T-FLEX CAD 18 и приложения

Новые возможности

© АО «Топ Системы», 2025

Авторские права

© АО «Топ Системы», 1992 – 2025

Все авторские права защищены. Запрещено воспроизведение в любой форме любой части настоящего документа без разрешения от АО «Топ Системы».

АО «Топ Системы» не несёт ответственности за ошибки, которые могут быть в этом документе. Также не предполагается никаких обязательств за повреждения, обусловленные использованием содержащейся здесь информации. Содержание настоящего документа может быть изменено без предварительного уведомления.

Торговые марки T-FLEX CAD, T-FLEX CAD 2D+, T-FLEX DOCs, T-FLEX Viewer, T-FLEX VR, T-FLEX Анализ, T-FLEX Динамика, T-FLEX Детали Машин, T-FLEX Печатные Платы, T-FLEX Раскрой, T-FLEX Расширенный импорт, T-FLEX CAM, T-FLEX Электротехника являются собственностью АО «Топ Системы».

Все другие товарные марки являются собственностью соответствующих фирм.

Содержание

Содержание ... 3
Интерфейс и удобство работы с системой ... 9
Иконки ... 9
Вызов команд в прозрачном режиме ... 10
Окно «Диагностика» ... 11
Поиск команд ... 12
Онлайн справка ... 13
Производительность ... 14
Представления ... 14
Фоновые процессы ... 16
3D визуализация ... 17
Сцена ... 17
Управление параметрами 3D окна ... 20
3D сечение ... 23
Управление стилем 3D кривых ... 24
Управление стилем 3D узлов ... 25
Растровые изображения в 3D ... 26
Генерация фотореалистичных изображений ... 27
Параметры фотореалистичного изображения ... 28
Доработки камеры для генерации фотореалистичных изображений ... 29
Очередь генерации фотореалистичных изображений ... 30
Управление элементами 3D модели и чертежа ... 31
Наборы параметров элементов ... 31
Группа элементов ... 33
Гиперссылка ... 34
Преобразования ... 35
Окно "Параметры" ... 35
Окно «Элементы модели» ... 36
Окно «3D Модель» ... 37
Изоляция элементов модели ... 40
Редактирование исходной операции грани ... 41
2D черчение ... 42
Элементы построения чертежа ... 42
Элементы изображения чертежа ... 45
Проекции и чертёжные виды ... 61
3D построения и Опорная геометрия ... 65
Рабочая плоскость ... 65
3D ЛСК ... 66
3D узел ... 66
3D кривая ... 67

3D профиль ... 85
Твердотельное моделирование ... 87
Габаритное тело ... 87
Габаритное тело с обрезкой ... 88
Подсечка ... 89
По сечениям ... 89
По сечениям с траекторией ... 90
По траектории ... 90
Резьба ... 90
Сглаживание рёбер ... 90
Примитив ... 92
Упрощение ... 93
Отсечение ... 94
Гибридное моделирование ... 95
Внешняя модель ... 95
Тело по сетке ... 95
Внешняя оболочка ... 96
Ометаемый объём ... 97
Поверхностное моделирование ... 98
Поверхность заданного сечения ... 98
Восстановление поверхности ... 100
Реверс нормали ... 101
Расширение поверхности ... 102
Серединная поверхность ... 103
Разделение на поверхности по граням ... 104
Заполнение области ... 104
Деформация поверхности ... 105
Сглаживающая и Аппроксимирующая поверхности ... 106
Мостик ... 107
Проектирование пресс-форм ... 108
Поверхность разъёма пресс-формы ... 108
Области пресс-формы ... 110
Анализ разнимаемости формы ... 110
Сборки ... 111
Отображение степеней свободы и сопряжений ... 111
Генератор структуры сборки ... 112
Аннотации и Элементы оформления ... 112
Размер ... 113
Надпись ... 128
База и Допуск ... 130
Поля выбора элементов привязки аннотаций ... 131
Управление стрелками аннотаций ... 132

Автоподбор направления полки ... 132
Автомасштабирование аннотаций ... 133
Шрифты ... 133
Размер шрифта аннотаций по умолчанию ... 133
Ассоциации 3D аннотаций ... 134
Привязка 3D аннотаций к линиям сечения ... 135
Привязка 3D аннотаций к 3D размерам ... 135
Ориентация 3D аннотаций ... 136
Внешние 3D аннотации ... 137
Технические требования ... 138
Таблица отверстий ... 139
Нумерация страниц чертежа ... 140
Листовой металл ... 141
Гибка по кривым базовым линиям ... 141
Непрерывный фланец ... 142
Наклон боковых сторон фланца ... 143
Угол ... 144
Чертежи деталей из листового металла ... 145
Сварка ... 146
Обозначение сварного шва ... 146
Металлоконструкции и Соединительные швы ... 147
Металлоконструкции ... 147
Соединительные швы ... 154
Обновление металлоконструкций и соединительных швов ... 161
Материалы ... 162
Составные материалы ... 162
Визуальные параметры материалов ... 163
Параметризация ... 164
Типоразмеры ... 164
Измерение и Анализ геометрии ... 165
Измерить ... 165
Экранные измерения ... 167
Шкалы ... 168
Анализ кривых ... 170
Анализ толщины ... 171
Анализ пересечений и зазоров ... 172
Контроль отклонений ... 173
Сценарии анимации ... 174
Управление камерой в составе сценария ... 174
Управление цветом элементов ... 175
Генерация видео на основе сценария ... 176
Создание 3D кривых по траекториям перемещения ... 177

Прочие изменения ... 178
Экспорт/импорт ... 179
T-FLEX Библиотеки ... 180
T-FLEX Анализ ... 181
Препроцессинг (подготовка расчётной модели) ... 182
Формирование задачи ... 182
Расчётная геометрия в составе задачи ... 182
Варианты добавления в состав задачи балочных объектов ... 183
Управление материалами ... 184
Команда «Материал» ... 184
Диагностика материалов ... 184
Модели гиперупругого поведения материала ... 186
Модели пластического поведения материала ... 187
Составной материал - новый тип материала для расчёта слоистых композитов ... 188
Команда «Ориентация материала» ... 191
Управление сеткой ... 192
Модернизация диалога «Сетка» ... 192
1D сетка на основе балочных элементов ... 192
Поддержка гибридных сеток на основе 1D/2D/3D элементов ... 193
Новые сценарии построения и обновления сетки ... 194
Анализ сетки ... 195
Анализ качества сетки ... 195
Выбор областей сетки ... 196
Информация о сетке ... 197
Граничные условия и нагрузки ... 199
Обновленные диалоги команд ... 199
Новый способ задания неравномерных нагрузок ... 200
Команда «Пружина» ... 200
Контакты ... 201
«Поиск контактов» и новая маркировка контактирующих пар ... 201
Специальный контакт «Соединение балок» ... 203
Сервисы препроцессинга ... 204
Сервисы для работы с оболочками и композитами ... 204
Создание «серединных поверхностей» ... 204
Настройки отображения оболочек ... 204
Сервисы для работы с балочными объектами ... 206
Включение объектов модуля «Металлоконструкции» в состав задачи без необходимости их модификации ... 206
Режимы отображения балочных объектов в сцене ... 206
Встраивание 3D узлов в балку для приложения ГУ и нагрузок ... 207
Характеристики сечения балки. Триангуляция сечения балки ... 208
Другие сервисы препроцессора ... 209

