C3D Labs представляет комплект *C3D Toolkit 2019* для разработчиков инженерного программного обеспечения

©2019 C3D Labs

Компания *C3D Labs* (в прошлом – математическое подразделение АСКОН) выпустила в свет ***C3D Toolkit 2019*** – новую версию комплекта программных инструментов для создания систем класса *CAD/CAE/CAM/EDA/BIM*.

Теперь в состав комплекта входят пять компонентов:

- *C3D Modeler* – геометрическое ядро;
- *C3D Solver* – параметрическое ядро;
- *C3D Converter* – модуль обмена данными;
- *C3D Vision* – движок визуализации;
- *C3D B-Shaper* – новый модуль преобразования полигональных геометрических моделей в граничное представление.

Ключевыми направлениями при работе над новой версией *C3D Toolkit* стали расширение функциональности геометрического моделирования и визуализации, повышение производительности и усовершенствование программного интерфейса (*API*). Среди технологических новшеств, общих для всех компонентов *C3D Toolkit*, следует отметить поддержку *Microsoft Visual Studio 2019, Clang 6.0, GCC 7.3*.

Что умеет *C3D B-Shaper 2019*

Появившийся в этой версии новый, пятый по счету компонент, получивший название *C3D Toolkit*, предназначен для работы с полигональными моделями. Его оригинальный алгоритм позволяет преобразовать полигональную сетку в *3D*-модель с граничным представлением (*B-rep*), которую в дальнейшем можно редактировать классическими *CAD*-инструментами: выполнять булевы операции, строить фаски, получать проекции и сечения (рис. 1).

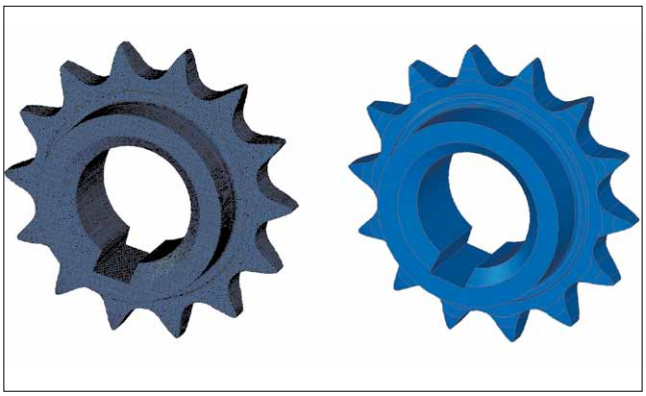

Рис. 1. Полигональная модель и её граничное представление после конвертации средствами C-3D B-Shaper

Что нового в *C3D Modeler 2019*

Геометрическое ядро комплекта *C3D Toolkit* стали пополнилось новыми и улучшенными функциями моделирования, проецирования и отображения геометрических моделей.

✓ **Геометрическое моделирование**

В арсенале моделирования появилась операция сечения тела открытой оболочкой (рис. 2). Оболочка в геометрическом ядре представляет собой связное множество стыкующихся друг с другом граней. Если грани данного множества не имеют края, то есть все ребра являются пересечением двух соседних граней, то оболочка называется замкнутой. Если же на одной из граней лежит краевое ребро, то оболочка будет незамкнутой (открытой). Теперь пользователи *C3D Modeler* могут отсекать часть тела подобным набором граней (открытой оболочкой).

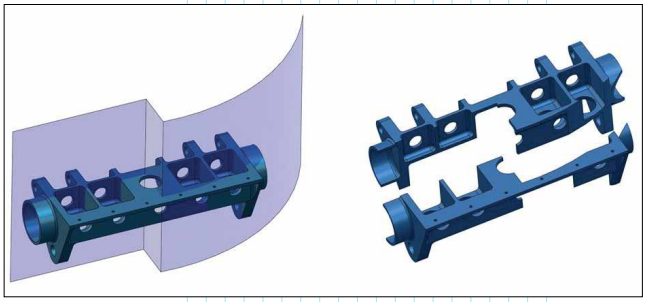

Рис. 2. Сечение тела открытой оболочкой

В функционал моделирования листовых тел добавлены такие возможности, как размножение листового тела, упрощение развертки, построение ребра усиления с прогибом.

