяет не проводить проверку над площадками, которые меньше принадлежащих им отверстий на заданную величину. Т.е., эти площадки будут высверлены при изготовлении печатной платы и оставлены просто для ориентира.

В правой части диалогового окна, как обычно, располагаются разделы для ограничения проводимых проверок по различным критериям. Описывать их мы не будем. Приведем только пример, когда необходимо провести проверку только для слоя TOP и только для одного слоя сверловки (рис.20), поскольку слоев, содержащих отверстия в проекте печатной платы CAM350, может быть несколько.

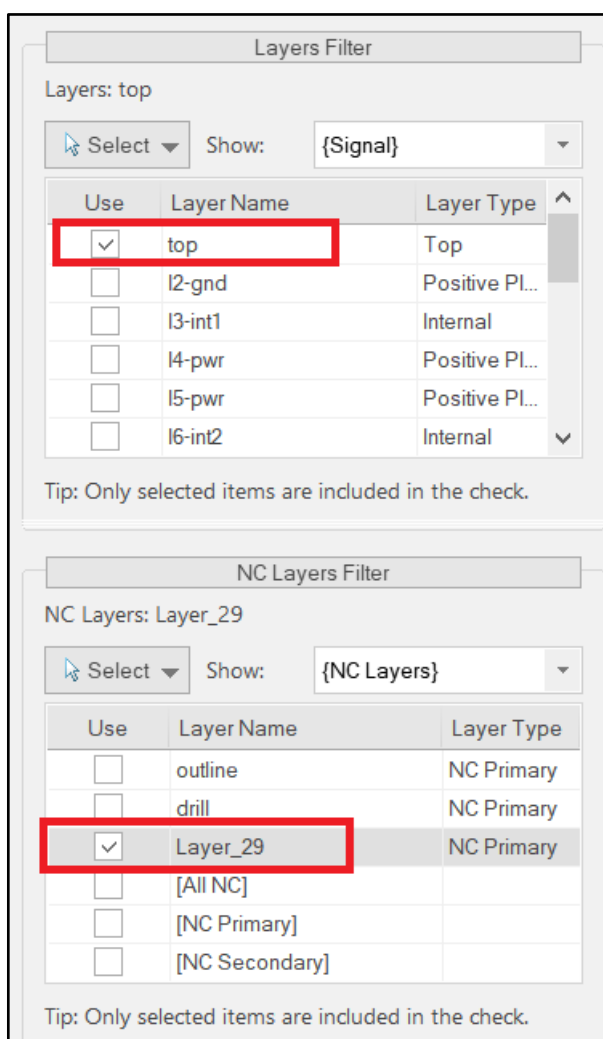
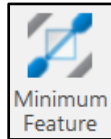


Рис. 20 Иллюстрация настройки полей, ограничивающих проведение проверки каким-либо критерием.



8. Инструмент Minimum Feature выполняет проверки на минимальные области и зазоры между различными участками поводящего рисунка (рис.21).

Рис. 21 Настройки инструмента Minimum Feature.

Minimum track width size – Проверка на минимальную ширину проводника.

Minimum pad size – Проверка на минимальные размеры контактных площадок.

Minimum gap (different nets) – Минимальные расстояния между различными цепями.

- Size – определяет расстояние от одной цепи до другой.

- Failure threshold (%) – Настройка необходима для игнорирования зазоров, которые наблюдаются на площади равной: $\text{зазор} * \text{зазор} * \text{проценты}$. Пример: $8 \text{ mm}^2 * 50\% = 32$ квадратных мм. Зазоры площадью менее, чем 32 квадратных миллиметра будут проигнорированы.

Почему вводится понятие “площадь зазора”? CAM350 определяет минимальные зазоры между различными участками проводящего рисунка. Но зазоры могут быть между различными участками. Это может быть зазор между двумя параллельными линиями. Или же зазор между контактной площадкой и линией.

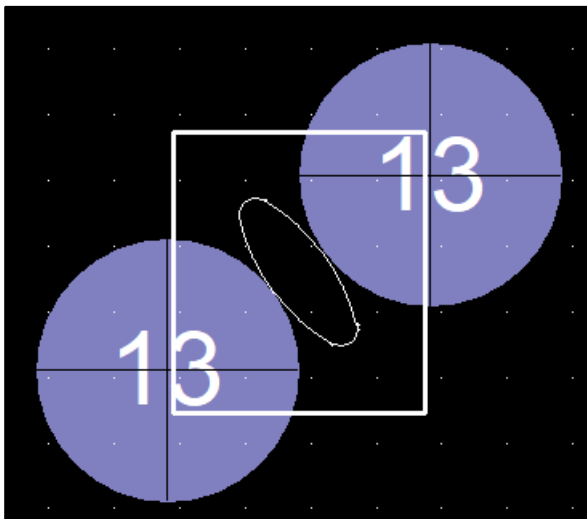


Рис. 22 Иллюстрация области, где не выполнен зазор между площадками.

Если зазор не соблюдается между двумя круглыми КП или же между углом КП и проводником, то площадь, на которой этот зазор не соблюдается, по сути, должна быть нулевой. Чтобы обойти данное противоречие, между двумя элементами проводящего рисунка по внутреннему алгоритму программы рисуется некоторая область. Пример можно видеть на рис 22 или же рис. 23.

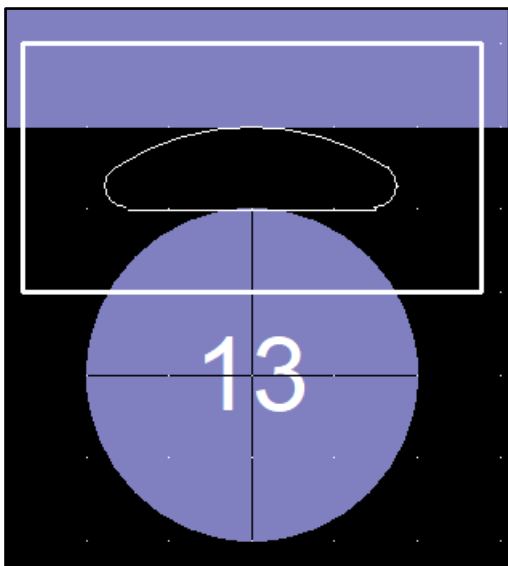


Рис. 23 Иллюстрация области, созданной программой CAM350 для отображения DRC.

Эта область, созданная программой, уже имеет ненулевую площадь, которая может быть подсчитана, и соответственно может быть применено правило “Failure threshold”.

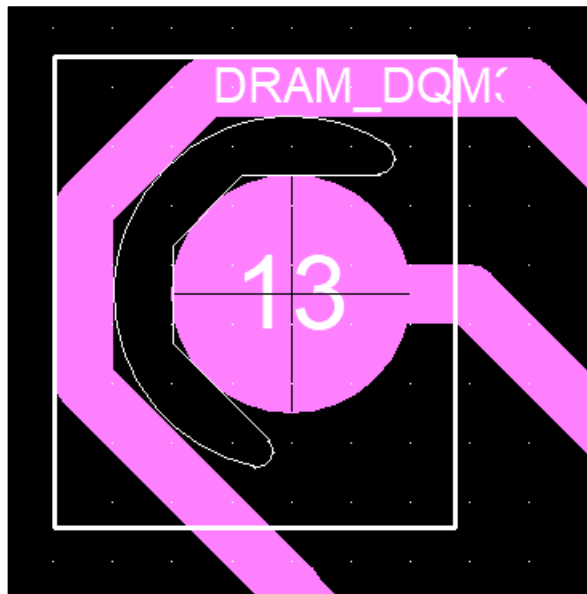


Рис. 23 Еще один пример области, созданной CAM350, в которой заданный зазор не соблюдается.

Если же зазор не соблюдается между параллельными участками проводящих линий, то там подсчет площади не представляет трудностей (рис.24).

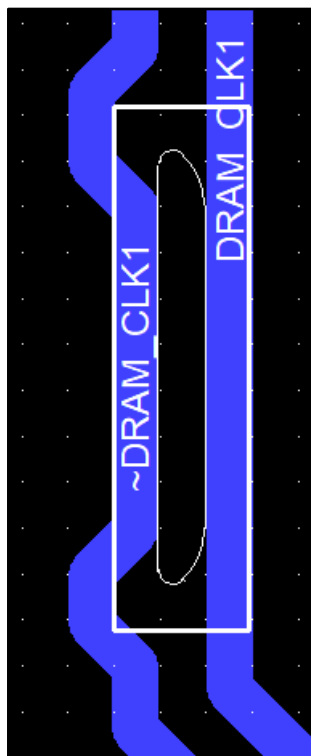


Рис. 24 Область нарушения DRC между параллельными участками проводников.

Чтобы CAM350 измеряла расстояния между параллельными участками проводящего рисунка, необходимо поставить галочку напротив опции Search for Straits.

- Search for Gulfs – данная настройка ищет кислотные ловушки. Площадь кислотной ловушки подсчитывается по формуле $A \cdot A \cdot \text{проценты}$, где A – значение минимального расстояния между двумя элементами проводящего рисунка. Эта проверка очень чувствительна к параметру “Failure threshold”. Если поставить значение 1%, то CAM350 начнет обнаруживать даже очень маленькие по площади кислотные ловушки (рис.25), что только засоряет отчеты и делает их малочитаемыми.

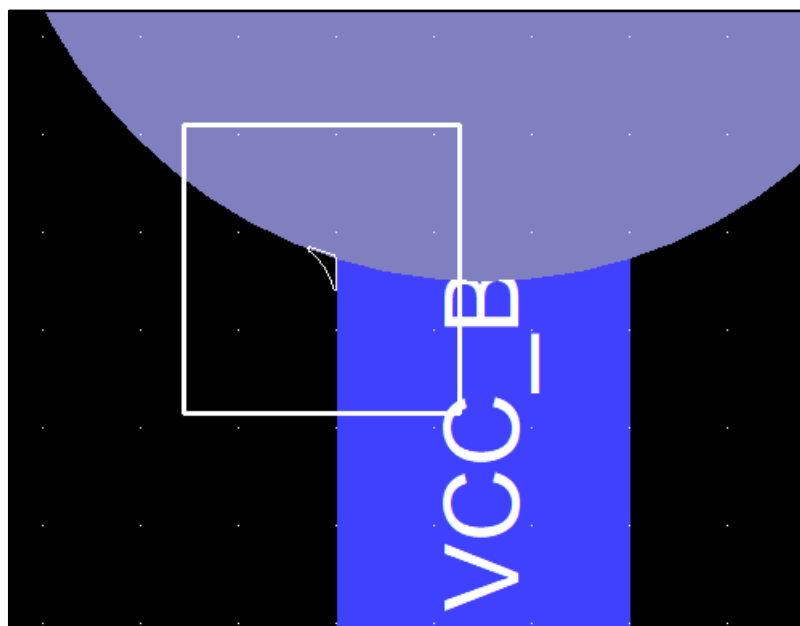


Рис. 25 Маленькая кислотная ловушка, попавшая в отчет из-за неправильно выбранного параметра Failure threshold.