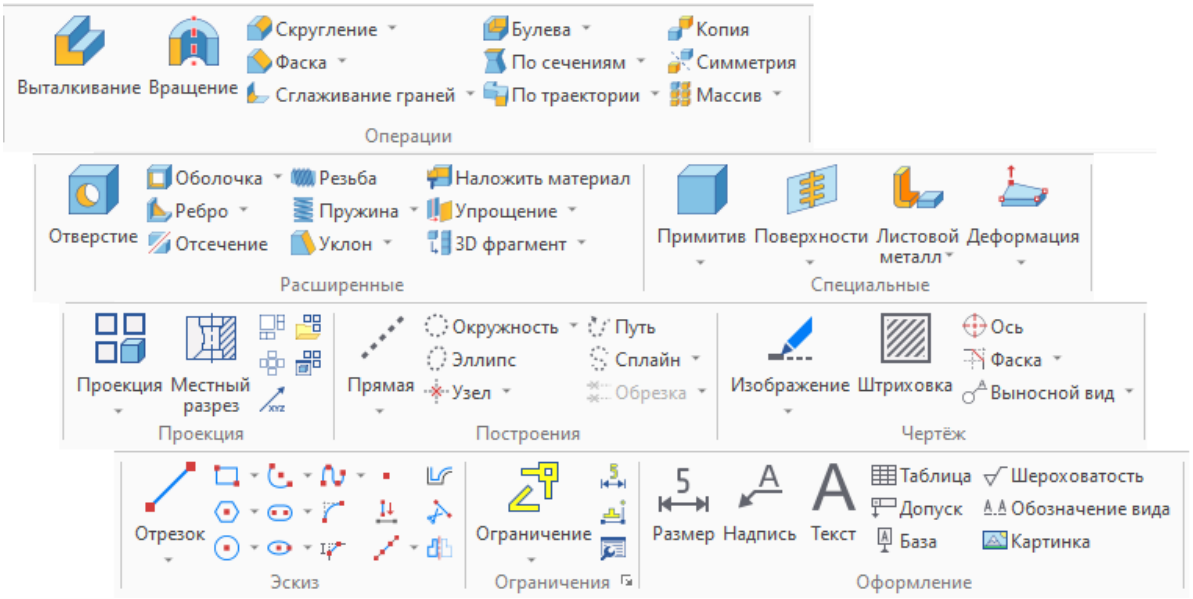
Команда «Расчётная геометрия» для элементов, входящих в состав задачи ... 209
Выбор объектов, лежащих в одной плоскости ... 210
Управление задачами. Алгоритмы решателя ... 211
Перечень основных доработок решателей: ... 211
Запуск решателя в фоновом режиме ... 211
Постпроцессинг (анализ результатов расчёта) ... 212
Единая сцена для геометрической и расчётной модели ... 212
Универсальный инструмент «Шкала» ... 213
Новое окно «Параметры результатов» ... 216
Работа с результатами решения задачи ... 217
Объединение результатов ... 218
Сравнение результатов ... 220
Новые типы результатов ... 220
Новые режимы отображения эпюр результатов ... 222
Специальные режимы отображения эпюр результатов ... 222
Локальный результат ... 224
Анимация процессов ... 225
Команда «Тело по сетке» ... 225
Развитие команды «Измеритель» ... 226
Отчёты в формате PDF ... 226
Отображение результатов расчёта из внешних ПО CAE ... 227
Внешнее хранение и отображение расчётных данных системы T-FLEX Анализ ... 227
Интеграция с внешними CAE системами ... 229
Развитие API для интеграции с другими расчётными программами ... 229
Реализованные интеграции с ПО внешних разработчиков ... 230
T-FLEX Динамика ... 236
Команды ... 237
Ометаемый объем ... 237
Интерфейс ... 238
Лента ... 238
Диалоги ... 239
Графики ... 239
T-FLEX Детали машин ... 241
Вал ... 244
Колесо ... 246
Шлицевое соединение ... 248
Шпоночное соединение ... 250
Зубчатые передачи ... 252
Оформление чертежей ... 253
Настройка приложения ... 254
Учебное пособие ... 254

T-FLEX Раскрой 255
Настройки раскроя 256
Детали и заготовки 257
Результаты раскроя 258

Интерфейс и удобство работы с системой

Иконки

Иконки команд системы переведены в векторный формат для улучшения визуализации интерфейса в том числе на мониторах с высоким разрешением (2K, 4K, 8K др.).



Для рёбер и граней 3D модели во всех элементах пользовательского интерфейса (дереве модели, окне **Информация**, всплывающих подсказках при выборе элементов) теперь используются иконки, отражающие тип геометрии элемента:

- прямолинейное ребро;

- круглое ребро;

- эллиптическое ребро;

- сплайновое ребро;

- ребро в виде полилинии;

- плоская грань;

- цилиндрическая грань;

- сферическая грань;

- тороидальная грань;

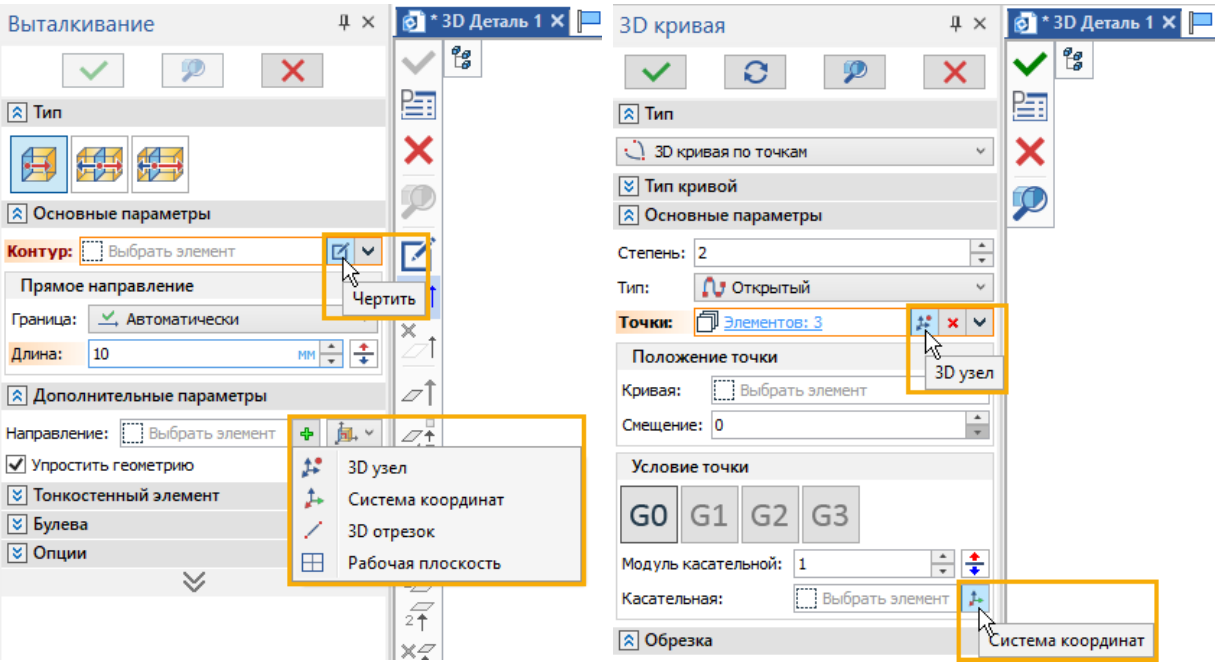
- коническая грань;

- сплайновая грань;

- грань полигональной сетки.