Различные элементы листового тела теперь можно размножить отдельно от исходного тела (рис. 3). Удобство такого подхода заключается в том, что при добавлении нового элемента нет необходимости обрабатывать исходное тело и сразу объединять его с размноженным объектом. Все заново созданные элементы массива присоединяются к листовому телу за одну операцию.

В результате упрощения развертки листового тела (рис. 4) модель будет выглядеть как заготовка без сложных мелких форм и большого количества граней, полученных операциями замыкания углов или сгиба.

Операция построения ребра усиления на сгибе листового тела, появившаяся в предыдущей версии *C3D Toolkit*, была модифицирована – теперь ребро

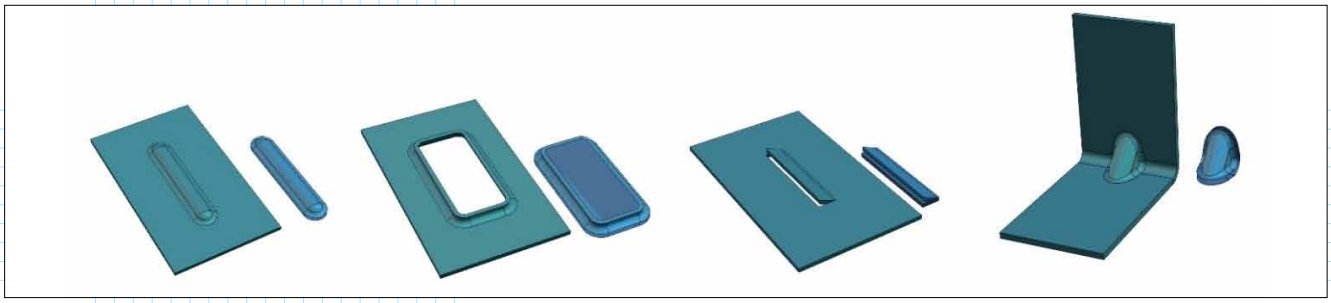

Рис. 3. Размножение элементов листового тела

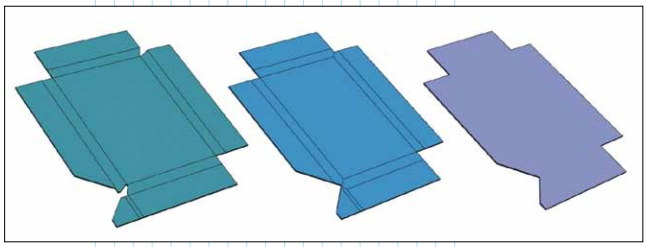

Рис. 4. Упрощение развертки

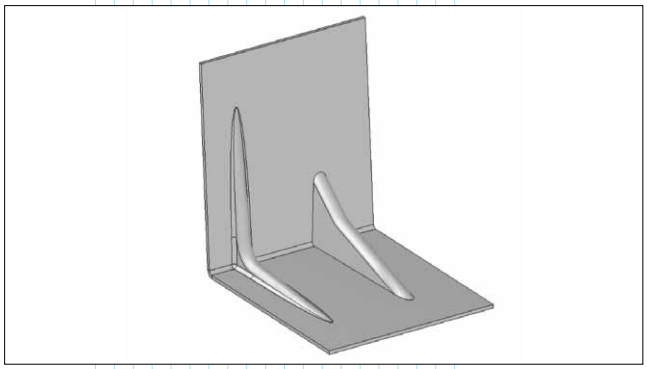

Рис. 5. Ребро усиления с прогибом

усиления может иметь прогиб (рис. 5). При выполнении операции разгиба листового тела ребро скрывается, а при сгибе восстанавливается.

Другие нововведения в операциях моделирования:

- управление погрешностью в сравнении подобных поверхностей;
- учет нормалей поверхностной направляющей кинематического тела;
- добавление привязок по именам в операции “Уклон”;
- возможность именования граничных ребер по именам кривых.

✓ **Проецирование**

В новой версии впервые предлагается проецирование осевых линий поверхностей в чертеж (рис. 6). Кроме того, доработаны алгоритмы проецирования измененных компонентов сборок, прозрачных тел и условных изображений резьбы; добавлено использование атрибутов для привязок в разрезах и сечениях.

