

# T-FLEX CAD 17: новые возможности по 3D-моделированию и работе с 3D-кривыми. Работа с поверхностями

Алексей Плотников, Иван Сапронов



*В предыдущем материале мы рассказали о ключевых возможностях новой отечественной САПР T-FLEX CAD 17. Теперь разберем более подробно новые и обновленные инструменты по работе с 3D-кривыми и 3D-моделированию, включая работу с поверхностями.*

*Рассмотрим, какие новые и обновленные инструменты появились и продолжают разрабатываться для использования на предприятиях судостроения, аэрокосмической промышленности и общего машиностроения.*

## Дерево модели в порядке создания элементов

Одна из важнейших доработок связана с реализацией отображения дерева 3D-модели в порядке создания элементов. Дерево в новом представлении точно так же поддерживает откат модели, изменение положения операций с полным перестроением модели (рис. 1 и 2).

## Добавлены новые и улучшены существующие операции по 3D-моделированию

Большая работа проведена по унификации интерфейса операций по 3D-моделированию, оптимиза-

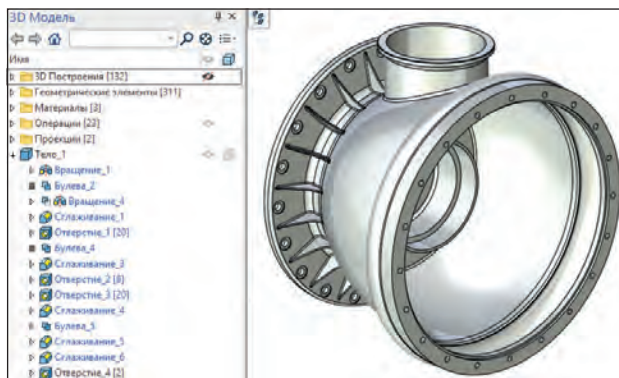
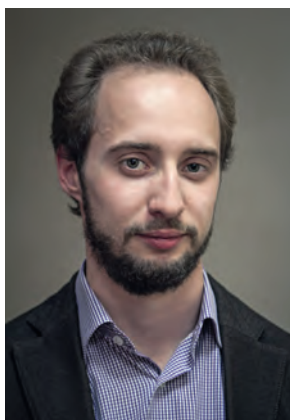
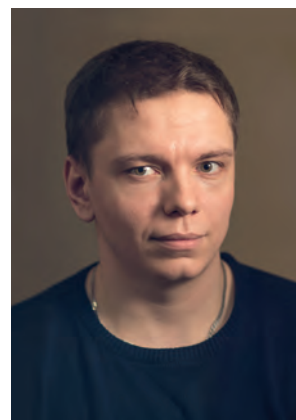


Рис. 1. Стандартное представление дерева 3D-модели



Алексей Плотников,  
руководитель  
направления маркетинга  
ЗАО «Топ Системы»



Иван Сапронов,  
ведущий специалист  
отдела внедрения  
ЗАО «Топ Системы»

ции и ускорению их работы, а также по созданию новых операций.

## Оболочка и Тело смещения

Операция *Оболочка* для удобства и логичности набора опций была доработана и разделена на две операции: *Оболочка* и *Тело смещения* (рис. 3 и 4).

Таким образом, опция *Эквидистантное тело* в команде *Оболочка* теперь больше не нужна.