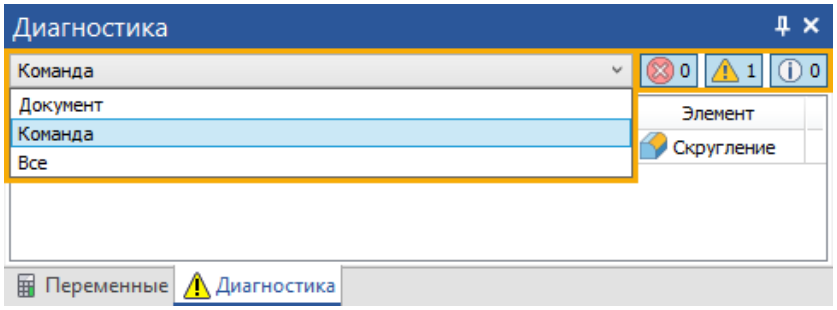
Вызов команд в прозрачном режиме

Реализован единый базовый механизм вызова команд создания опорных элементов (3D узлов, локальных систем координат, ряда других) в прозрачном режиме из других команд. Вызов вложенной команды выполняется при помощи кнопки, размещённой в правой части поля выбора опорного элемента в окне параметров. После завершения вложенной команды система возвращается к команде, из которой был произведён вызов, а созданный элемент автоматически выбирается в соответствующем поле, что повышает удобство выполнения операций, и сокращая время работы пользователя.

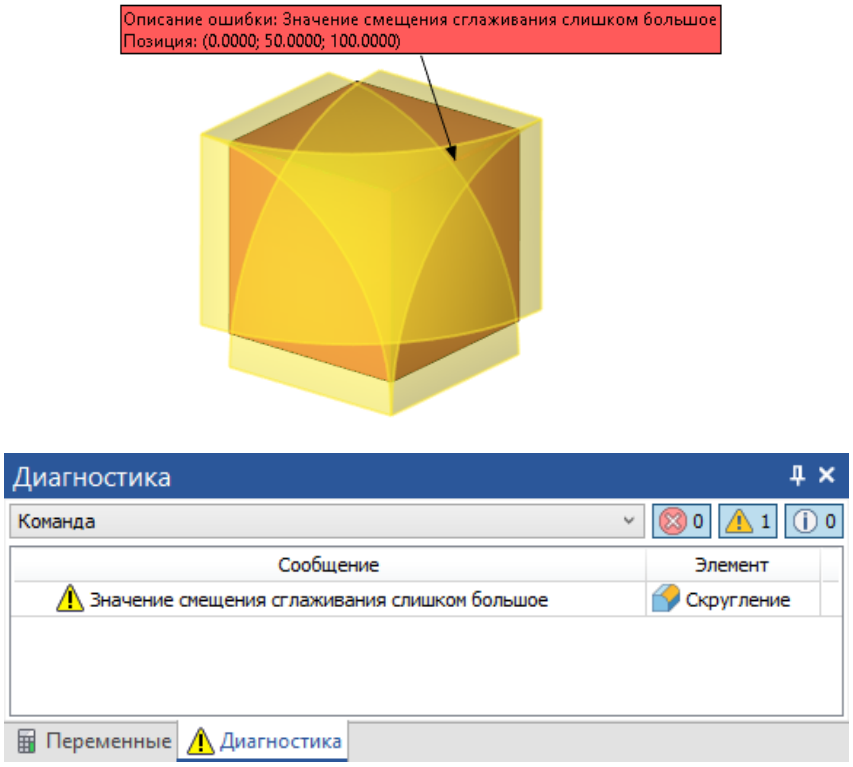


Окно «Диагностика»

Окно **Диагностика** теперь используется не только для вывода информации об ошибках/предупреждениям всей модели, но также и для вывода диагностической информации при выполнении текущей команды. В левой верхней части окна добавлен выпадающий список ,в котором можно выбрать режим работы окна: **Документ** - вывод сообщений от элементов, уже имеющихся в документе; **Команда** - вывод сообщений только активной команды, **Все** - вывод всех сообщений. В правой верхней части окна добавлены кнопки фильтрации сообщений в соответствии с их типом (**Ошибка**, **Предупреждение**, **Сообщение**). Кроме возможности фильтрации, на кнопках выводится число сообщений соответствующего типа.



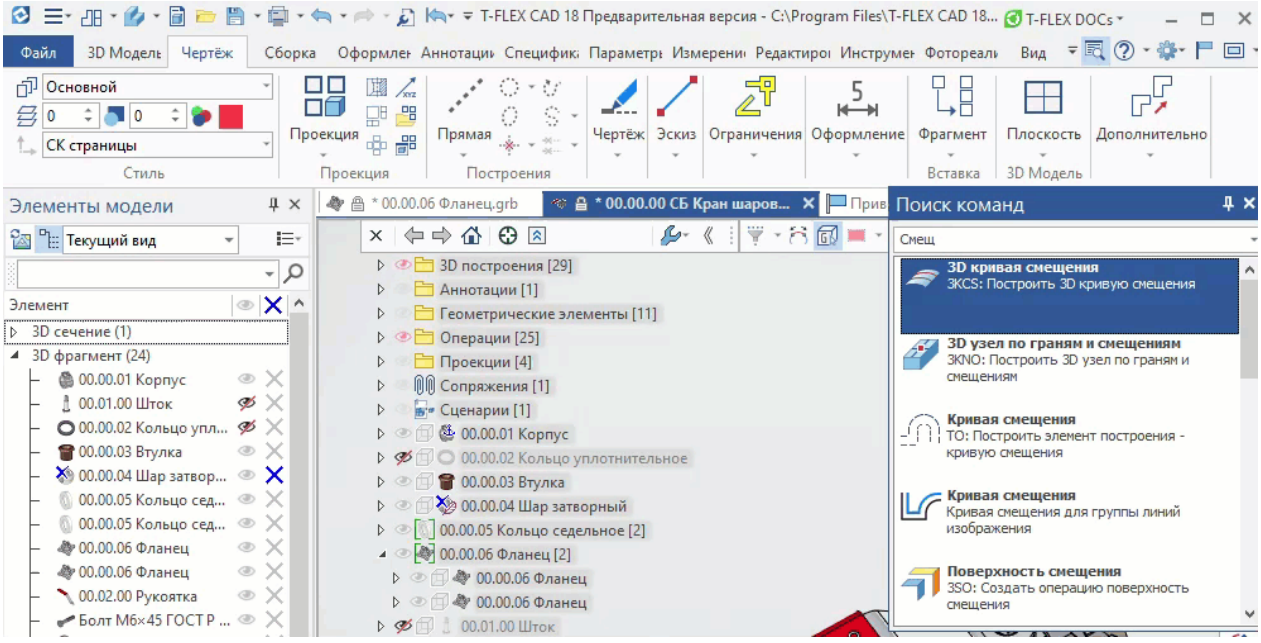
В ряде команд 3D моделирования обеспечивается вывод диагностических сообщений в процессе их выполнения. Вывод диагностических сообщений сопровождается соответствующими декорациями (метками) в рабочем окне.