Помимо улучшения и модификации непосредственно вычислительных алгоритмов геометрического ядра, разработчики провели системные работы, направленные на повышение производительности и стабильности его работы:

- реализована возможность сохранения в формате *C3D* для передачи в предыдущие релизы;
- добавлены возможности чтения и записи исполнений из файлов САПР КОМПАС-3D;
- выполнена оптимизация истории построения;
- в многопоточном режиме реализована сборка “мусора” (хранящихся в памяти данных, которые в дальнейшем не потребуются для работы приложения).

C3D Solver 2019

В параметрическом ядре версии *2019* пользователи заметят функциональные доработки, обновленный *API* и новый раздел в документации.

Среди задач, которые решает параметрическое ядро *C3D Solver*, выделяется особый тип – каркасные

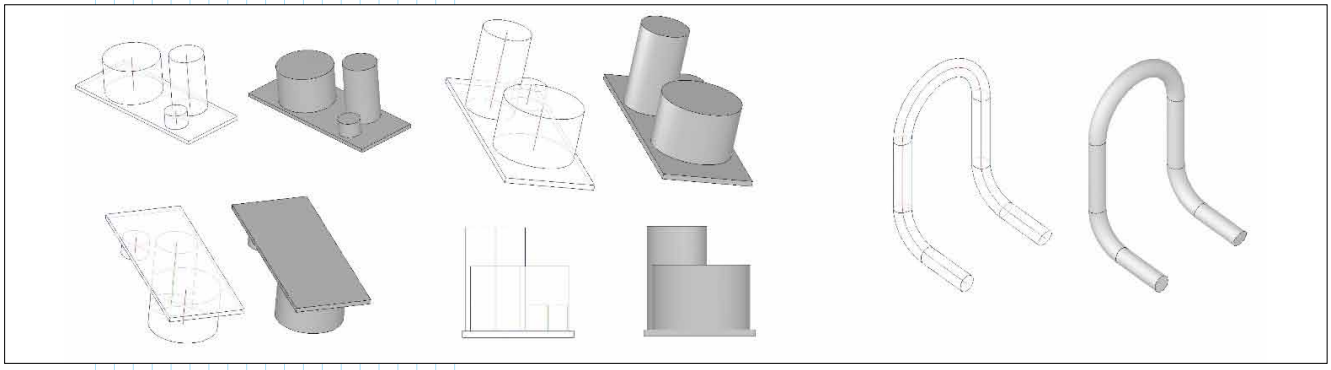

Рис. 6. Проецирование осевых линий поверхностей

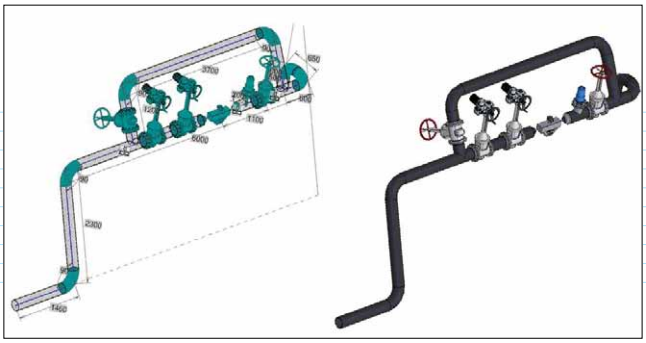

Рис. 7. Каркасная модель в C3D Solver

задачи. Они связаны с потребностями инженерного ПО работать с моделями каркасного характера: трассами трубопроводов, металлоконструкциями (рис. 7). Такие модели отличаются большим числом гладко стыкующихся отрезков и дуг (контуров), привязанных к неподвижным объектам.

Проектирование коммуникаций в *BIM*-системе – типичная прикладная задача, в рамках которой сначала собирается каркас (обычно с помощью отрезков и дуг), а затем на его основе приложение генерирует сеть кабелей, трубопроводов и прочих протяженных объектов. Такие модели могут быть очень сложными, поэтому к производительности и решаемости алгоритмов предъявляются серьезные требования. *C3D Solver* обрабатывает достаточно большие системы уравнений, для упрощения которых применяются специальные методы.