Чтобы избежать описанных ситуаций, следует устанавливать параметр Failure Threshold равным 50% или более. Обычно, этот параметр редко отличается от значений, установленных по умолчанию.

Ignore thermal reliefs on negative planes – На негативных слоях термобарьеры контактных площадок представляют собой небольшие позитивные области, расположенные близко друг к другу. Данная настройка позволяет игнорировать их и не генерировать лишние ошибки.

Minimum width size – Проверка ищет места в проводящем рисунке, которые уже, чем заданное значение. Это могут быть не только проводники, но и различные заужения в полигонах, острые концы в полигонах и т.п. участки проводящего рисунка. Т.е., любые длинные узкие области, которые не проработаются на фотошаблонах или будут стравлены в процессе травления (см. пример на рис.26).

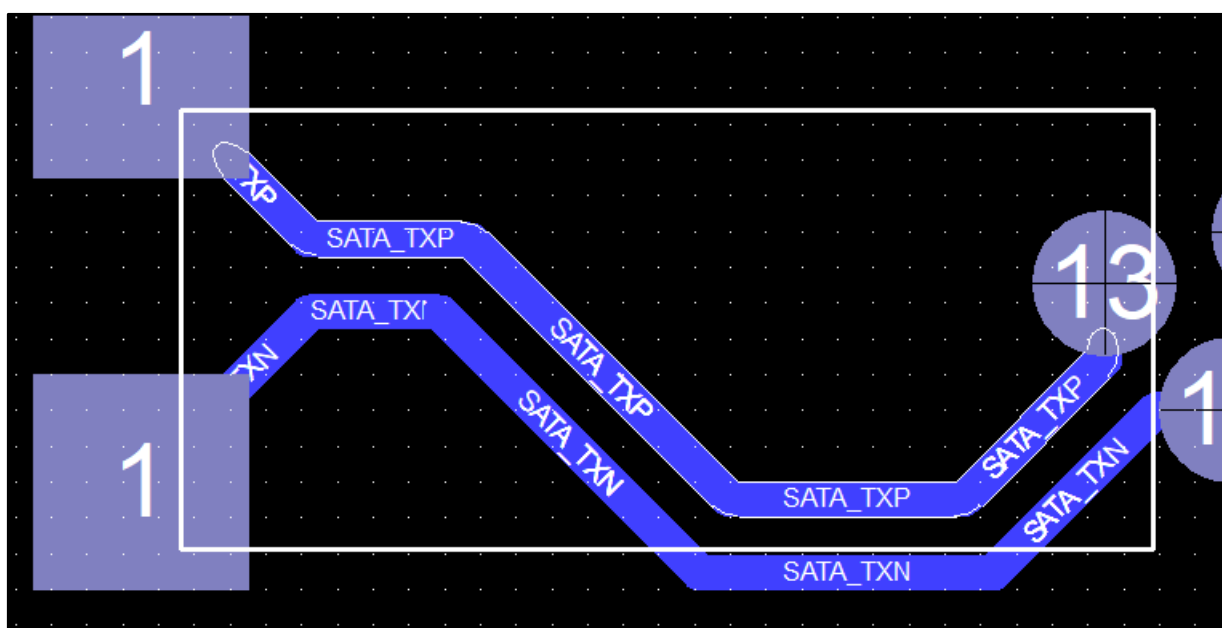


Рис. 26 Иллюстрация работы инструмента Minimum width на примере проводника.

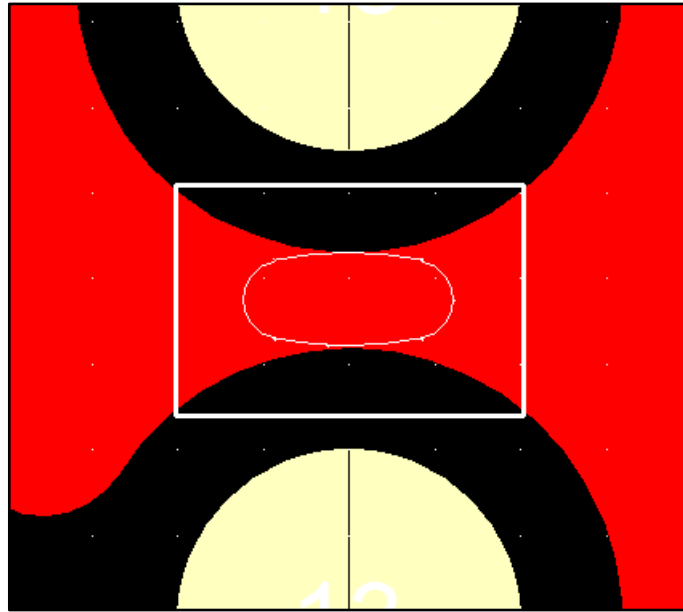


Рис. 27 Пример узкого места в полигоне.

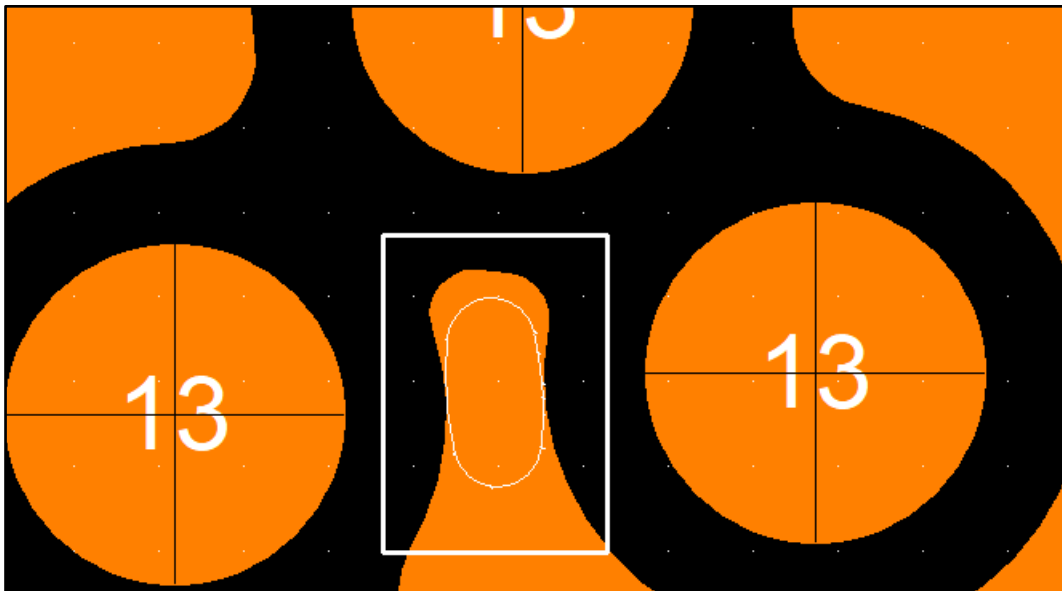


Рис. 28 Пример участка полигона, не подключенного одним своим концом к цепи, и обладающего малыми размерами.

- Detect for necks – Программа находит области заужения, за которыми потом наступает расширение полигона. Эта ситуация показана на рис. 27.
- Detect for Spikes – Программа находит области, похожие на иглы: очень узкие и длинные.
- Detect small objects – программа обнаруживает в топологии микро-объекты, имеющие размер меньше указанного, и помечает их как ошибки.

Minimum gap same net – Определяет минимальное расстояние между участками проводящего рисунка одноименных цепей. Работа инструмента полностью аналогична “Minimum gap (different net)”.

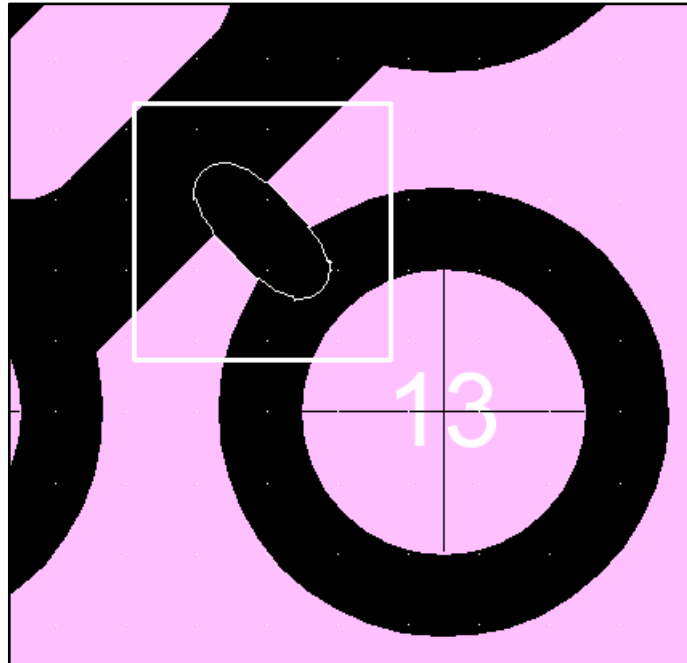
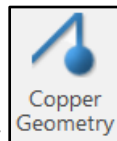
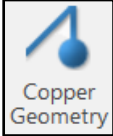


Рис. 29 Иллюстрация работы инструмента “Minimum gap same net”.

- Detect gaps between voids – Часто в полигонах содержатся вырезы. Если данная опция выбрана, то CAM350 измеряет расстояния между данными вырезами.



9. Инструмент  измеряет различные параметры проводящего рисунка, не описанные в предыдущих проверках (рис.30).