Поиск команд

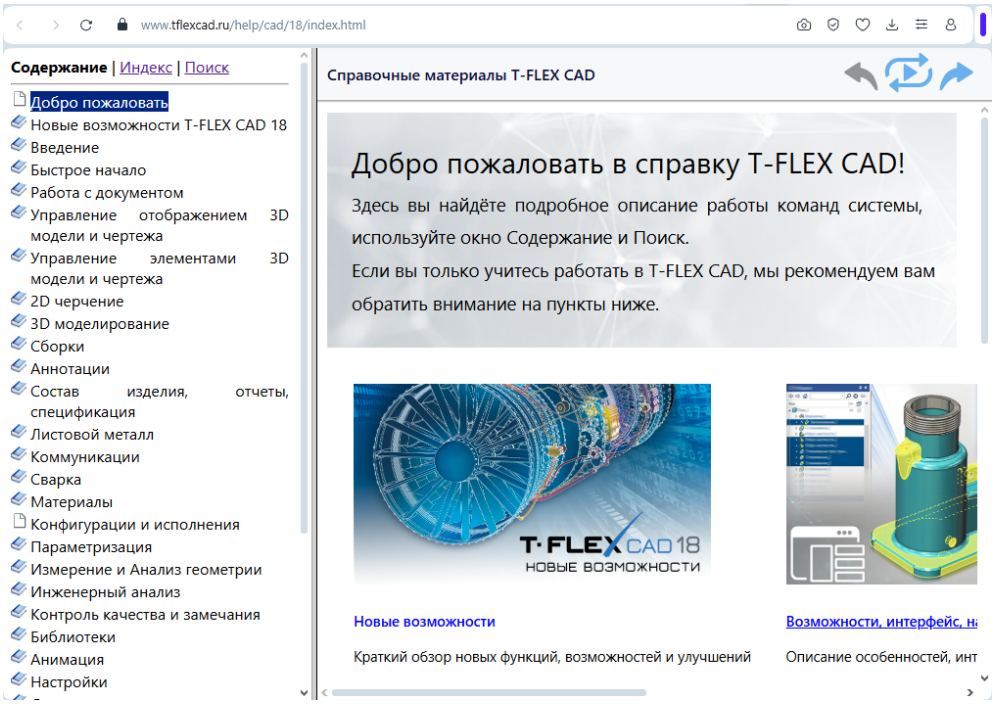
В окне **Поиск команд** стала доступной команда контекстного меню **Показать расположение команды**, которая находит указанную команду в ленте, на панели быстрого доступа, в текстовом меню или на главной панели и наводит на неё курсор. При наведении курсора кнопка или пункт меню, используемые для вызова команды, подсвечиваются.

При использовании ленточного интерфейса команда сначала ищется в ленте. Учитываются как активная так и неактивные вкладки. Если команда найдена в неактивной вкладке, эта вкладка станет активной. Отключенные вкладки не учитываются. При использовании текстового интерфейса команда сначала ищется в текущем наборе главной панели. Если команду не удалось найти в ленте или главной панели, команда ищется на панели быстрого доступа, затем в текстовом меню.



Онлайн справка

Вызов справки по умолчанию переведён в онлайн формат.



Для случаев, когда необходима работа без доступа в Интернет, доступна отдельная инсталляция справки.

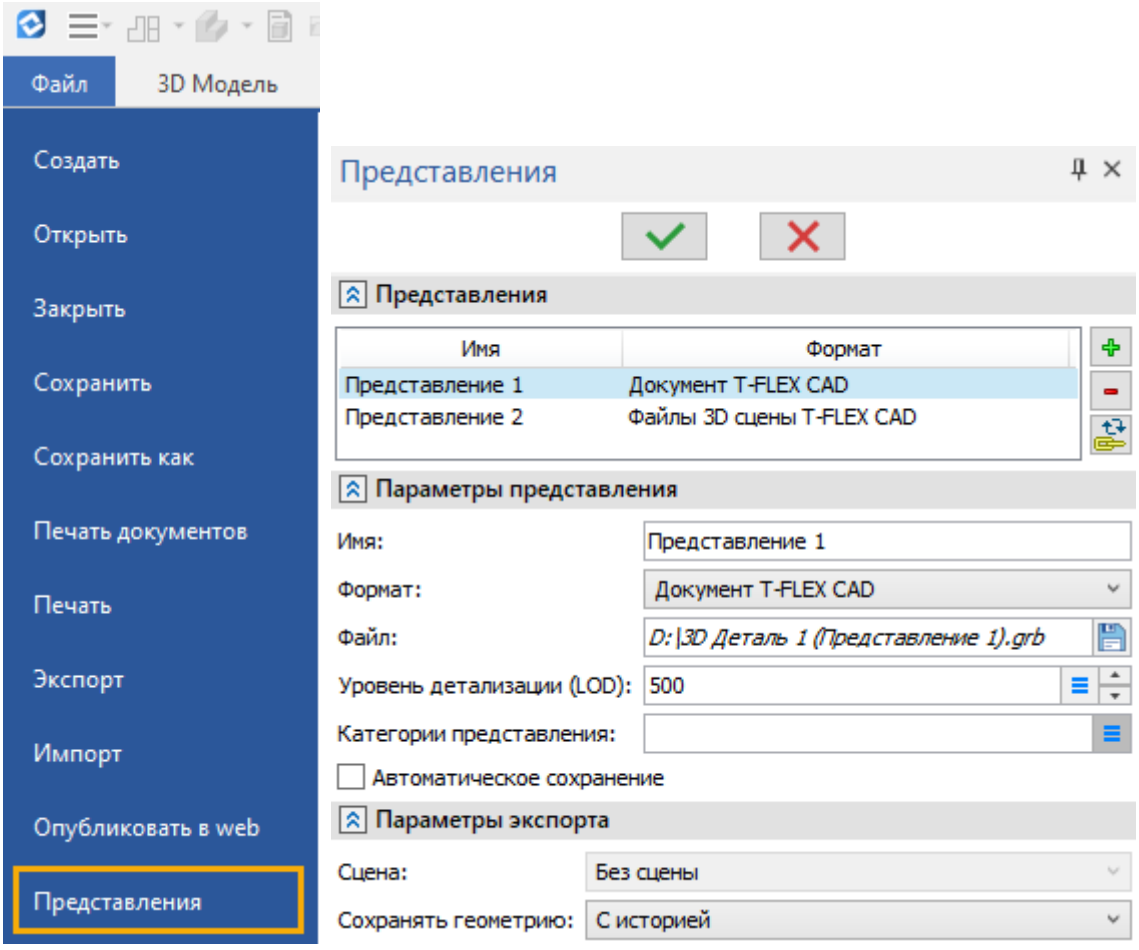
Производительность

Значительно повышена производительность при работе со сложными моделями, в том числе при выполнении ресурсоёмких операций (создание проекций, генерация фотореалистичных видов, построение комплексной геометрии на основе большого количества исходных элементов).

Добавлена опция **Установки** > **3D** > **Параметры графики** > **Общие** > **Показать очерковые линии.** По умолчанию опция включена и линии очерка всегда просчитываются системой, независимо от того, включено ли их отображение. При отключенной опции расчёт не производится, что позволяет повысить производительность; отображение линий очерка при этом становится недоступным.