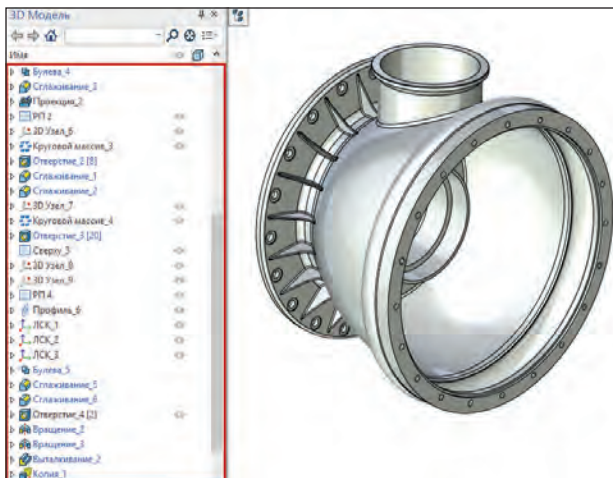


Рис. 2. Объекты в порядке создания в дереве 3D-модели

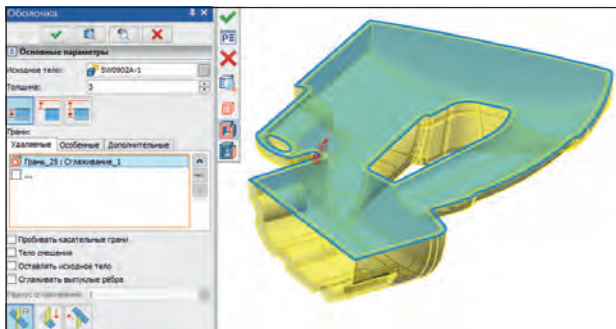


Рис. 3. Новый интерфейс операции *Оболочка*

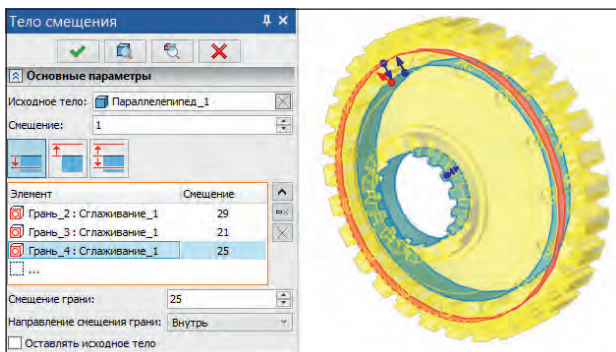


Рис. 4. Новая операция *Тело смещения*

Операция *Тело смещения* позволяет создать тело, выбранные грани которого будут смещены по эквидистанте относительно граней исходного тела. Исходное тело можно при этом оставить.

- добавлена возможность управлять углами поворота с помощью манипуляторов;
- добавлена поддержка выбора нескольких контуров;
- доработан интерфейс команды — переведен на новый диалог управления, что позволяет удобно добавлять/исключать контуры вращения, задавать ось и т.п.

### Вращение

В операции *Вращение* выполнены следующие доработки:

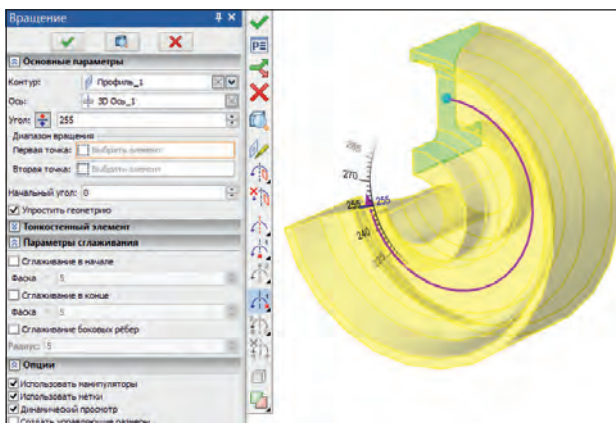


Рис. 5. Операция *Вращение* в обновленном интерфейсе и с новыми опциями

Теперь можно управлять выбранными элементами: контуры, ось и точки, задающие диапазон вращения (рис. 5). Значительно уменьшено количество кликов при создании операции *Вращение*.

### Булева операция

Доработан интерфейс булевой операции (рис. 6). Как и для других операций и команд с новым интерфейсом, доступны изменение размеров списков элементов, поиск элементов по имени, удаление и добавление элементов через панель инструментов; выбор типа операции осуществляется переключением кнопок панели инструментов.

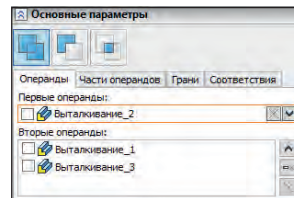


Рис. 6. Обновленное диалоговое окно булевой операции

типов создания операции по кнопкам в панели инструментов. Выбор корректирующих точек выполнен с фильтром, который отсеивает точки, не принадлежащие выбранному профилю. Размер тела вдоль траектории теперь можно регулировать манипуляторами.

### Отсечение

Операция переведена на новый тип диалогов (рис. 8). В окне теперь можно быстро выбирать варианты сечения элементов: *Сечение*, *Рабочая плоскость*, *Секущие поверхности*.

### По траектории

Доработан интерфейс операции *По траектории* (рис. 7): управление выбранными элементами, переключение

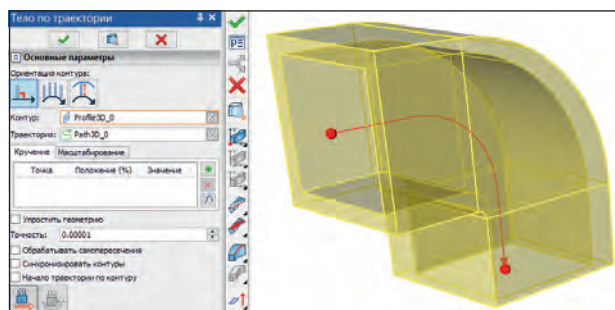


Рис. 7. Обновленное диалоговое окно операции *По траектории*

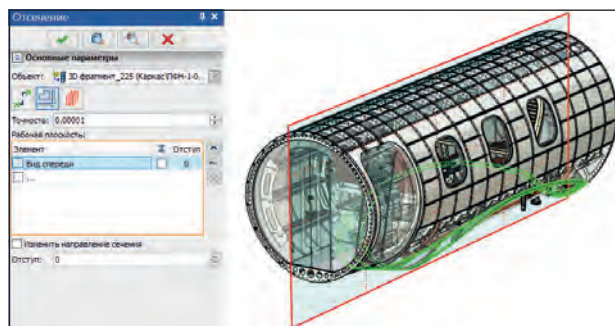


Рис. 8. Обновленное диалоговое окно операции *Отсечение*

При выборе нескольких рассекающих поверхностей и при включенной опции *Автомению* результатом операции будет множество тел. Диалог позволяет для каждой рассекающей рабочей плоскости или поверхности задать смещение. Можно удалить или добавить рассекающий элемент выбранного типа. Добавлен параметр *Точность*. В случае если расстояние между рассекающими элементами меньше точности, рассечение будет игнорироваться.