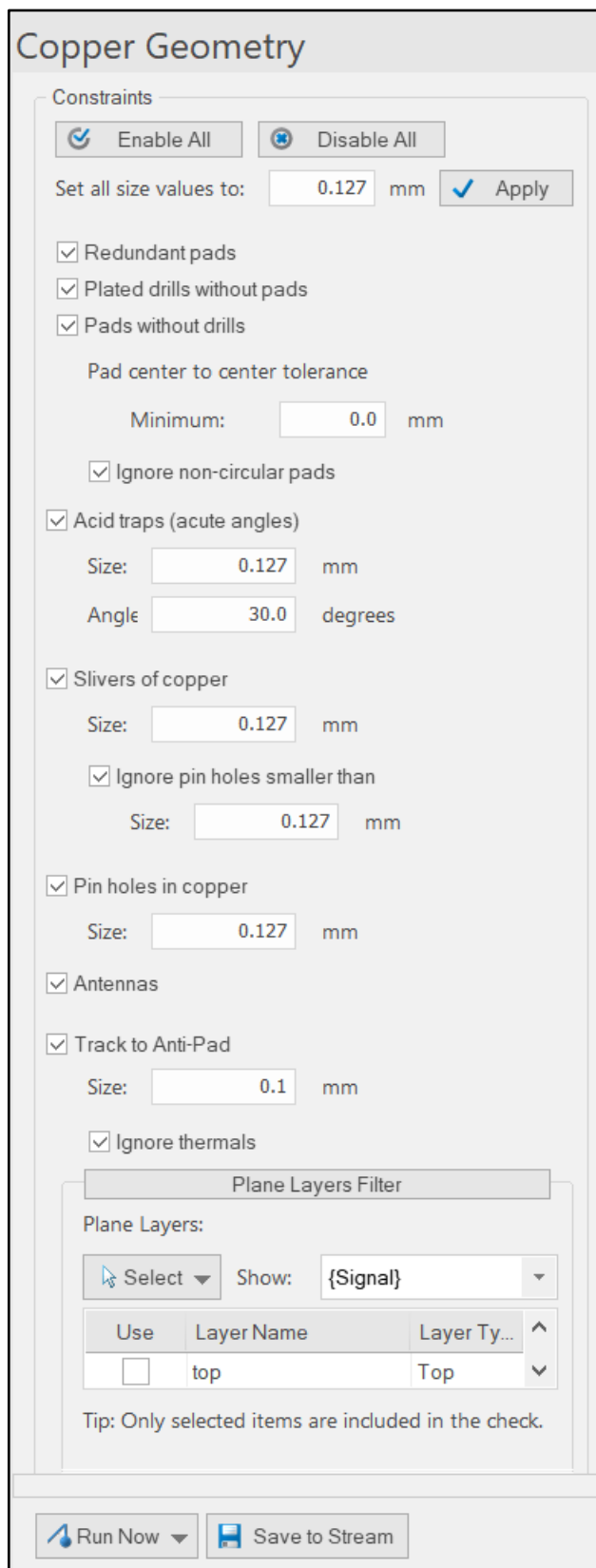


Рис. 30 Проверки в разделе Copper Geometry.

Redundant pads – Определение повторяющихся контактных площадок.

Plated drills without pads – Определение отверстий, которые помечены как металлизированные, но не имеют контактных площадок.

Pads without drills – Определение контактных площадок, в которых отсутствуют отверстия.

Pad center to center tolerance – Расстояние между КП, находящимися друг под другом на различных слоях.

Проверка Pads without drills ставит своей целью предупредить ситуацию, когда по каким-либо причинам отсутствует отверстие на контактной площадке. Т.е. получились переходные отверстия либо монтажные отверстия с контактными площадками, но без самих отверстий. Площадки круглой формы расположены на различных слоях строго друг над другом, но не связаны отверстием между собой. Такая ситуация требует проверки человеком, и программа обращает внимание специалиста на данное обстоятельство.

Ignore non circular pads – Исключать из рассмотрения площадки не круглой формы.

Acid traps (acute angles) – Определение кислотных ловушек в проводящем рисунке (см. рис.31).

- Size – определяет размер кислотной ловушки.

- Angel – Устанавливает критерий, исключая предположительные места кислотных ловушек, угол раскрытия которых больше указанного.

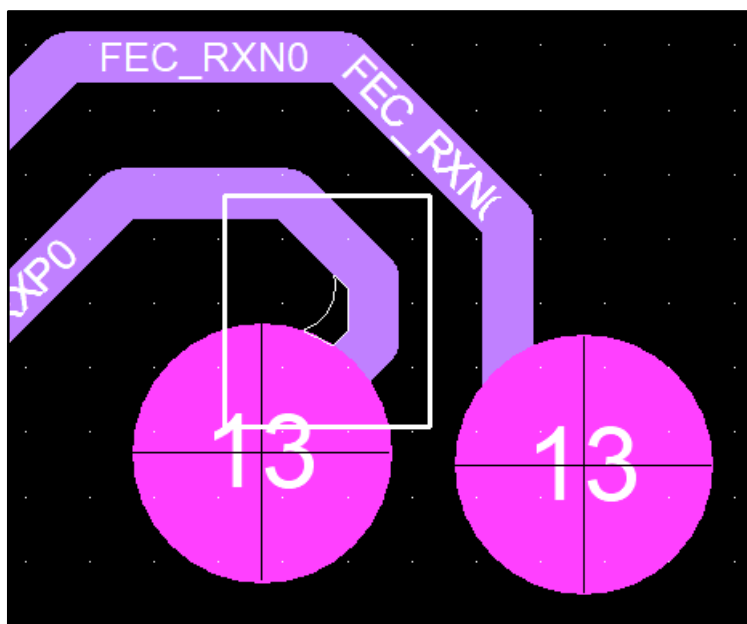


Рис. 31 Кислотная ловушка, обнаруженная при помощи инструмента Acid Traps (acute angles)

Slivers of copper – Определяет узкие и тонкие участки меди. Они плохо прорабатываются на фоторезисте и в результате на печатной плате. Эти участки не являются антеннами и могут быть подсоединены к проводящему рисунку с 2-х своих концов.

Проверка должна проводиться на возвратных слоях, где расположены полигоны земли и питания. Если проводить данную проверку на сигнальных слоях, то она представляет неправильные результаты, ошибочно определяя проводники вместо Slivers.

Ignore pin holes smaller than – Игнорировать небольшие вырезы в полигонах размеры которых не превышают указанного значения.

Pin holes in copper – Проверка находит области в полигонах меди, которые имеют размеры, менее указанных по одной из осей. В качестве примера можно привести неверно спроектированный термобарьер около контактной площадки (рис.32).

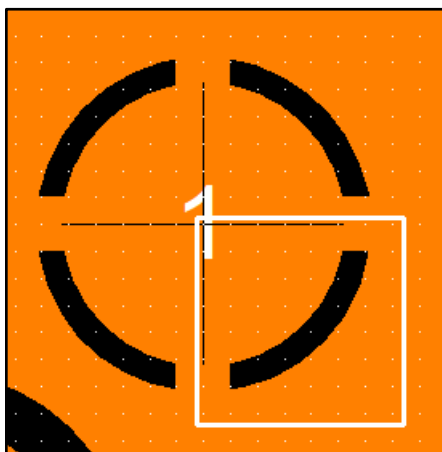
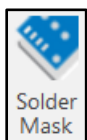


Рис. 32 Иллюстрация объекта Pin Hole.

Другим ярким примером Pin hole является окошко в сетчатом полигоне.

Antennas – Определение длинных тонких участков проводящего рисунка, которые одним своим концом не подсоединены к какому-либо участку трассировки. Это могут быть “висящие” проводники, участки полигонов.

Track to antipad – Измерение расстояния от сигнальной линии до края антипада. Площадка антипад представляет собой отрицательную область и создает вырез в полигоне при попадании ее в область, занятую полигоном. Суть проверки заключается в том, что если проводник близко подходит к вырезу в полигоне, то препрега может не хватить, поскольку происходит слишком резкий перепад высоты между понижением в месте антипада и повышением в месте проходящего рядом проводника. А препрегу необходимо этот перепад компенсировать, что не всегда возможно.



10. Инструмент  выполняет проверки защитной паяльной маски (рис.33).

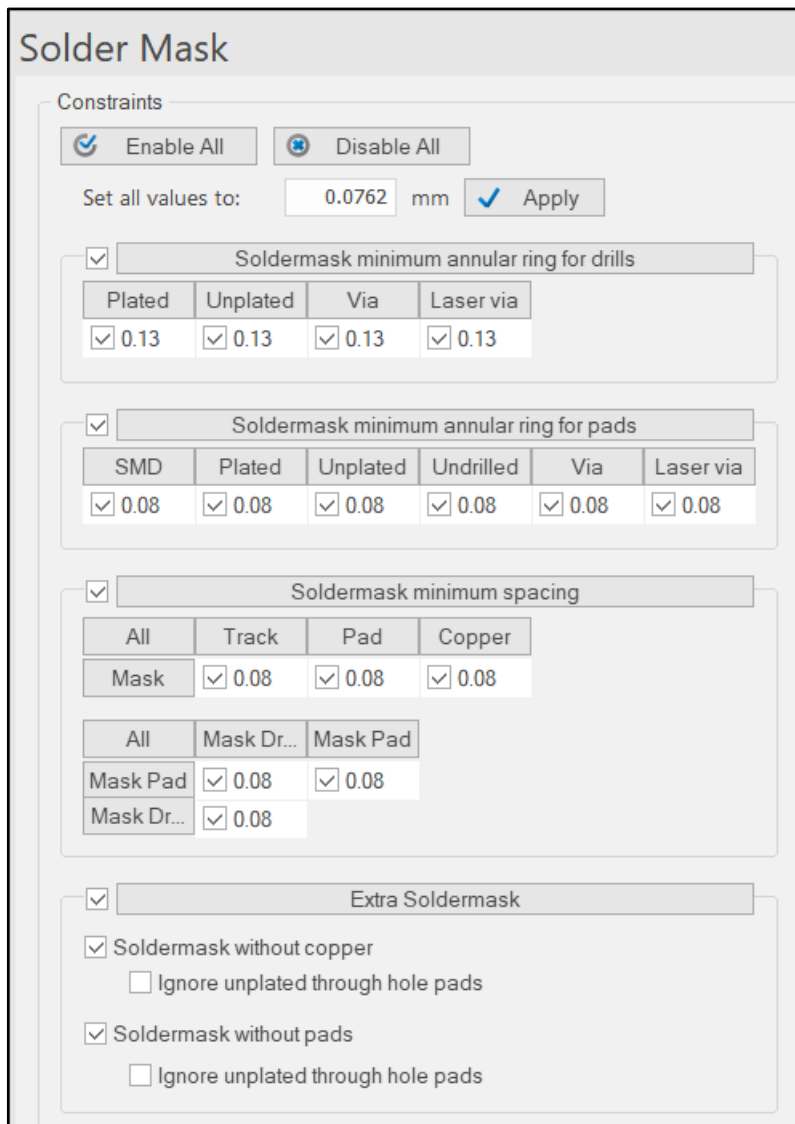


Рис. 33а Инструменты раздела Solder Mask. Начало.