Представления

Добавлена команда **Представления:**



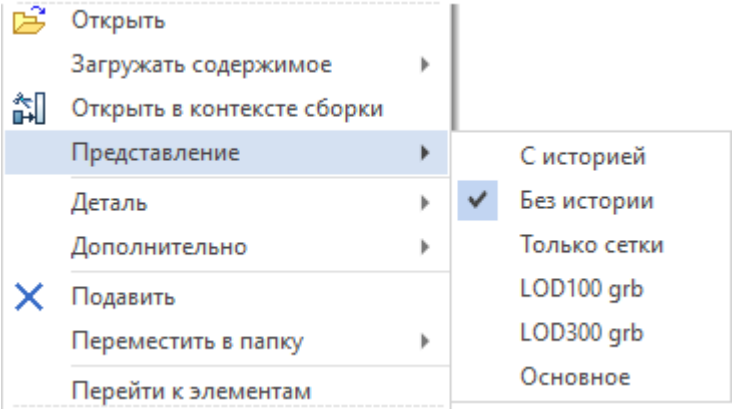
Команда позволяет создавать и редактировать альтернативные представления документа. Представления - это внешние файлы, в которых полностью или частично сохраняется точная или упрощенная геометрия 3D модели. Файлы представлений связаны с исходным документом и могут обновляться автоматически или вручную при обновлении исходного документа. Представления сохраняются в формате обычного документа T-FLEX CAD (*.grb), файла сцены T-FLEX CAD (*.tf3d) или в

сторонних форматах. Представления позволяют повысить производительность при работе с большими сборками путём отображения упрощенной геометрии фрагмента вместо полной геометрии и автоматизировать экспорт в другие форматы.

Состав элементов, сохраняемых в представлениях может наследоваться из пользовательской сцены. Таким образом, состав представления может отличаться от состава исходной модели.

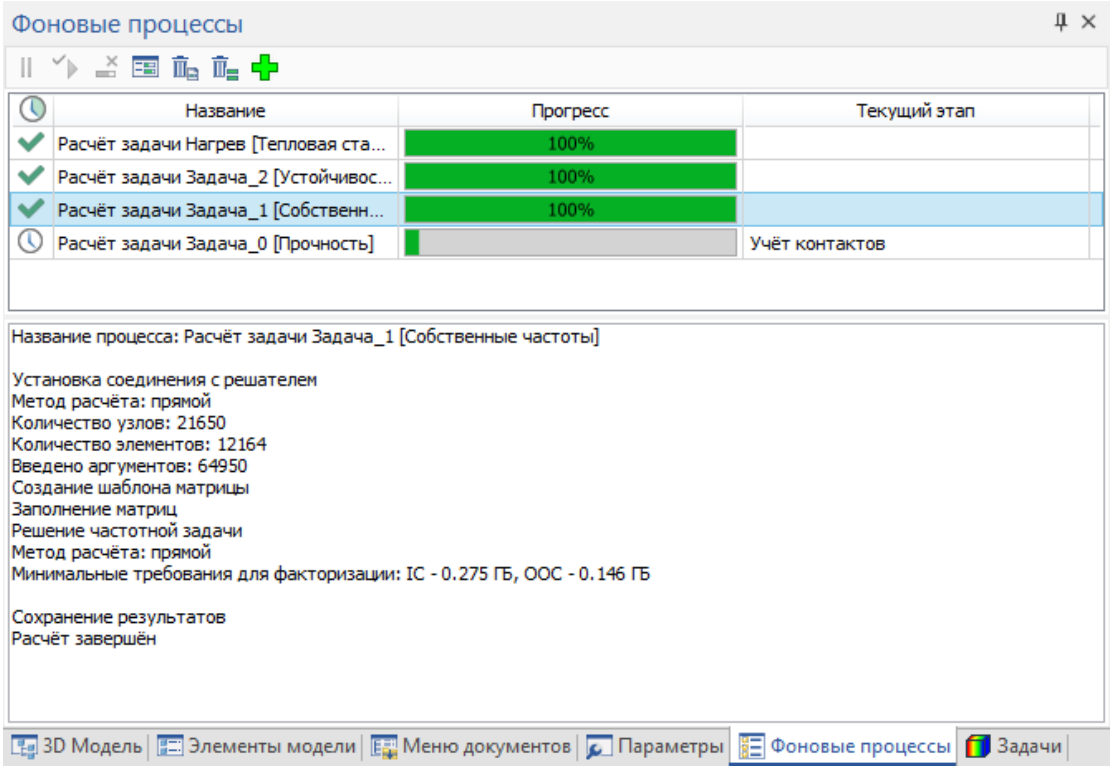
При сохранении представления документа в формат T-FLEX CAD (GRB) пользователь может установить параметры сохранения истории построения тел: тела могут сохраняться либо со всей историей, либо без истории (т.е. только конечные тела), либо в виде сеточных элементов (3D изображений) без геометрии. Параметры сцены (точность сетки) позволяет также сохранять представление с грубой сеткой, что позволяет сократить затраты ресурсов при использовании таких представлений в составе сборочных моделей.

Если для фрагмента созданы представления в формате *.grb, то между ними можно переключаться в сборке с помощью контекстного меню фрагмента. Пункт меню **Представление** содержит список всех доступных представлений подходящего формата. При выборе представления в списке модель фрагмента заменяется в сборке на это представление. Текущее представление отмечено в списке флагом. Для возврата к исходной модели фрагмента используется пункт **Основное**.

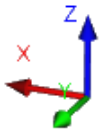


Фоновые процессы

Реализовано новое окно **Фоновые процессы**, обеспечивающее мониторинг процессов, выполняемых в фоновом режиме (например расчёт задач в приложениях T-FLEX Анализ и T-FLEX Динамика, расчёт траекторий обработки и съёма материала в приложении T-FLEX CAM) управление ими. Основная часть окна содержит список процессов, выполненных ранее в текущем сеансе и выполняемых в данный момент. Для каждого процесса отображается статус (**Выполняется**, **Выполнена**, **Приостановлена**, **Отменена**) и прогресс выполнения. Для процессов, выполняемых в данный момент, также отображается текущий этап. В нижней части окна отображается протокол процесса, выбранного в списке. В верхней части окна отображается панель инструментов, позволяющая приостановить или отменить текущий процесс, если это возможно, продолжить выполнение ранее приостановленного процесса, открыть протокол в отдельном окне, удалить информацию о выбранном процессе или обо всех завершённых процессах.



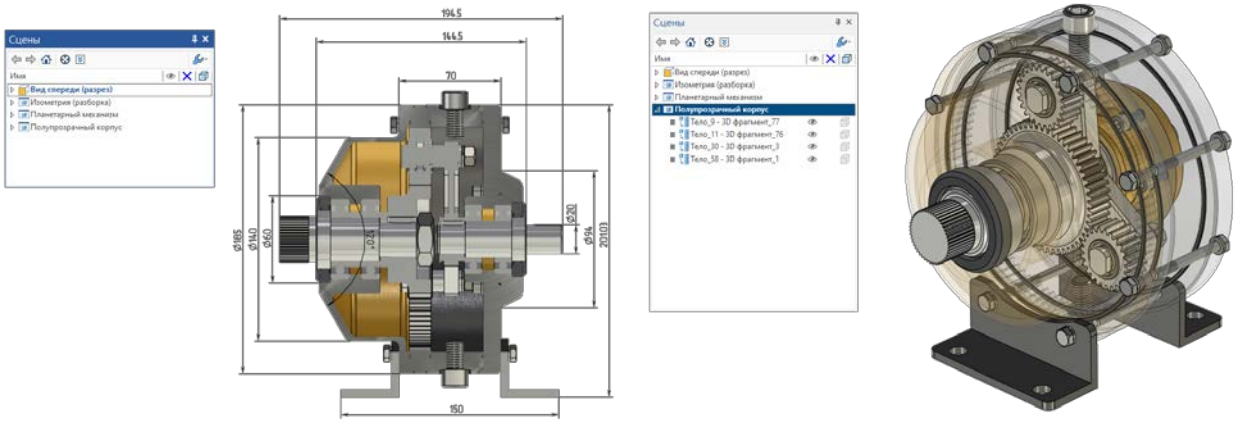
Дополнительно, статус выполняемого фонового процесса выводится в правую часть статусной строки главного окна. Здесь же отображаются кнопки управления процессом и кнопка перехода в окно **Фоновые процессы.**