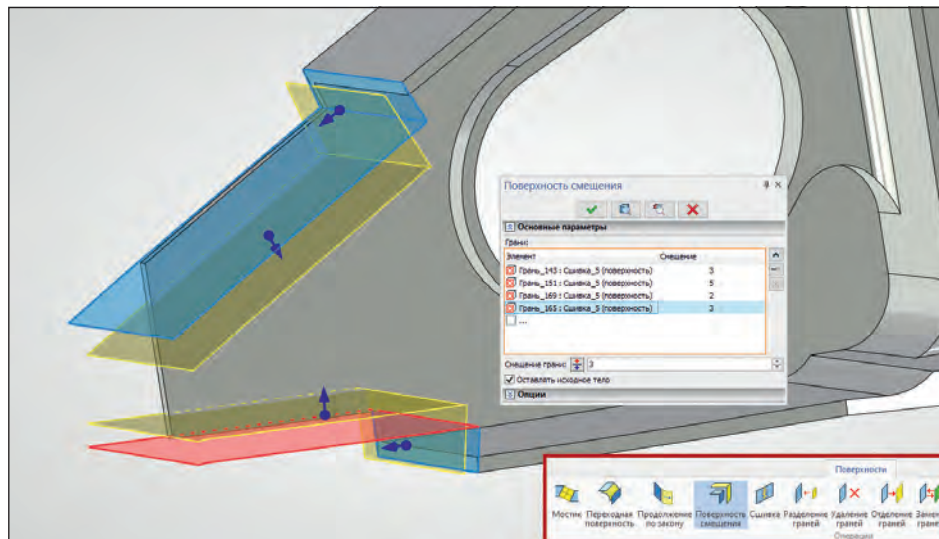


Рис. 10. Поверхность смещения

### Сглаживание

Расширены возможности построения фаски в команде *Сглаживание*. Теперь фа-



Рис. 9. Построение нового типа фаски с помощью операции *Сглаживание*

ска может быть построена на пересечении нескольких ребер (рис. 9).

### Добавлены новые инструменты и улучшены существующие по поверхностному моделированию

Поверхностное моделирование находит применение в самых разных областях: проектировании технологической оснастки, в сфере производства потребительских товаров, автомобилестроении и аэрокосмической промыш-

ленности, кораблестроении и др. Поэтому в новой САПР T-FLEX CAD 17 мы не могли не затронуть это направление. Рассмотрим более подробно доработки в этой важной области.

Одним из принципиальных моментов является подключение размерностей в поля интерфейса и вывод опции точности построения: ведь, как правило, это заранее описано в технических требованиях/методиках предприятия, которыми руководствуется инженер перед началом работы, и от этого будет зависеть качество изделия и последующие взаимодействия с сопутствующими службами.

Теперь в T-FLEX CAD можно создавать поверхностные модели любой сложности. Разработаны новые операции по работе с поверхностями. Доработаны и улучшены команды работы с гранями и поверхностями предыдущих версий. Все команды работы с поверхностями помещены в отдельную вкладку ленты *Поверхности*.

### Поверхность смещения

Новая операция *Поверхность смещения* (рис. 10) позволяет создавать поверхностные тела, полученные смещением выбранных граней твердого тела или поверхности. В этот раз мы

переработали интерфейс команд. Если ранее подобный функционал находился в команде *Оболочка* с некоторыми ограничениями по выбору граней твердых тел, то теперь это отдельная полноценная команда с более широкими возможностями без прежних ограничений. В частности, смещение теперь можно задавать разнонаправленным и с разной толщиной.

### Продолжение по закону

Следующая операция поверхностного моделирования в T-FLEX CAD 17, без которой моделировать сложные поверхности до-