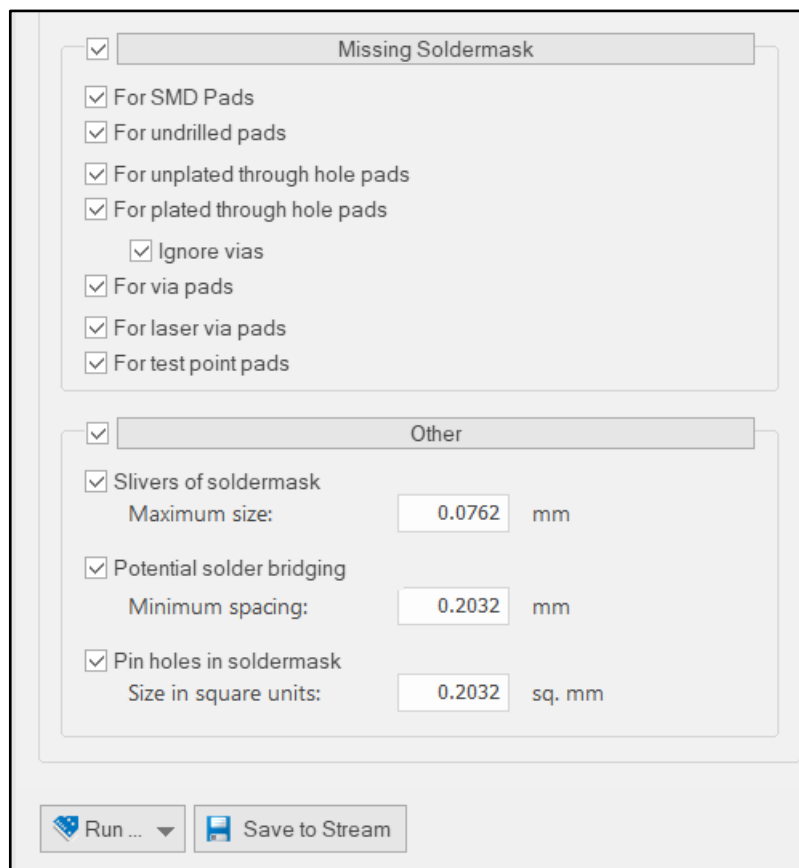


Рис. 33б Инструменты раздела Solder Mask. Продолжение.

Soldermask minimum annular ring for drills (рис.34) – Проверка устанавливает минимальные зазоры между краем вскрытия от маски и различными отверстиями на которых эта маска вскрывается. Как правило вскрытие от маски больше, чем отверстие. Если вскрытие будет меньше или равно отверстию, то маска может затечь в отверстие или пригореть при сверлении, если отверстие неметаллизировано.

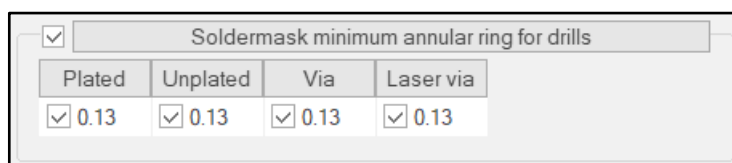


Рис. 34 Подраздел проверок гарантийного пояса между различными типами отверстий и вскрытием от маски.

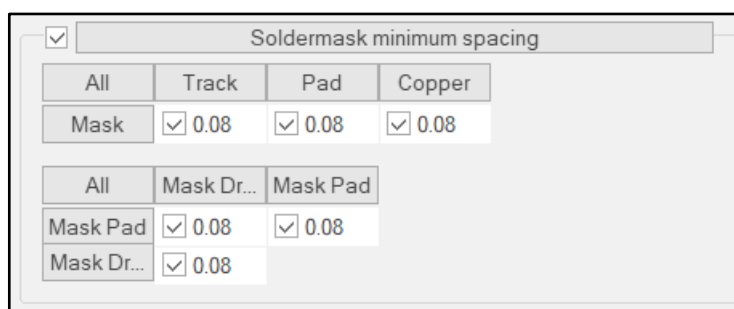


Рис. 35 Подраздел проверок минимального расстояния от маски до элементов проводящего рисунка.

Soldermask minimal spacing (рис.35) - Проверка определяет минимально возможное расстояние от вскрытия до любого элемента проводящего рисунка. Из-за погрешностей изготовления и позиционирования вскрытие от маски может оказаться над соседним элементом проводящего рисунка и возникнет возможность образования мостика из припоя (см. пример на рис.36).

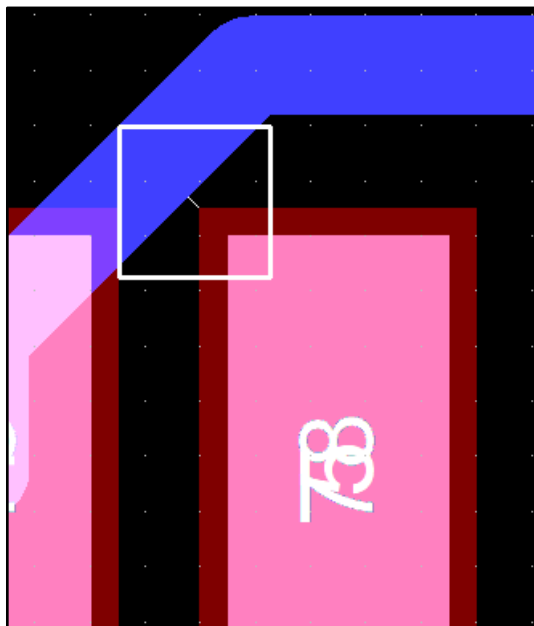


Рис. 36 Место с возможностью образования мостика из припоя.

Extra solder mask – Проверка на избыточность паяльной маски. Возможно, что в некоторых местах печатной платы вскрытий от паяльной маски быть не должно, а они есть.

- Soldermask without copper – Проверяет наличие проводящего рисунка под вскрытием от маски. Если рисунок отсутствует, выдается ошибка.

- Ignore unplated through hole pads – Игнорировать вскрытие от маски, которое расположено над неметаллизированными отверстиями в печатной плате. Такие отверстия обычно не имеют меди около себя, однако вскрытие от маски им необходимо. Для избежания попадания таких мест в DRC отчет необходимо отметить данную опцию в настройках.

- Soldermask without pads – Проверяет наличие контактных площадок под вскрытием от маски. Вскрытие от маски возможно создать при помощи объекта Flash и Shape. Объекты Flash применяются для вскрытий над контактными площадками компонентов. В проектах возможны ситуации, когда из-за неправильного определения контактной площадки в САПР ПП, площадок не оказывается на месте в Gerber файлах. Такие ошибки и находит данная проверка.

- Ignore unplated through hole pads – Как и в предыдущем случае, у неметаллизированных отверстий в большинстве случаев нет медного пояса или иных проводящих частей, но вскрытие от маски им необходимо.



Рис. 37 Опции подраздела Missing Soldermask

Missing soldermask (рис.37) – Проверка контролирует наличие вскрытий от паяльной маски над различными объектами в проекте.

- For SMD pads / for undrilled pads – Проверка для SMD контактных площадок и для площадок без отверстий.
- For unplated / plated through hole pads – Для металлизированных и неметаллизированных отверстий в печатной плате.
- Ignore vias – Если переходные отверстия не вскрываются от маски, то необходимо отмечать данную опцию.
- For via pads – Проверка для переходных отверстий.
- For laser via pads – Проверка для лазерных переходных отверстий.
- For test point pads – Проверка наличия вскрытия над тестовыми точками.

Other – Нехарактерные проверки на ошибки, допущенные при формировании вскрытий от защитной паяльной маски (рис.38).

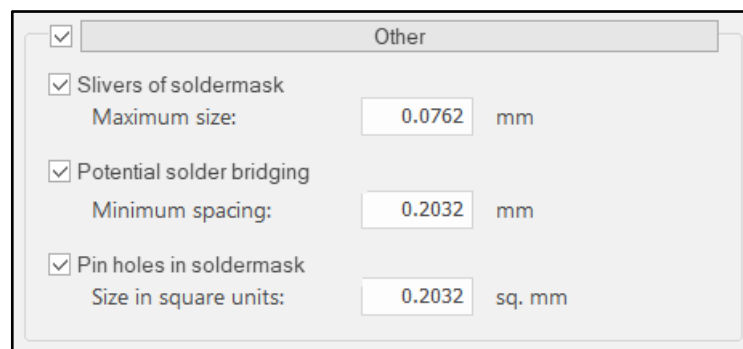


Рис. 38 Опции подраздела Other.

Slivers of soldermask maximum size – Между вскрытиями в маске могут образовываться очень узкие области, где в соответствии с Gerber файлами маска присутствовать должна. Но из-за несовершенства технологии производства ПП фактически маска в таких местах будет отсутствовать. Данная проверка ищет узкие тонкие области между вскрытиями от маски. Ширина области задается пользователем (см. пример на рис. 39).