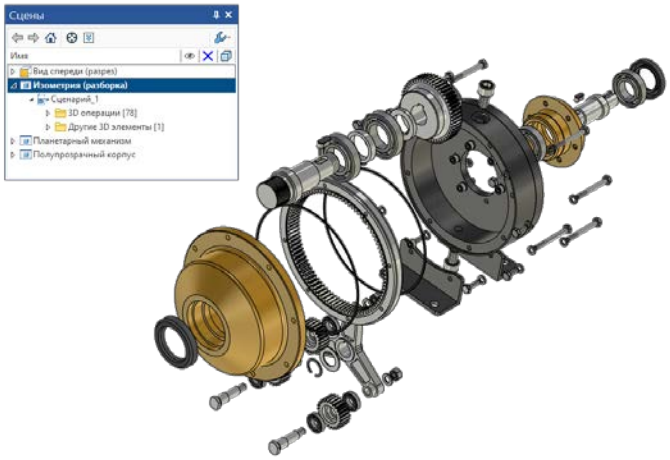


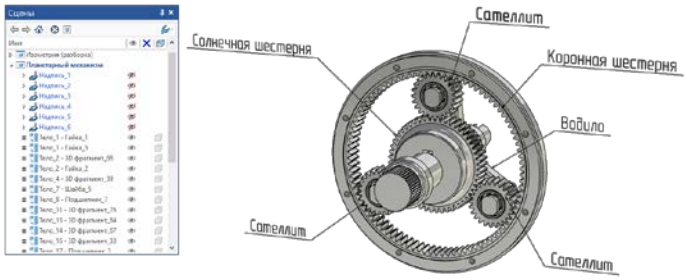
3D визуализация

Сцена

Реализован новый тип элемента модели: Сцена - объект, который содержит информацию о номенклатуре отображаемых элементов 3D модели и параметрах их отображения. Использование сцен позволяет быстро загружать нужный вариант визуализации 3D модели. Одновременно может быть открыто несколько 3D окон с разными сценами. При сохранении документа сохраняются все имеющиеся сцены и текущий набор окон. При последующем открытии документа открывается тот же набор окон с теми же применёнными сценами. Ниже показаны примеры разных сцен одного и того же документа.





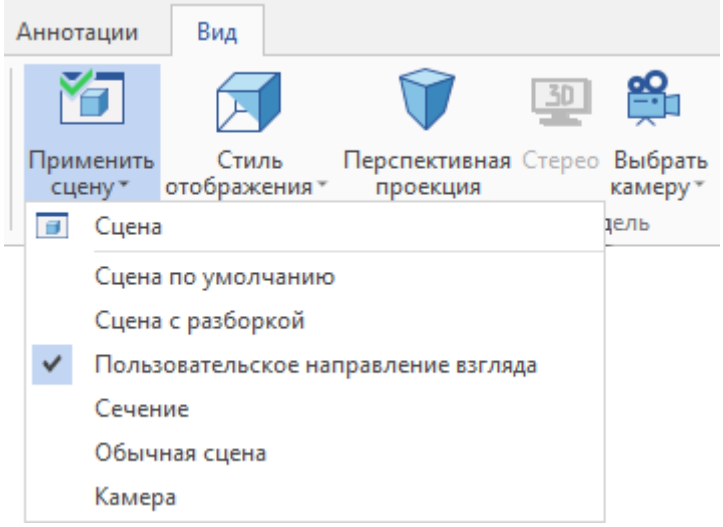


Изначально после создания 3D документа в нём есть только **Сцена по умолчанию**. В сцене по умолчанию все элементы модели отображаются или не отображаются в соответствии с их собственными параметрами и общими параметрами 3D окна.

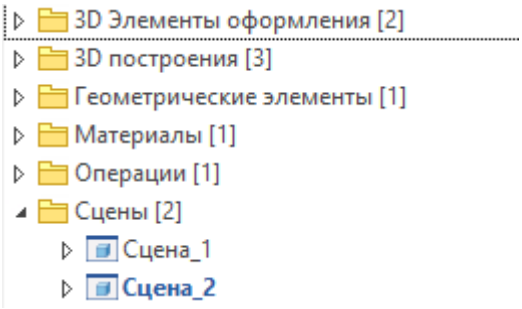
Для создания пользовательских сцен используется команда **Сцена**. Для каждой из пользовательских сцен можно назначить свои параметры: стиль отображения элементов модели, цвет фона, масштаб изображения элементов, положение и направление взгляда активной камеры, источники света, качество изображения и т.д. С помощью команды **Проекция сцены** может быть создана проекция сцены на чертеже. Также с помощью команды **Экспорт** можно экспортировать в нужный формат не всю 3D модель, а только элементы, входящие в выбранную сцену.

Для активации сцены, т.е. отображения содержимого 3D окна в соответствии с параметрами выбранной сцены, нужно воспользоваться командой **Применить сцену.** Пользовательскую сцену также можно применить, нажав на ней в дереве модели.

Команды для работы со сценами доступны в ленте на вкладке **Вид**:



Созданные пользователем сцены размещаются в папке **Сцены** дерева модели. Внутри ветки сцены в дереве модели показывается список элементов модели, добавленных в список отображаемых в сцене, а также сечения и сценарии анимации, используемые в сцене.



Следует понимать, что сцена - лишь один из вариантов отображения модели. При редактировании элементов модели в одной сцене - изменения будут применены и в самой модели, и в других сценах.

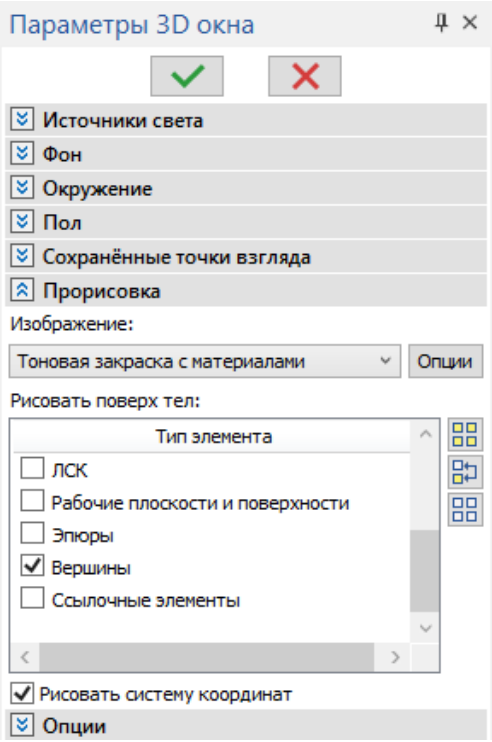
На панели **Вид** доступна команда **Добавлять элементы только в активную сцену**, активирующая режим, в котором новые элементы, добавляемые в модель, будут по умолчанию отображаться в активной в данный момент пользовательской сцене и погашены в сцене по умолчанию. Однако в дальнейшем можно свободно включать/выключать отображение этих элементов в любых сценах.