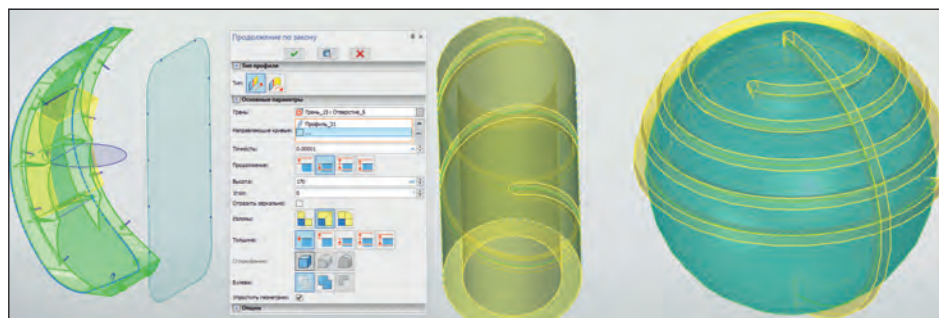


Рис. 11. Продолжение по закону

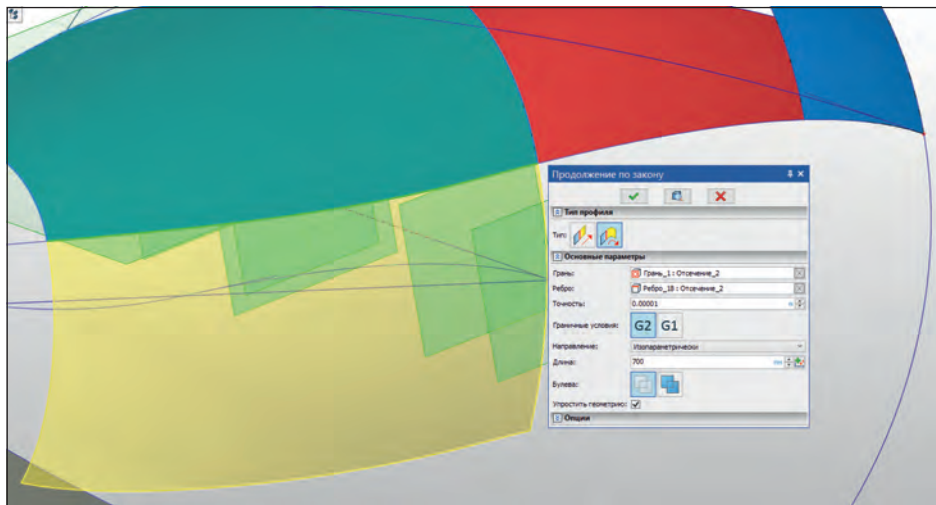


Рис. 12. Продолжение по закону — дуга окружности

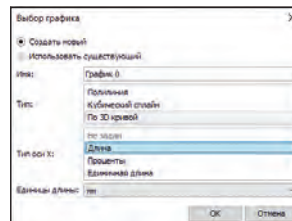


Рис. 13. Выбор графика для подключения к операции

Типы графиков *Полилиния* и *Кубический сплайн* (рис. 14) служат для линейного изменения параметра и кубического закона изменения (можно задавать модуль касательной как на границах, так и на промежуточных точках).

Тип *По 3D-кривой* служит для задания изменения параметра, когда в сцене указываются опорная кривая и кривая закона изменения (рис. 15), преобразующиеся в график, который потом также

вольню трудно, — это *Продолжение по закону* (рис. 11). Про нее можно написать отдельную статью, но пока остановимся на базовых возможностях операции.

Здесь мы разместили сразу два режима создания операции: когда поверхность продлевается прямой или дугой окружности. При этом формируется поверхность, у которой опционально можно изменить угол наклона к нормали поверхности или же придать толщину и получить твердое тело с опциями скругления ребер, тем самым сокращая в некоторых сценариях работы количество кликов и повышая удобство использования.

Во второй режим также включено несколько опций: первая строит поверхность, наследуя радиус кривизны в каждой точке указанного ребра грани, к которому строится продолжение, или же пользователь может самостоятельно указать, какого радиуса должна

построиться поверхность (рис. 12).

При этом величиной продолжения поверхности или радиусом дуги можно управлять, подключив график, тем самым сделав эти величины непостоянными.

Графики в новой версии T-FLEX CAD 17 также получили развитие (рис. 13), став общесистемным механизмом для управления разными величинами в различных операциях, появились специальные режимы.