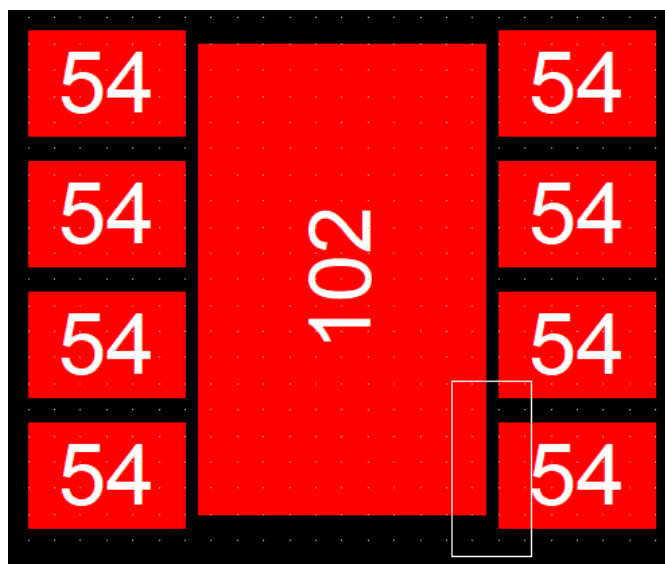
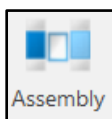
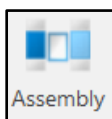


Рис. 39 Пример Sliver между вскрытиями в паяльной маске.

Potential solder bridging – Проверка ищет места, в которых вскрытые от маски участки трассировки расположены слишком близко друг к другу и при операции пайки или лужении КП между ними могут образовываться мостики из припоя. Как правило, такие ошибки допускаются при разработке посадочных мест с относительно малым шагом между выводами компонентов.

Pin holes in soldermask – Проверяется наличие очень маленьких областей, где маска должна отсутствовать по каким-либо причинам. Данные области не будут проработаны на конечной печатной плате из-за несовершенства технологии изготовления печатных плат. Пример: если сравнить вскрытие от маски с листом бумаги, то программа ищет места, где этот лист прокололи иголкой.



11. Инструмент  выполняет проверки на минимальное расстояние компонентов друг относительно друга.

Для того, чтобы успешно проводить данный тип проверок, необходимо, чтобы проект содержал в себе компоненты. Компоненты можно получить автоматически при импорте данных из формата ODB++, либо воспользовавшись соответствующими инструментами CAM350.

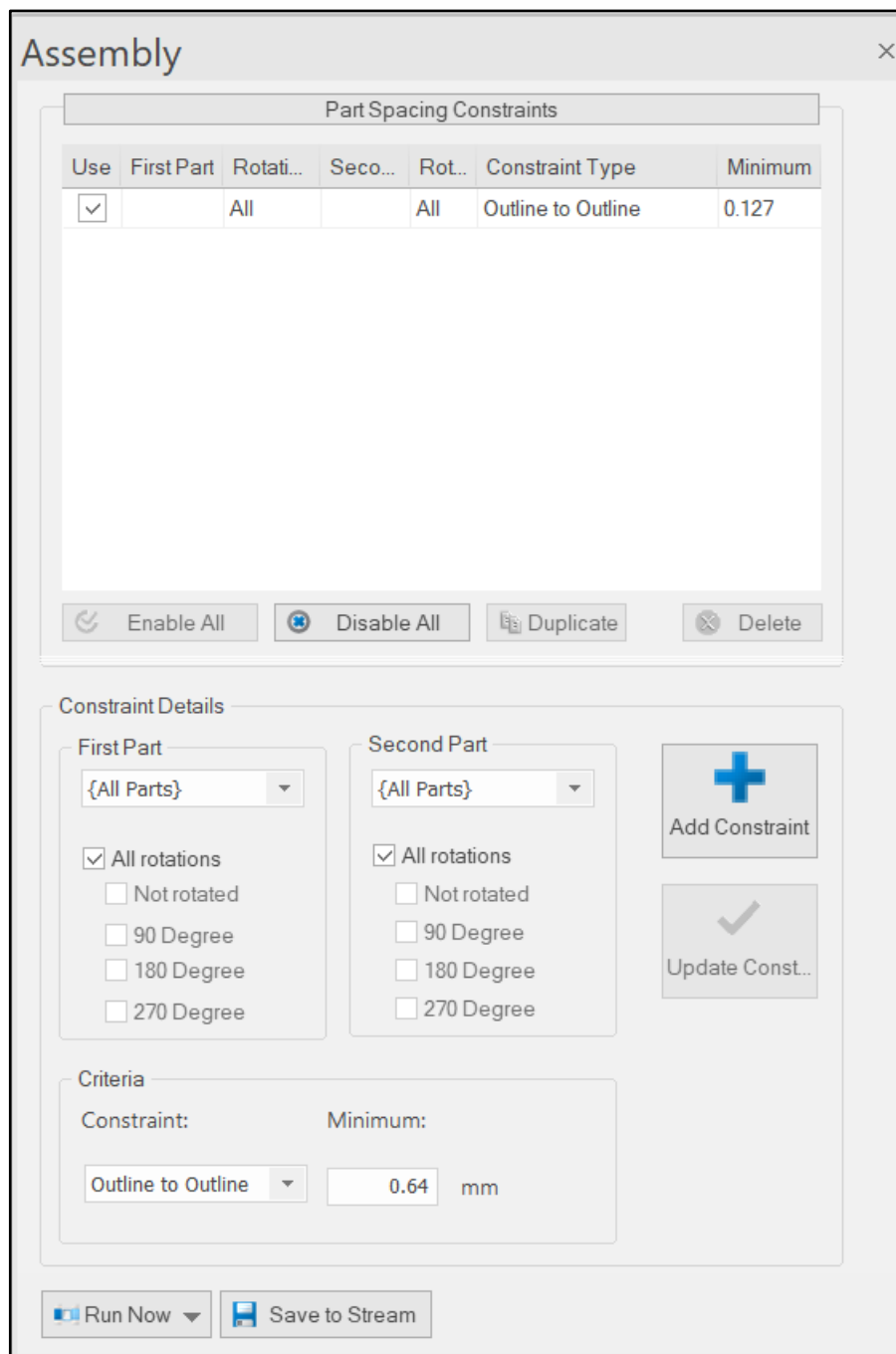


Рис. 40 Диалоговое окно раздела Assembly.

После открытия диалогового окна раздела Assembly (рис.40) необходимо настроить проверку. Настройка заключается в:

- Выборе первого и второго компонентов, между которыми будет измеряться расстояние.
- Выборе критериев проверки. Сюда входят определение объектов, между которыми будет измеряться расстояние и ввод минимального числового значения.

Расстояние между компонентами может оцениваться по расстоянию между ихними контактными площадками, либо между контурами посадочных мест. Так же возможна смешанная ситуация, при которой измеряется расстояние от площадки до контура и наоборот. Контурные посадочных мест – это особые замкнутые области, неотрывно связанные с компонентами. Они определяются

на этапе создания компонента, либо получаются автоматически при импорте данных из формата ODB++.

Дополнительно можно определить различные углы поворота компонентов и для каждого угла поворота внести своё значение минимального расстояния между объектами.

После того, как все настройки заданы (см. пример на рис.41), проверка может быть записана в список, находящийся в верхней части диалогового окна. Каждая проверка из списка может быть включена, отредактирована или отключена по желанию пользователя. Пример результатов проверки показан на рис.42.

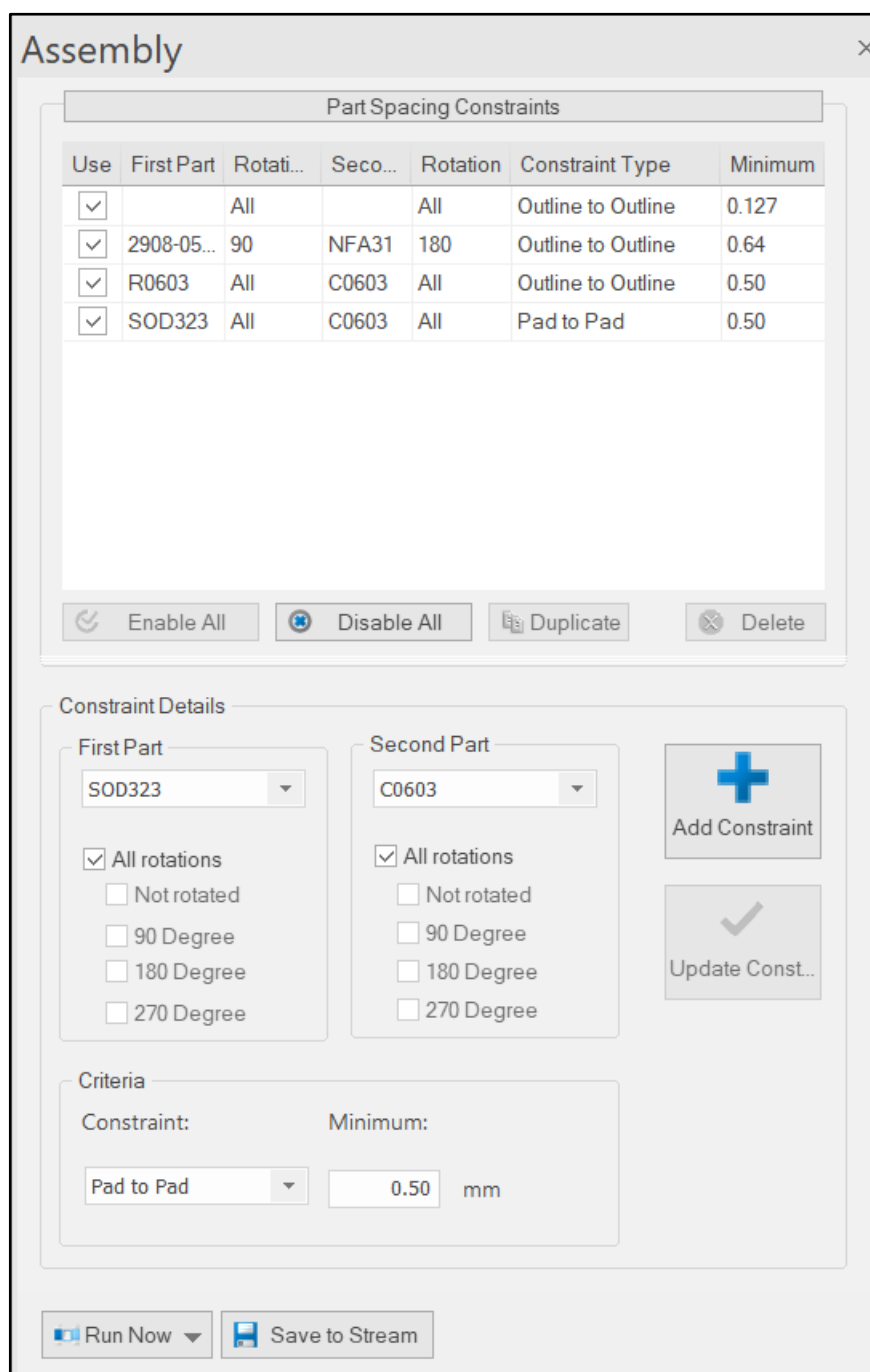


Рис. 41 Диалоговое окно Assembly с несколькими настроенными проверками.