При подготовке версии *C3D Solver 2019* был проведен комплекс работ, призванных улучшить решение каркасных задач:

- была расширена тестовая база – на основе собственной коллекции тестов и благодаря моделям, полученным от пользователей;
- численная устойчивость алгоритмов была улучшена в результате более качественной формулировки внутренней системы уравнений;
- доработан программный интерфейс (*API*) параметрического ядра: опция выравнивания для паттернов *GCM_ALIGN_WITH_AXIAL_GEOM* позволяет формулировать касания с гладкой стыковкой дуг и отрезков за счет меньшего количества вызовов.

В предыдущих версиях *C3D Solver* большинство ограничений, которые применяются к окружности (касание, расстояние, точка на окружности и т.д.), работали только для окружности некоторого радиуса

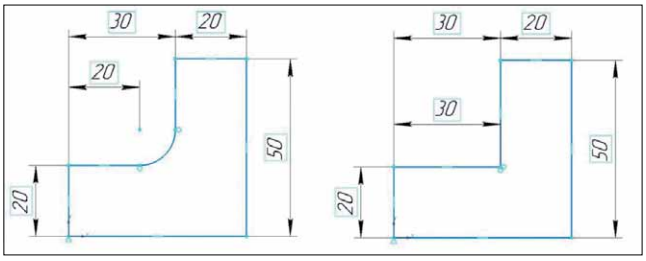

Рис. 8. Отключаемые скругления на чертеже

($R > eps$). Теперь же, за счет внутренних переформулировок системы уравнений, можно работать с окружностью нулевого радиуса – в частности, при построении скруглений. Это может найти применение, например, в случае отключаемых скруглений, когда параметрический чертеж может иметь или не иметь скругления (рис. 8). Дополнительным преимуществом использования окружностей нулевого радиуса стало повышение точности гладких стыковок.

Изначально основу программного интерфейса *C3D Solver* составляли так называемые прямые вызовы, когда исходные данные для вычислений берутся из того, что было сообщено при вызовах *API* со стороны пользовательского приложения. С ростом требований к функциональности параметрического ядра таких вызовов стало недостаточно. Всё чаще возникала необходимость в обратных вызовах (*callbacks*), которые и были реализованы в релизе *C3D Solver 2019* (рис. 9). Обратные вызовы отвечают концепции функционального программирования, когда в расчетный модуль передают не только исходные данные, но и функции, через которые можно запросить те данные, которые удобнее вычислить на стороне приложения или которые нужны в данный момент времени.

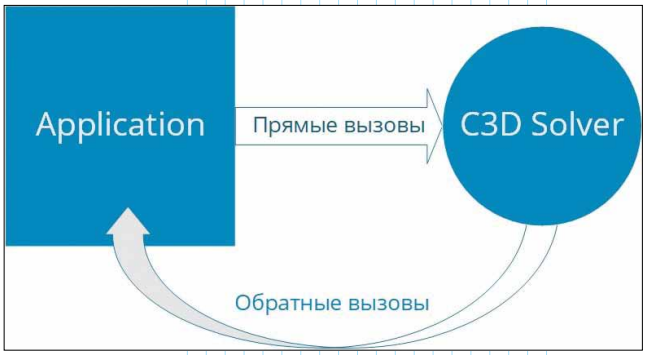

Рис. 9. Обратные вызовы в C3D Solver 2019

Для полноты документирования параметрического ядра в руководство разработчика *C3D* добавлена глава с описанием основ по встраиванию и применению трехмерного геометрического решателя *C3D Solver*.

C3D Converter 2019

В число приоритетов развития модуля обмена данными входят: передача технологических данных для производства (*Product Manufacturing Information – PMI*), формирование топологии модели в соответствии со спецификой различных *CAD*-систем, исправление дефектов топологии, поддержка импорта/экспорта актуальных форматов данных.