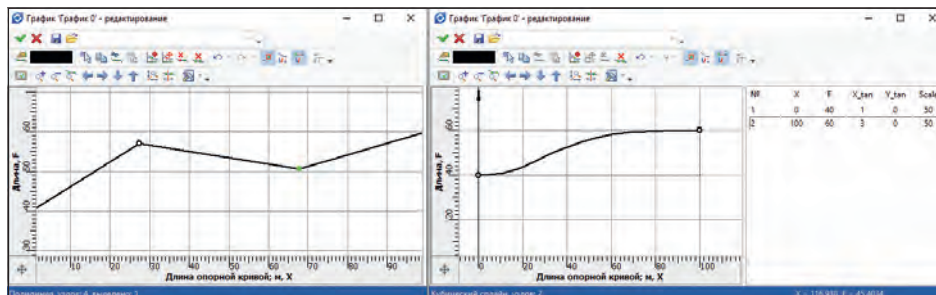


Рис. 14. Типы графиков: *Полилиния* и *Кубический сплайн*

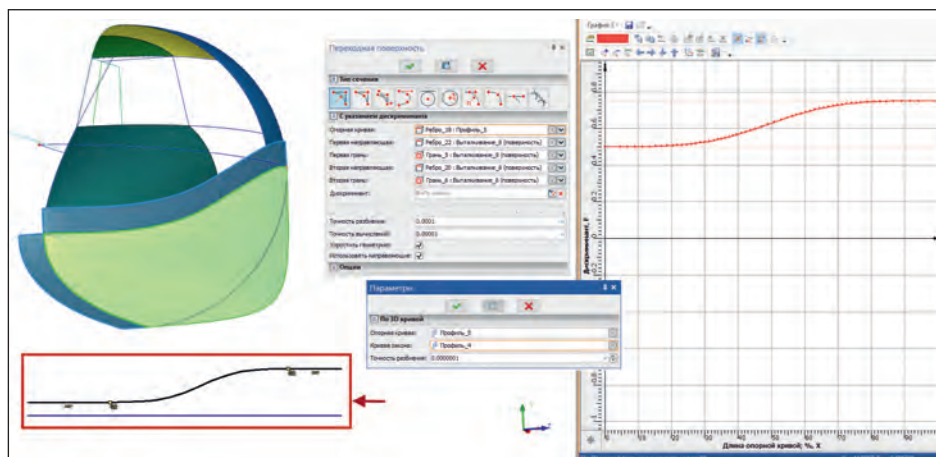


Рис. 15. Переходная поверхность. Тип *По 3D-кривой*

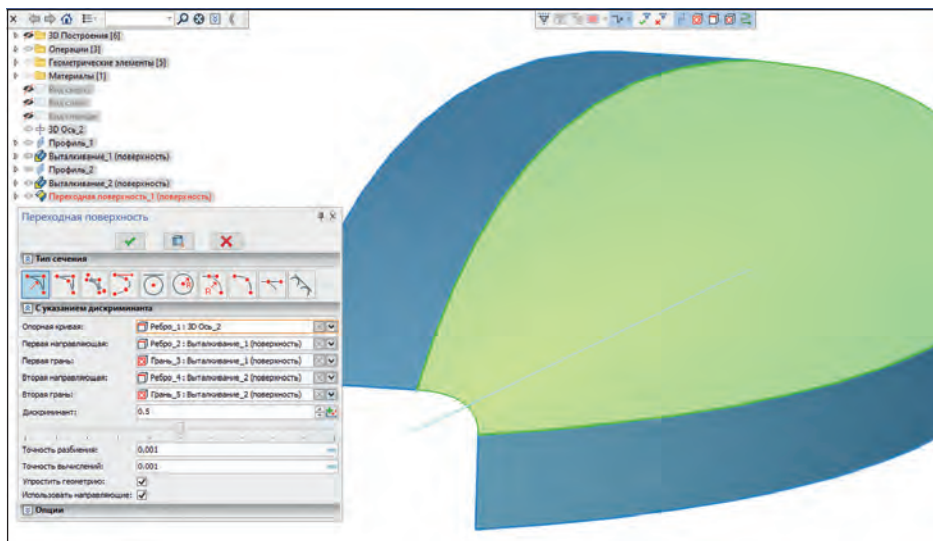


Рис. 16. Построение переходной поверхности

можно оперативно использовать в других операциях.

### Переходная поверхность

Добавлена новая операция *Переходная поверхность* (рис. 16). Команда позволяет строить поверхности на основе сечений конического типа: парабола, гипербола, эллипс, а также с сечениями, представляющими окружность, дугу окружности или отрезок, с различными геометрическими условиями и параметрами. Команда содержит девять вариантов построения переходных поверхностей и будет развиваться. В зависимости от выбранного варианта края поверхности могут быть заданы кривыми или являться свободными — в этом случае форма края поверхности может быть задана графиком.

Основополагающим элементом любого варианта построения является опорная кривая. Опорную кривую можно задать несколькими

гладко сопряженными ребрами, профилями, трассой или 3D-путем. Опорная кривая определяет направление касательных по нормальям, к которым будут расположены плоскости, на которых, в свою очередь, будут строиться образующие профили, задающие геометрию создаваемой поверхности.

### Заполнение области

Операция переведена на новый тип диалогов. Все выбранные ребра отображаются в редактируемом списке. Для каждого ребра можно определить тип сопряжения поверхностей (граничное условие): G0, G1, G2. По умолчанию строится сопряжение G2. Кнопка *Для всех* позволяет задать выбранный тип граничного условия для всех остальных ребер. В операции появилась возможность создавать заполняющую поверхность между ребрами разных тел. Это упрощает формирование соединительных поверхностей между телами

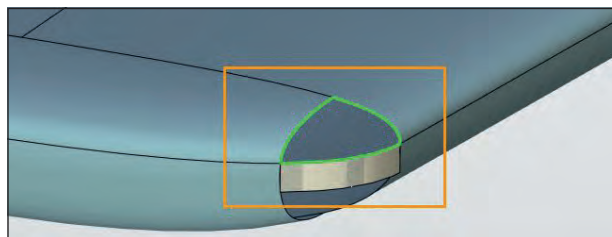
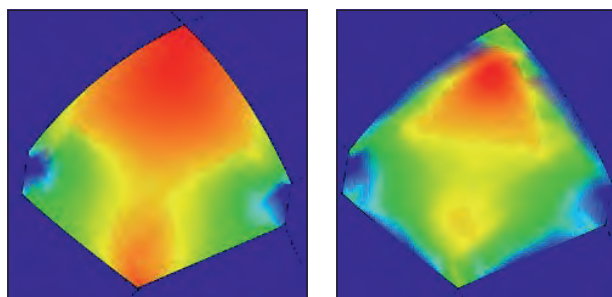


Рис. 17. Заполнение области



Для всех ребер условие G1      Для всех ребер условие G2  
Рис. 18. Измерение кривизны поверхности при различной гладкости

и расширяет возможности поверхностного моделирования. Пример заполнения области с анализом геометрии показан на рис. 17 и 18.