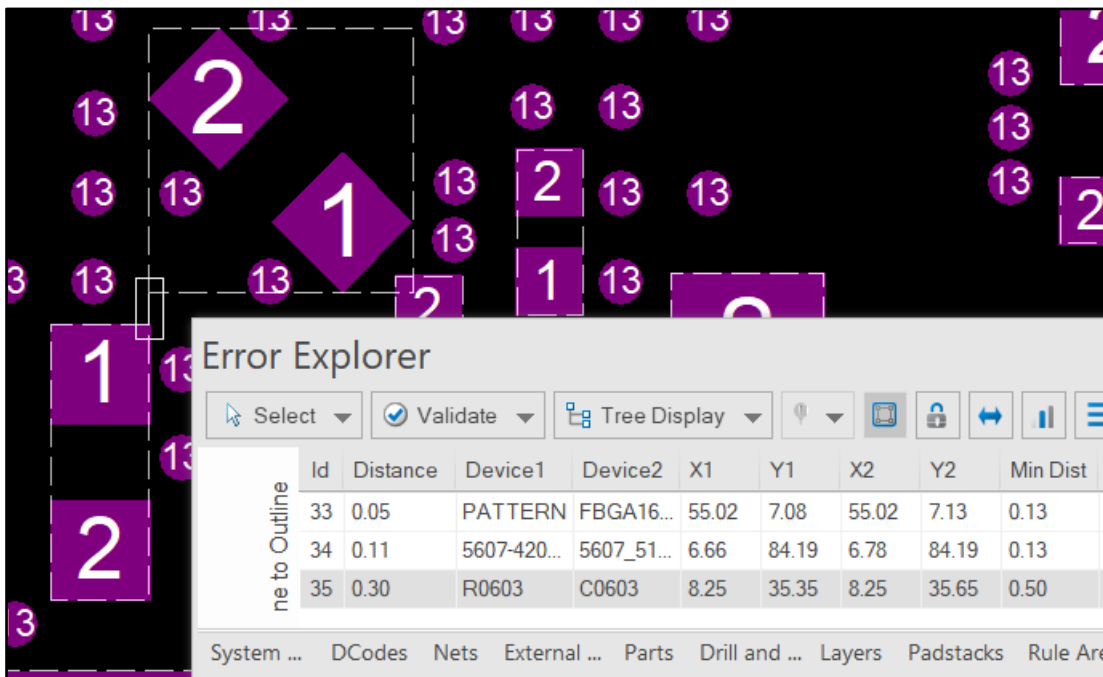


Рис. 42 Результаты проверки расстояний между компонентами.



12. Инструмент Silk Screen предназначен для проверки слоев маркировки.

Данный инструмент проводит проверки на ошибки, допущенные при разработке слоя маркировки (рис.43).

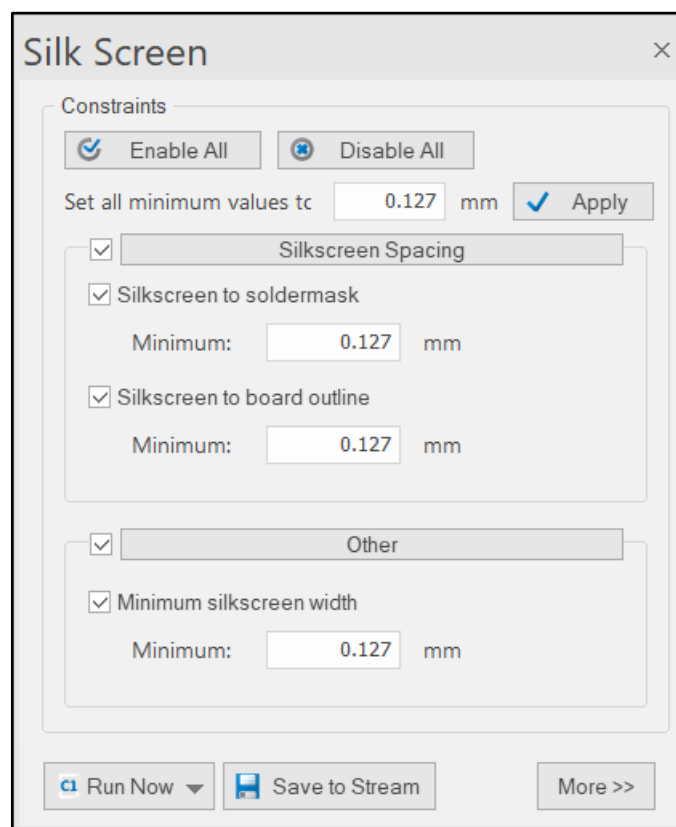


Рис. 43 Диалоговое окно инструмента Silk Screen.

Silkscreen spacing – Инструмент для измерения расстояний между маркировкой компонентов, вскрытиями от маски и контуром платы (см.рис.44).

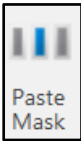
Other – Проверка, выявляющая сегменты маркировки с очень малой толщиной, которая либо не может быть нанесена на печатную плату, либо не может быть проработана в силу несовершенства технологии.

The screenshot shows the 'Error Explorer' window with a table of errors. The table has columns: Id, Distance, Silk Layer, X, Y, Line Wi..., S/M Pa..., Max Cl..., and Valida... The errors listed are:

Id	Distance	Silk Layer	X	Y	Line Wi...	S/M Pa...	Max Cl...	Valida...
339	0.07	L3:ssst	50.80	64.85	0.15	0.35	0.13	<input type="checkbox"/>
340	0.07	L3:ssst	50.80	65.75	0.15	0.35	0.13	<input type="checkbox"/>
341	0.07	L3:ssst	50.85	70.85	0.15	0.95	0.13	<input type="checkbox"/>
342	0.07	L3:ssst	50.85	73.35	0.15	0.95	0.13	<input type="checkbox"/>
343	0.07	L3:ssst	50.94	57.45	0.15	0.40	0.13	<input type="checkbox"/>
344	0.07	L3:ssst	51.27	33.66	0.15	0.95	0.13	<input type="checkbox"/>

Below the table is a PCB layout view showing a red component labeled '59' with green ovals highlighting specific areas on its top surface.

Рис. 44 Результат работы инструмента проверки Silk Screen.

13. Инструмент  - проверка вскрытий паяльной маски (рис.45).

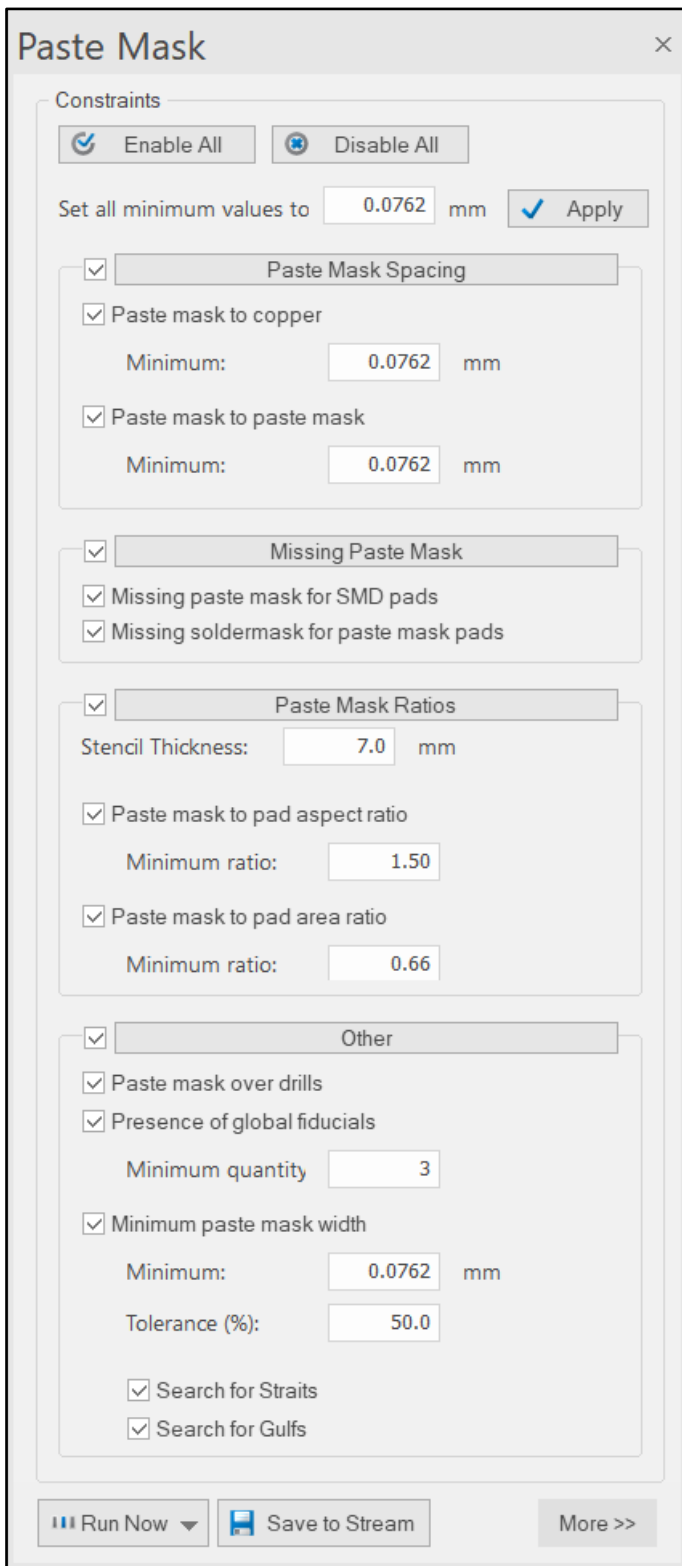


Рис. 45 Диалоговое окно инструмента Paste Mask.