При подготовке версии *C3D Converter 2019* разработчики расширили возможности передачи *PMI* через формат *JT* (рис. 10). В качестве параметров линий-выносок пользователь может задать тип законцовки и направление стрелок, явно указать плоскость размещения элемента. При указании размера выбирается его тип, номинал и отклонения, а также единицы измерения.

```
Description ::  Radial Dimension (6)
DisplayPlane.origin ::  0.092 -0.0294089662472334 0.012
DisplayPlane.xaxis ::   0.63121905864763 0.775604602874428 0
DisplayPlane.zaxis ::   0 0 1
LAYER ::    1
Leader[0] ::
Leader[0].Reference ::  1708 48 -1 $$NGID<chain>="JT_PROP_NAME"\0k

Leader[0].arrowPlacement ::     1
Leader[0].arrowType ::  2
Leader[0].arrowWidth.name ::    width4
Leader[0].colour ::     0x00000000
Leader[0].dotDiameter ::    1.5

Leader[0].terminator ::     92 -29.4089662472334 12

textColour ::   0x00000000
textDirection ::    -0.118778313026349 0.992920798631298 0
textHeight ::   4.81396910678308
textLeaderPosition ::   2
textOrientation ::  2
textOrigin ::   110.200224659356 -45.111765803299 12
textThickness ::    2
toleranceLeadingZero ::     1
tolerancePrecision ::   2
toleranceTrailingZero ::    1
type ::     3
units ::    1
upperDelta ::   0.1
value ::    8
zeroToleranceDisplay ::     0
```

Рис. 10. Представление PMI в JT

В результате углубленной работы с моделями в формате *SAT* был реализован такой экспорт моделей, когда топология в файлах обменного формата формируется с учетом специфики той системы, в которую предполагается импортировать эти файлы. Например, цилиндрическая и коническая поверхности в рамках разных топологических моделей описываются по-разному. Подход, применяемый в геометрическом ядре *C3D Modeler*, предполагает наличие замкнутых параметрических циклов, включающих в себя специальные виды рёбер: швов и полюсных рёбер. В рамках другого подхода швы в модели отсутствуют, а полюса обрабатываются особым образом; при этом замкнутость циклов не является обязательной. Практика использования обменных форматов, которая ранее была реализована в модуле *C3D Converter* как безальтернативная, предполагала принудительное разбиение замкнутых граней. В версии *C3D Converter 2019* предлагается возможность передавать замкнутые грани без принудительного разбиения, что лучше соответствует особенностям формата *SAT* (рис. 11).

Для обнаружения и исправления дефектов геометрической модели ядро *C3D Modeler* имеет

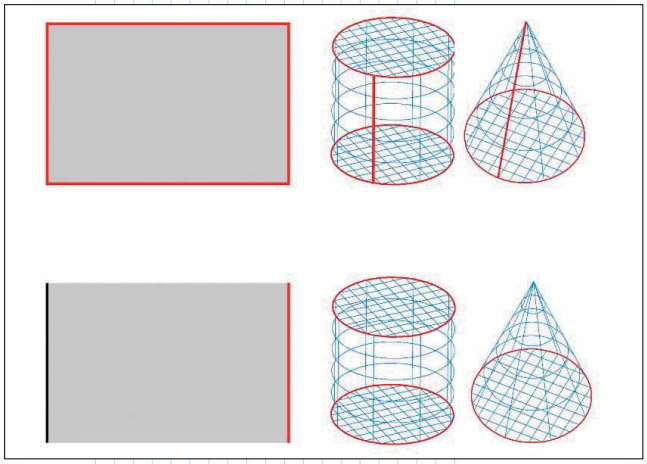

Рис. 11. Полюсы и швы в форматах C3D и SAT

Рис. 12. Исправление дефектов оболочек

штатные средства диагностики и лечения с развитым функционалом (рис. 12). Однако при обработке конвертированной модели он, в некоторых случаях, мог оказаться недостаточным. В версии *C3D Converter 2019* были добавлены алгоритмы по выявлению и исправлению дефектов топологии, учитывающие специфичность обменных форматов.

C3D Vision 2019

Обновленный движок *C3D Vision 2019* прошел через глубокую модернизацию архитектуры. Благодаря этому, пользователи получили возможность создавать свои собственные объекты, а также писать процессы создания и редактирования объектов.

В новой версии интеграция визуализатора с геометрическим ядром *C3D Modeler* стала еще более тесной, что позволяет создавать визуальное представление на базе математического представления *MbItem*, автоматически генерировать сцену на основе геометрической модели *MbModel* с учетом ссылочной геометрии, а также отслеживать прогресс генерации сцены с помощью *ProgressBuild* (рис. 13).