Проанализировать гладкость перехода между поверхностями можно при помощи команды *Кривизна поверхностей* (рис. 18), которая отображает изменение кривизны поверхности.

### Добавлены новые инструменты по работе с 3D-кривыми и улучшены существующие

Для поверхностного моделирования важно иметь удобные инструменты работы с проволоочной геометрией, поэтому команды 3D-путь, 3D-профиль и 3D-узел были существенно доработаны. Появились новые способы создания элементов проволоочной геометрии, диалоги команд стали удобнее.

### Переходный путь

Расширена функциональность опции создания переходных путей (рис. 19). Для переходного пути в режиме *Слайд* доступны настройки касательности: для каждой конечной точки доступны типы гладкости G0, G1, G2, G3. Длина вектора касательной определяется параметром *Модуль касательной*.

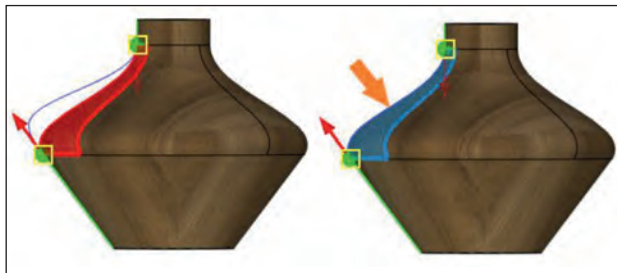


Рис. 19. Переходный путь

Переходный путь можно «положить» на выбранную поверхность при помощи новой кривой по набору поддерживающих граней (рис. 20).

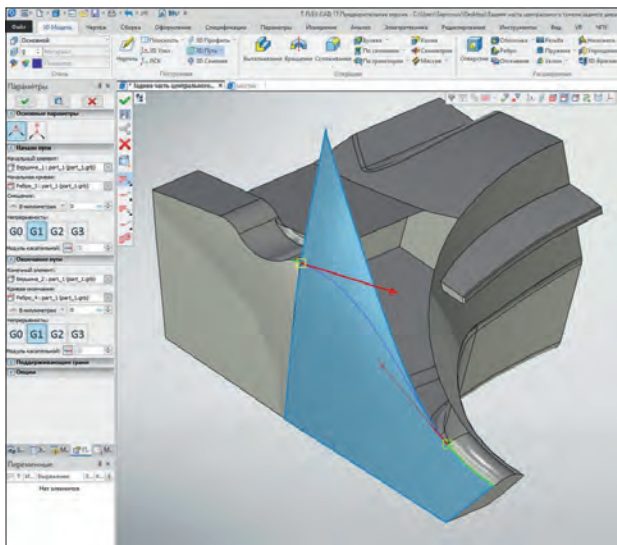


Рис. 20. Соединительная кривая по поддерживающим граням

опции *Выбор поддерживающей поверхности*.

### Соединительная кривая по поддерживающим граням

Добавлена возможность построения соединитель-

### Кривая по двум проекциям

Расширены возможности опции 3D-путь по двум проекциям (рис. 21). Теперь условие совпадения начальных и конечных точек проекций не является обязательным. При работе

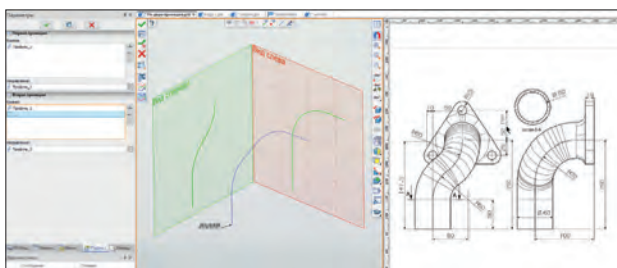


Рис. 21. Кривая по двум проекциям



IT-ФОРУМ

«Российские решения T-FLEX PLM»

26 мая 2020

Москва, Holiday Inn Moscow Sokolniki

Регистрация на [www.tfex.ru](http://www.tfex.ru)

- Новое отечественное решение T-FLEX PLM 17 для корпоративных клиентов – больше, чем просто управление жизненным циклом изделий;
- T-FLEX PLM 17 – обзор новых возможностей в области управления жизненным циклом изделий;
- Обзор новых возможностей T-FLEX CAD 17;
- Управление требованиями;
- Управление конфигурациями и структурами изделий;
- Управление проектами и программами;
- Управление НСИ и корпоративными мастер-данными (MDM);
- Технологическая подготовка производства;
- ...и многое другое.

+7 (499) 973-20-34  
+7 (499) 973-20-35

ТОП СИСТЕМЫ

[www.tfex.ru](http://www.tfex.ru)