Paste Mask Spacing – Подраздел отвечает за измерение расстояний между вскрытиями паяльной пасты и их расстоянием до проводящего рисунка.

- Paste mask to copper minimum – Измеряет расстояние между краями контактной площадки и вскрытием для паяльной пасты, которое находится на этой контактной площадке.
- Paste mask to paste mask minimum – Измеряет расстояние между соседними вскрытиями для паяльной пасты. Если расстояние будет слишком маленьким, трафарет порвется.

Missing pastemask – Подраздел предназначен для проверки наличия вскрытий паяльной пасты и паяльной маски над SMD контактными площадками.

Paste mask Ratios – Проверяет геометрические размеры вскрытий для паяльной пасты и соотношение их с размерами контактных площадок.

- Stencil thickness – Данный параметр задает толщину трафарета. Толщина нужна для вычисления параметров, представленных ниже.

- Paste mask to pad aspect ratio – Рассчитывается данное значение для каждого вскрытия паяльной пасты. В расчете участвует толщина трафарета. Полученное значение сравнивается с введенным пользователем. Значение по умолчанию равное 1.5 подходит для большинства ситуаций.

- Pastemask to pad area ratio – Значение подсчитывается для каждой контактной площадки, над которой есть вскрытие для паяльной пасты. Затем сравнивается с установленным человеком.

Other – Проверки ошибок, допущенных при формировании файла трафарета для паяльной пасты, которые не были описаны ранее.

- Paste mask over drills – Если вскрытие для паяльной пасты расположено над отверстием, то будет сформирована ошибка.

- Presence of global fiducials – В проекте проверяется наличие отдельно расположенных контактных площадок относительно большого размера. Подсчитывается их количество. Если количество площадок не превышает цифры, введенной человеком, данные площадки считаются реперными знаками. Для них проверка наличия паяльной пасты не проводится.

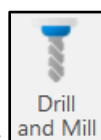
- Minimum quantity – Минимальное количество реперных знаков, присутствующее в проекте. Если реперных знаков в проекте не будет найдено, либо будет найдено менее указанного числа, то будет сформирована ошибка.

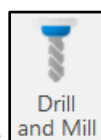
- Minimum paste mask width – Минимальная ширина вскрытия для нанесения маски в трафарете. Обычно, минимальная ширина не должна быть менее 0.2 мм.

- Tolerance – Логика работы настройки уже описывалась ранее.

- Search for straits – поиск узких мест на границах полигонов. Обнаружение зазоров между ребрами и / или вершинами любых двух полигонов или одного и того же полигона.

- Search for gulfs – поиск узких мест внутри полигонов. Обнаружение зазоров между ребрами и / или вершинами, созданными пустотами и / или другими вложенными полигонами.



14. Инструмент  проверяет проект на наличие ошибок, допущенных при создании слоев сверловки и фрезеровки (рис.46).

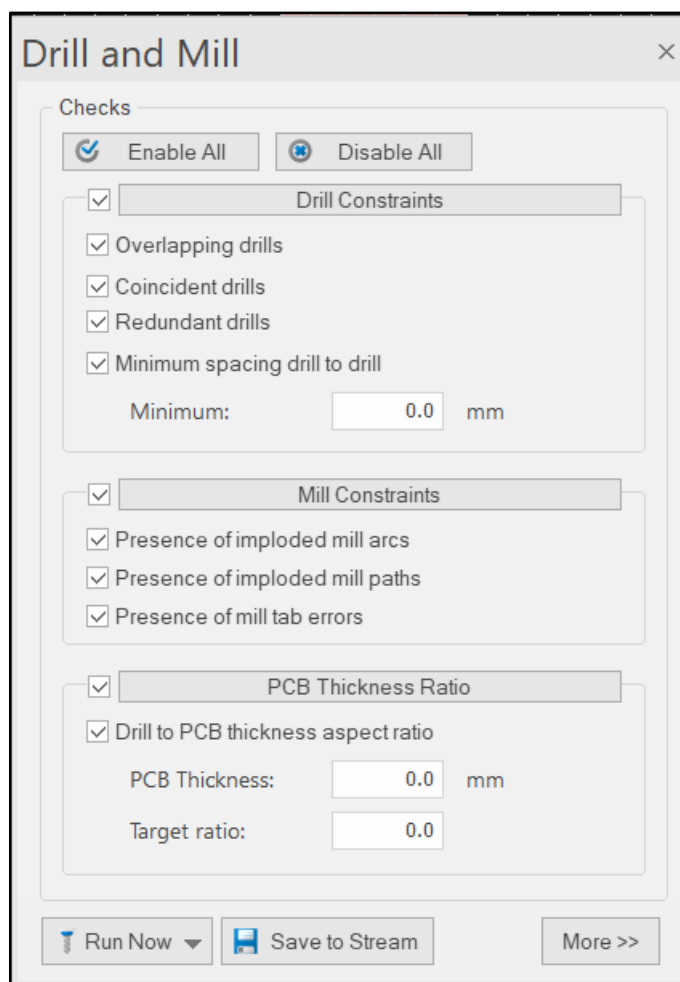


Рис. 46 Диалоговое окно инструмента Drill and Mill.

Drill constraints – Проверка на различные ошибки в информации для сверловки.

- Overlapping drills – Частично совпадающие друг с другом отверстия.
- Coincident drills – Отверстия, совпадающие по диаметру и координатам, но выполненные различными инструментами.
- Redundant drills – Полностью совпадающие друг с другом отверстия.

Mill constraints - Проверка на различные ошибки в информации для фрезеровки.

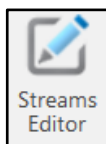
Presence of Imploded Mill Arcs - Радиус фрезеровки настолько малого размера, что не может быть выполнен выбранным инструментом для создания фрезеровки.

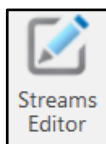
Presence of Imploded Mill Paths – Перекрывающиеся участки фрезеровки, которые сужаются до размеров не выполнимых текущим фрезеровочным инструментом, либо просто пересекающая сама себя фрезеровка. Речь идет о широком участке, который необходимо удалить фрезеровкой. Участок постепенно сужается до такого размера, что фреза не может зайти в необходимый контур.

Presence of Mill Tab Errors – Участки фрезеровки, которые при введении компенсации сдвигаются настолько, что начинают пересекаться друг с другом. Самый простой пример описываемой ситуации – это фрезеровка окружности фрезой большого диаметра. При введении компенсации фреза начинает идти по меньшему радиусу, чем шла до этого, соответственно концы дуг приближаются друг к другу и может создаться ситуация, когда концы пересекутся.

PCB Thickness Ratio – Отношение диаметра отверстия к толщине платы. Обычно, не должно превышать 10. Чем совершеннее технология производства плат, тем это отношение может быть больше. Однако отношение редко превышает значения 14.

- PCB thickness – Задаваемая толщина платы.
- Target Ratio – Задаваемое отношение, которое не должно превышать.



15. Кнопка  - это инструмент запуска проверок в пакетном режиме.

Все описанные проверки могут запускаться как индивидуально, так и в пакетном режиме. Если проверки запускаются в пакетном режиме, их так же можно включать и отключать или настраивать. Настройки проверок, подходящие под определенного производителя ПП, либо под определенную технологию, можно сохранять и использовать в последующих проектах (рис.47).

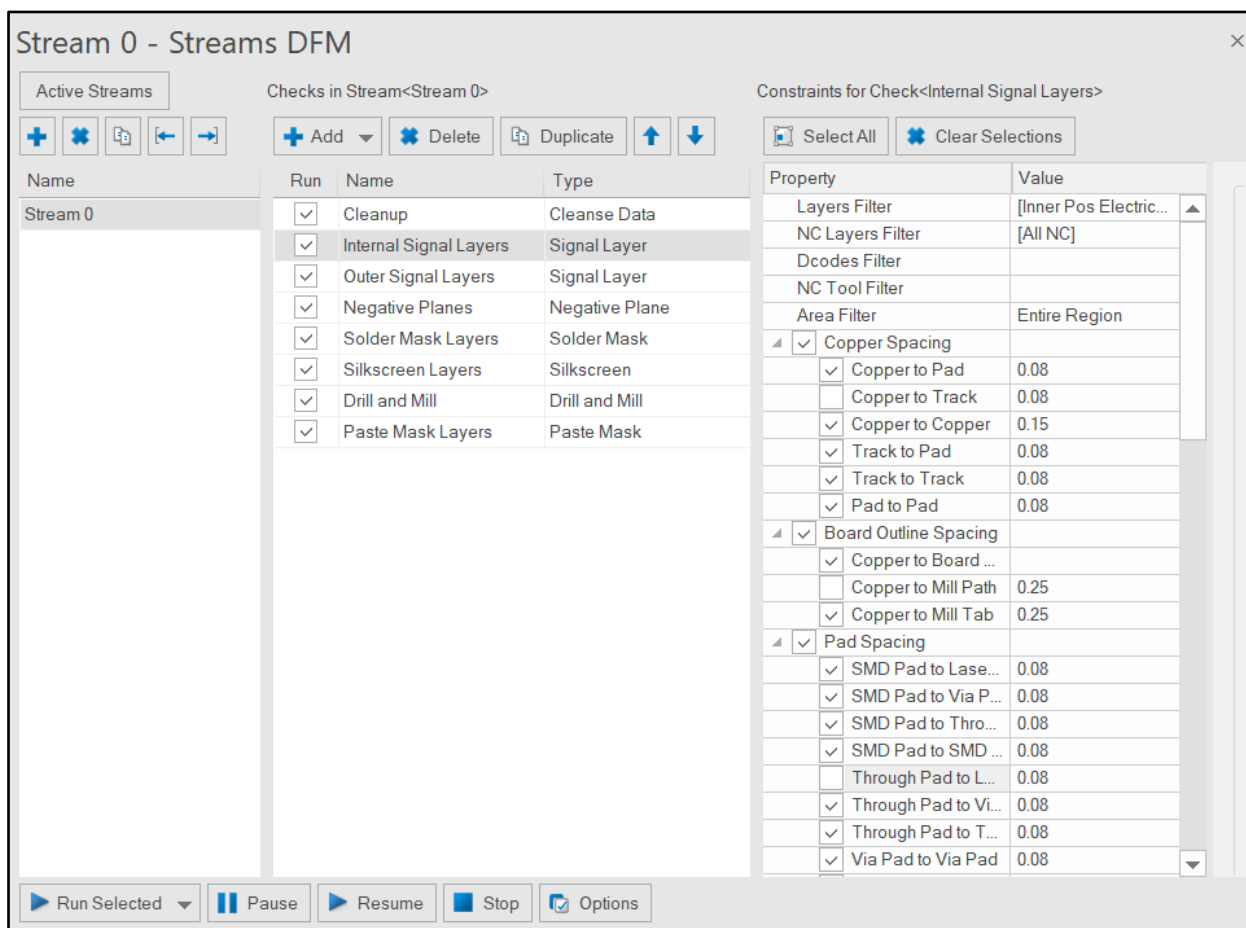


Рис. 47 Диалоговое окно запуска проверок в пакетном режиме.