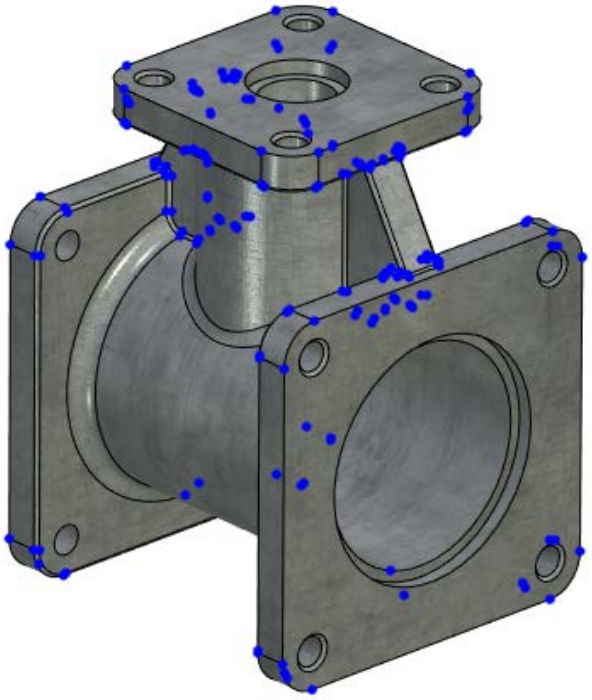
Управление параметрами 3D окна

Команда **Параметры 3D вида** переименована в **Параметры 3D окна.** Вместо модального диалога, имевшегося в предыдущих версиях системы, теперь все параметры, задаются в служебном окне параметров и применяются в активном окне в прозрачном режиме.

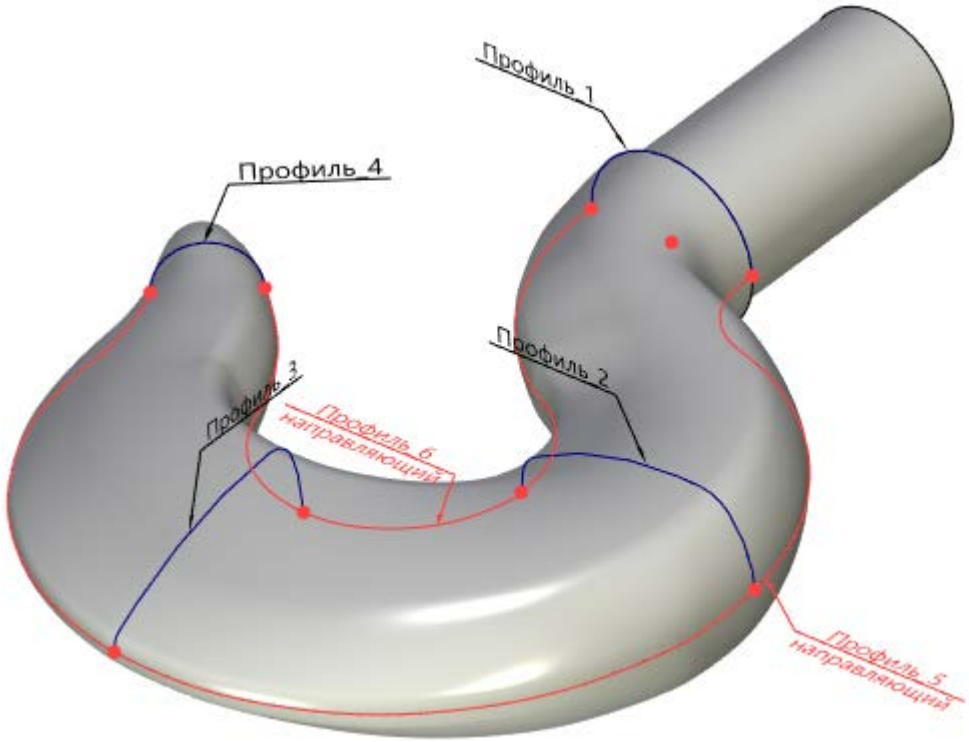
В число опций стиля отображения добавлена возможность прорисовки всех вершин модели (концов рёбер).

По умолчанию вершины, перекрываемые непрозрачными телами, не отображаются. В команде **Параметры 3D окна** можно включить отображение вершин поверх тел.

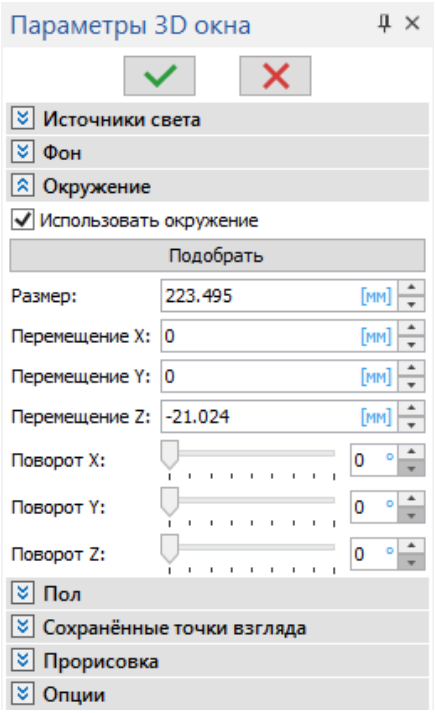


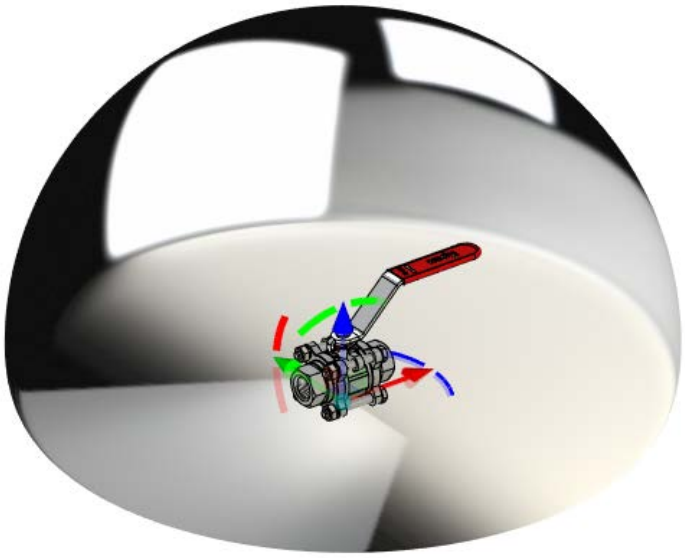


Аналогичным образом в команде **Параметры 3D окна** можно включить отображение элементов других типов поверх тел без использования механизма удаления невидимых линий.