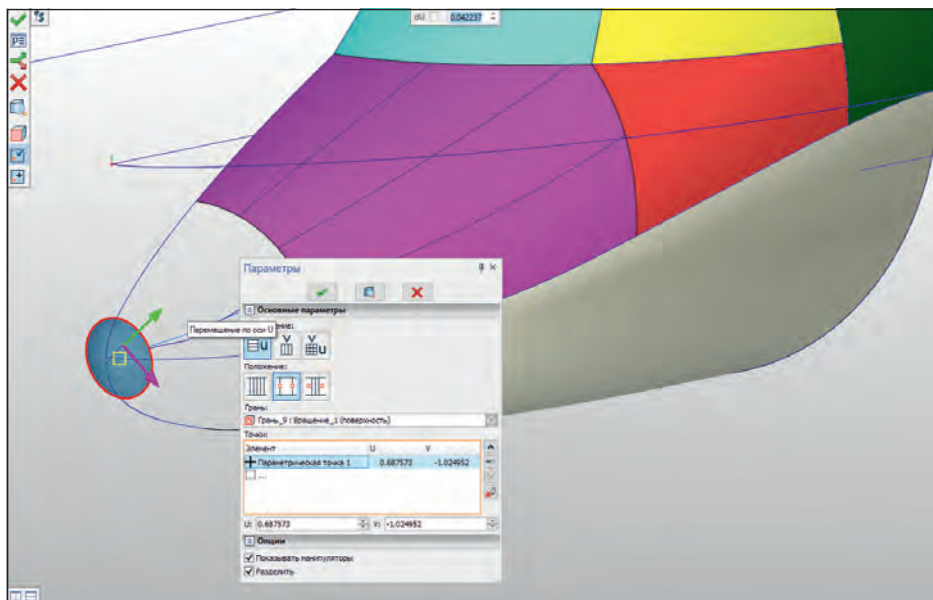


Рис. 22. Изопараметрическая кривая

по принципу от 2D к 3D доступен выбор линий изобржения.

### Изопараметрическая кривая

На выбранной поверхности с заданным шагом в одном или двух направлениях можно создать сетку, состоящую из отдельных 3D-путей. Шаг создания изопараметрических

путей можно задать на основе значений, вводимых пользователем, либо на основе 3D-точек. При этом 3D-точки могут быть специально созданы пользователем либо заданы на основе существующего тела. Изопараметрические кривые удобно использовать как начальные и конечные отрезки переходных путей, по которым, в

свою очередь, можно создавать поверхность (рис. 22).

### Коническая кривая

Новый режим построения 3D-пути *Коническая кривая* (рис. 23), по сути, является отдельной командой, в которой доступно построение пространственных кривых, представляющих собой кривые конического сечения: гипербола, пара-

бола, дуга эллипса. Режим напрямую взаимосвязан с новой командой *Переходная поверхность*, где образующим профилем поверхности также является кривая конического сечения. Новые инструменты проволочного и поверхностного моделирования направлены на расширение инструментов CAD для пользователей, работающих над конструкциями, где важны аэродинамические свойства: кривые и поверхности именно конического сечения широко распространены в авиации как геометрические объекты, имеющие оптимальную кривизну.

### 3D-профиль

Расширены возможности команды и оптимизирован интерфейс команды (рис. 24). Все опции команды разделены на четыре основных принципа получения профиля:

- создание профиля на основе 2D-элементов;
- создание профиля на основе 3D-элементов;
- создание профиля на основе проекции уже созданного профиля на грань;
- создание профиля на основе развертки поверхности.

Перечисленные варианты создания профилей могут быть указаны в автоменю команды, выбраны в *Ленте* или подобраны автоматически исходя из выделенных элементов.

При создании профиля по 2D-элементам теперь в явном виде можно указать

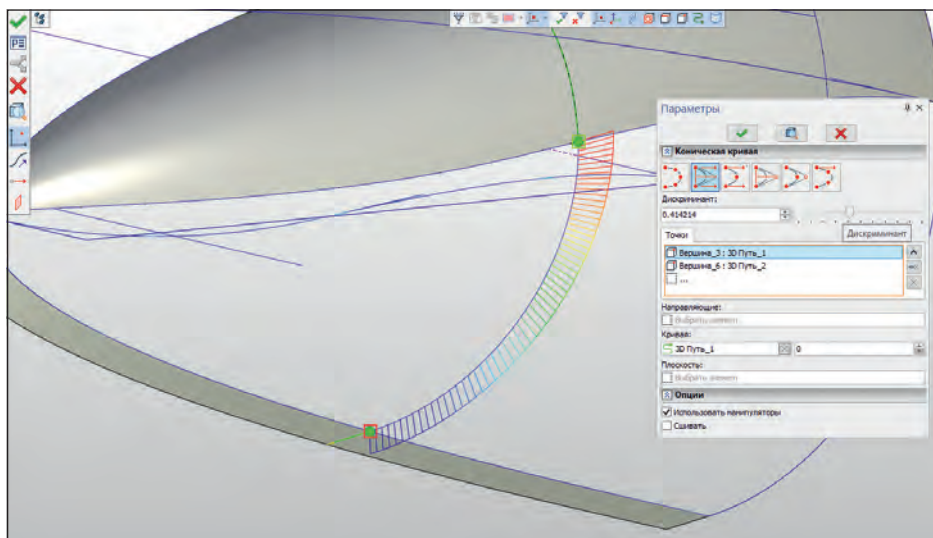


Рис. 23. Редактирование конической кривой с включенным режимом измерения кривизны

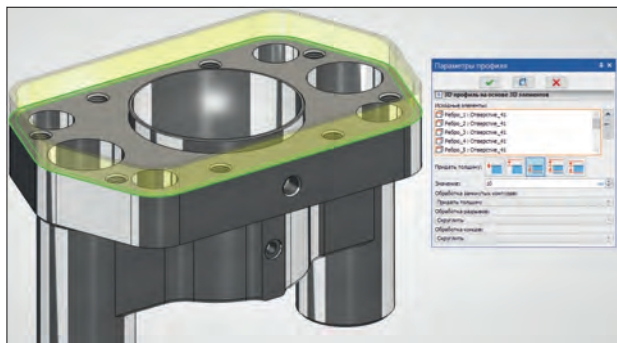


Рис. 24. Обновленные параметры 3D-профиля

создание профиля по штриховке, тексту или выбрать вариант по цвету.