Диалоговое окно выполнения проверок в пакетном режиме поделено на три части.

В левой части находится список сохраненных наборов параметров, так называемый Stream. Выбрав ту или иную строчку в данной области окна, пользователь загружает сразу все настройки под конкретное производство ПП, либо под конкретную ситуацию проверки.

В средней части диалогового окна расположены разделы проверок, объединенные по виду и назначению. Все эти разделы были описаны выше. Ставя или убирая галочки напротив строчек в средней части, пользователь может включить или отключить сразу целую ветку проверок (рис.48).

В правой части диалогового окна расположены подразделы из выбранного в центре раздела. Т.е., в зависимости от того, какой раздел выбран в средней части, изменяется вид в левой части.

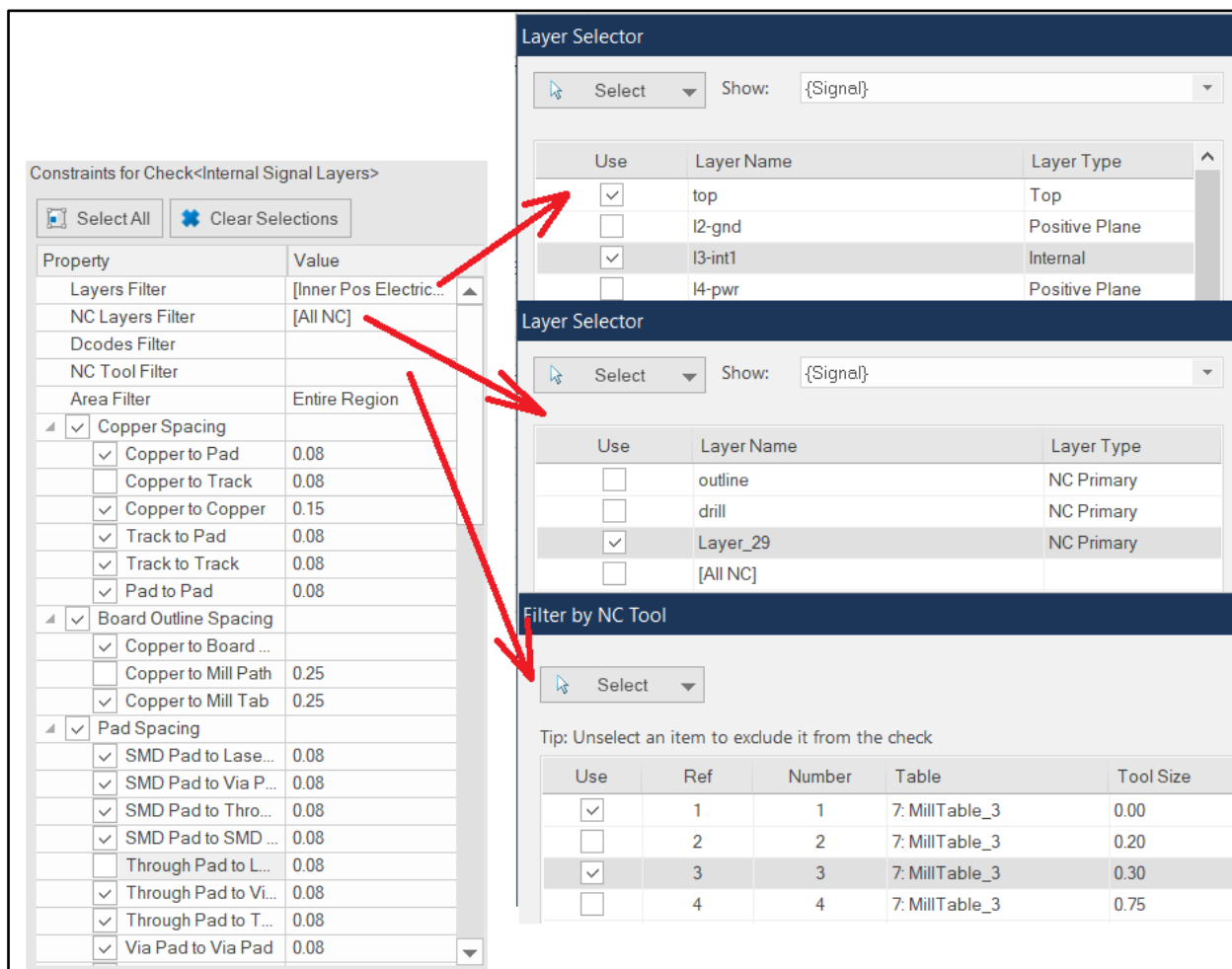


Рис. 48 Параметры таблицы, которые сужают область проведения проверки.

Все проводимые проверки представлены в форме таблицы. В верхней ее части находятся строки, которые сужают область проведения проверок, ограничивая их определенными критериями. Например: слоем, на котором проводится проверка, областью на слое, либо апертурой, не попадающей в проводимую проверку.

Проведение проверок может занять некоторое время. После окончания проверок пользователю будет выведено диалоговое окно, представленное на рис. 49.

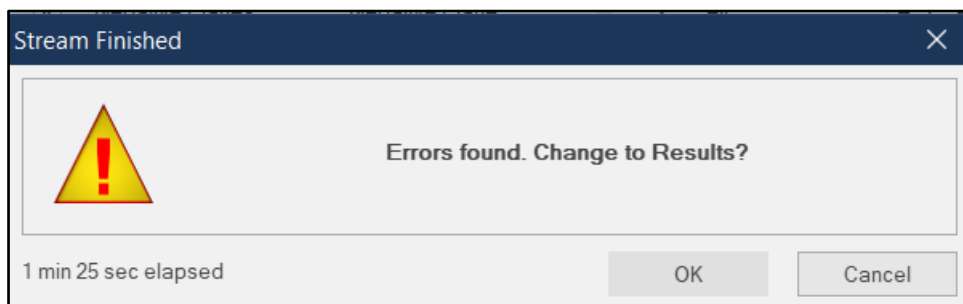


Рис. 49 Диалоговое окно, возникающее после завершения проверок.

Все найденные в ходе проверок ошибки формируют так называемое “дерево ошибок” DRC Tree. С деревом ошибок можно работать в инструменте Error Explorer. Пример Error Explorer представлен на рис. 50.

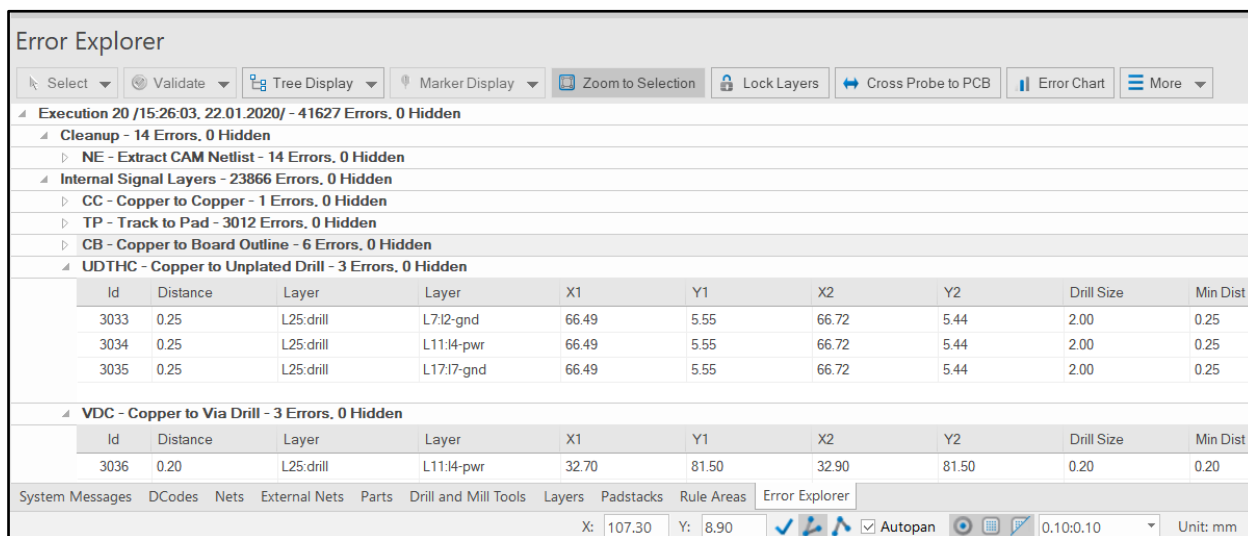


Рис. 50 Пример окна Error Explorer.

Полная таблица проверок доступна по ссылке:

<https://www.pcbsoft.ru/cam350-dfmstream>

Заключение

Редактор CAM350 в конфигурации DFMStream-520 представляет собой мощный и удобный инструмент для технологической подготовки, анализа и поиска ошибок, с возможностью исправления найденных проблем прямо в редакторе, или информирования разработчиков для внесения соответствующих корректировок в исходный проект САПР. Можно рекомендовать предприятиям, разрабатывающим печатные платы, использовать совместно конфигурации CAM350-070, CAM350-090, CAM350-160 и DFMStream-520 в сетевом варианте, что позволяет в нужный момент времени воспользоваться требуемым функционалом программы CAM350 на каждом рабочем месте. Использование пакетного режима проверок, с сохранением набора заданных констант и ограничений под каждый тип производства, или под определенные задачи и виды продукции, может существенно упростить работу инженеров-технологов при запуске проектов печатных плат в изготовление и монтаж.