К числу наиболее важных новинок относится поддержка многоуровневой визуализации *MultiViews* (рис. 14.). За счет применения одного графа сцены используется одна модель отображения. На каждом уровне (*View*) будет рассчитана своя проекция и собственный режим отображения

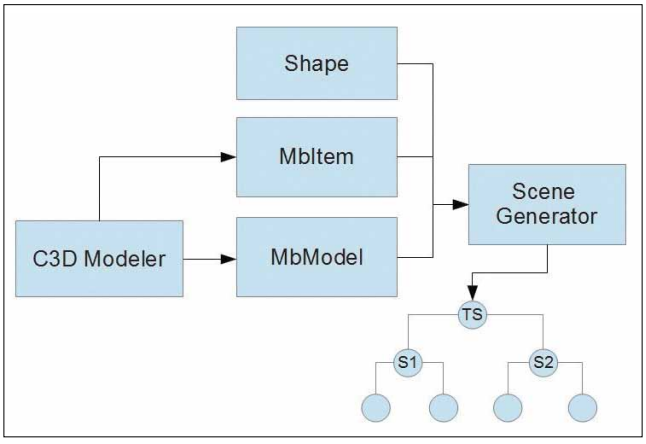

Рис. 13. Генерация сцены на основе математического представления

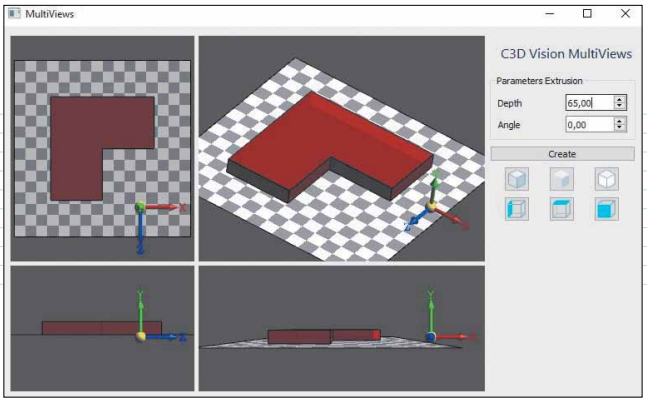

Рис. 14. C3D Vision MultiViews

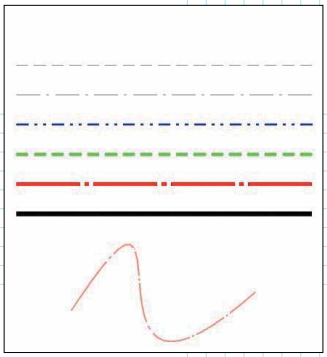

Рис. 15. Поддерживаемые стили линий

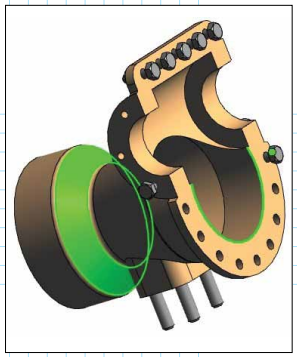

Рис. 16. Селектирование геометрических объектов

сцены. Работа инструментов для управления сценой, а также механизм выбора объектов, применяется в единственном экземпляре.

Версия *C3D Vision 2019* предусматривает новый класс *Pen*, определяющий стиль линий (рис. 15). Пользователи могут задавать такие параметры линий, как ширина (*Width*) и цвет (*Color*). Визуализатор предлагает следующие типы линий: основная (*Solid*), осевая (*Axial*), штриховая (*Dashed*), штрихпунктирная с двумя точками (*Divide*), осевая толстая (*AxialFat*), штриховая толстая (*DashedFat*).

В инструменте *SelectManager*, предназначенном для выбора геометрических объектов (рис. 16), стали доступны такие возможности, как:

- настройка цветов для примитивов, подсветок и выбранных объектов;
- настройка физических устройств для выбора;
- фильтрация объектов.

Режим *Multi-selection* позволяет накапливать объекты в контейнере при их указании, а об изменении содержимого контейнера просигнализирует *ObjectSelectionChanged*. Для определения объектов, попавших под курсор, добавлен метод *ObjectPickSelection*.

Полный комплект *C3D Toolkit 2019* и его отдельные модули доступны для бесплатного тестирования – см. сайт *https://c3dlabs.com*.

◆ Выставки ◆ Конференции ◆ Семинары ◆