При создании профиля по 3D-элементам появилась новая опция создания профиля как кривой смещения от уже существующего профиля. Если профиль многоконтурный, то смещение будет выполнено от всех контуров. Направление смещения определяется из списка как *Расширить* или *Уменьшить*.

### 3D-узел

Обновлен диалог команды (рис. 25). Варианты построения 3D-узла разделены на девять типов. Каждому типу соответствует пиктограмма в диалоге, продублированная в автоменю команды.

Как и во всех диалогах нового типа, режимы построения можно выбирать путем нажатия пиктограммы в верхней части диалога.

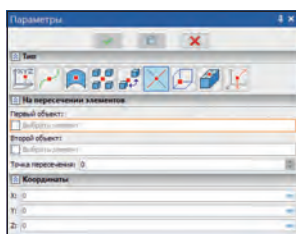


Рис. 25. Обновленный диалог параметров 3D-узла

**На пути.** Добавлены манипуляторы, которые позволяют задать положение 3D-узла в цилиндрической системе координат, ось которой направлена по касательной к пути (рис. 26).

**На поверхности.** Добавлены манипуляторы, позволяющие перемещать узел по поверхности, а также задавать смещение узла вдоль нормали к поверхности.

**По наименьшему расстоянию.** Между выбранными элементами определяется отрезок кратчайшего расстояния, на котором будет размещен 3D-узел. Данный отрезок явно в 3D-сцене не показывается.

Кроме того, для манипуляторов 3D-узла теперь доступны привязки.

### Реализована возможность модификации проволоочной геометрии с отображением в дереве 3D-модели

Команда модификации пути может быть вызвана из контекстного меню пути *Модифицировать* или из *Ленты* в списке команд работы с проволоочной геометрией.

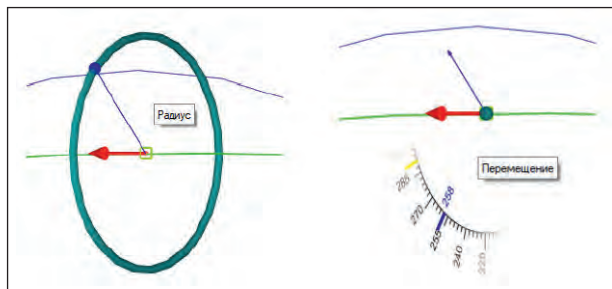


Рис. 26. Новые манипуляторы для задания параметров 3D-узла

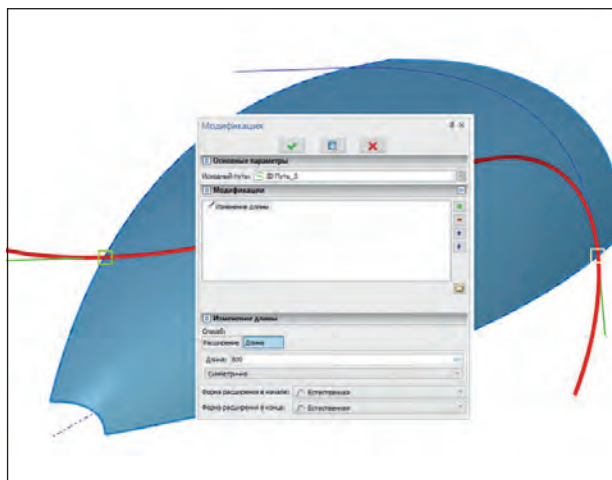


Рис. 27. Модифицированный 3D-путь

Доступны два типа модификации: *Сглаживание* и *Изменение длины*. Сглаживание позволяет скруглить все острые кромки на пути, а *Изменение длины* дает возможность задать закон удлинения пути из его крайних точек либо изменить общую длину пути до заданного значения. Изменить длину можно симметрично с двух сторон либо указать неизменяемую сторону. Для каждого пути можно назначить только одну модификацию *Сглаживание* и одну модификацию *Изменение длины*.

При повторном вызове команды модифицирования для пути в диалоге уже будут заданы параметры предыдущей модификации

по сглаживанию и/или изменению длины. Параметры модификации можно изменить, а также можно удалить один из двух вариантов модификации или оба варианта модификации сразу (рис. 27).

Если коротко, то это основные инструменты 3D-моделирования, разработанные в 17-й версии. Сделано еще множество доработок в различных операциях и командах. В отдельном материале мы расскажем о новых инструментах измерения, анализа кривизны поверхностей и 3D-кривых и многом другом, что делает T-FLEX CAD 17 настоящим мощным САПР нового уровня. ➤