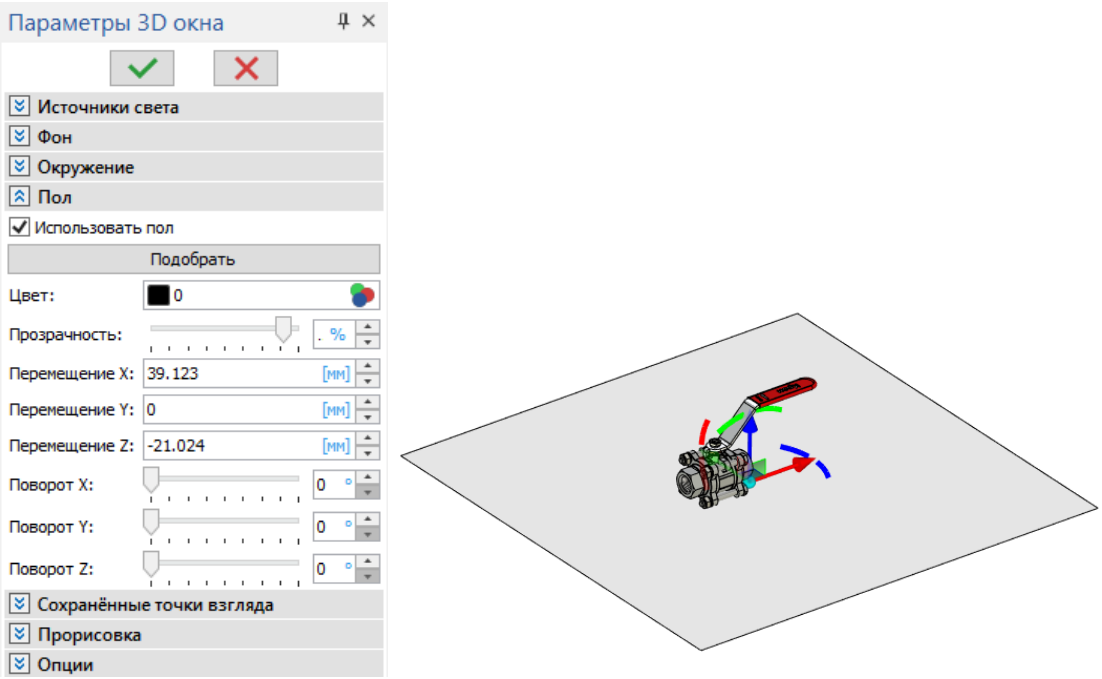


В команде **Параметры 3D окна**реализована возможность управления параметрами окружения.



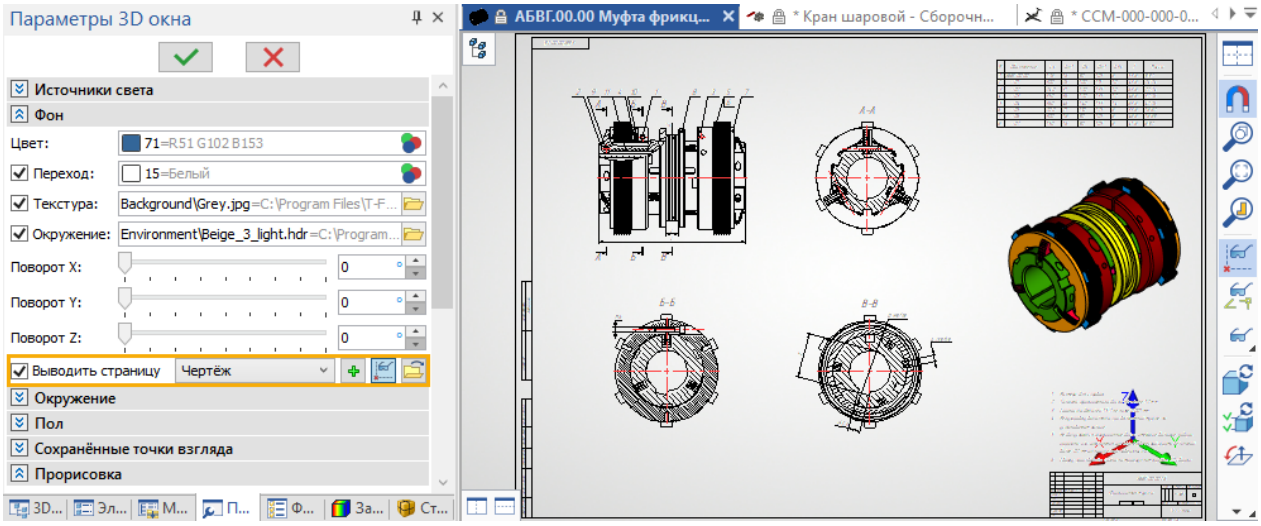


В команде **Параметры 3D окна** реализована возможность управления параметрами пола.



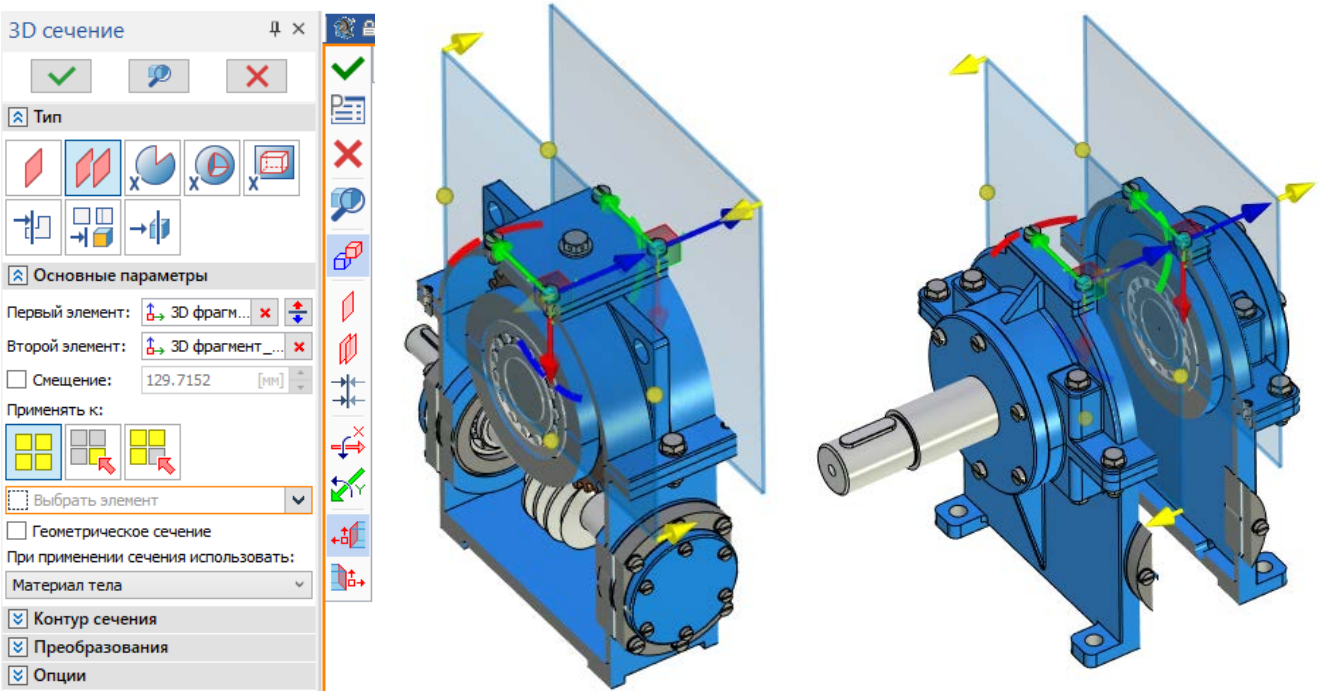
Элементы **Окружение** и **Пол** не являются частью модели, и принадлежат 3D окну. Т.е. в разных окнах или сценах могут быть установлены различные параметры этих элементов.

В команде **Параметры 3D окна** добавлена возможность задания 2D страницы, отображаемой в окне. В качестве страницы может отображаться как произвольная страница документа, так и страница нового типа **3D**, которую можно создать, нажав кнопку непосредственно в команде **Параметры 3D окна**. Изображение на такой странице можно отредактировать при помощи команды **Страницы**. 3D страница может содержать основную надпись, текстовые технические требования, значок неуказываемой шероховатости, а также любые другие 2D элементы.

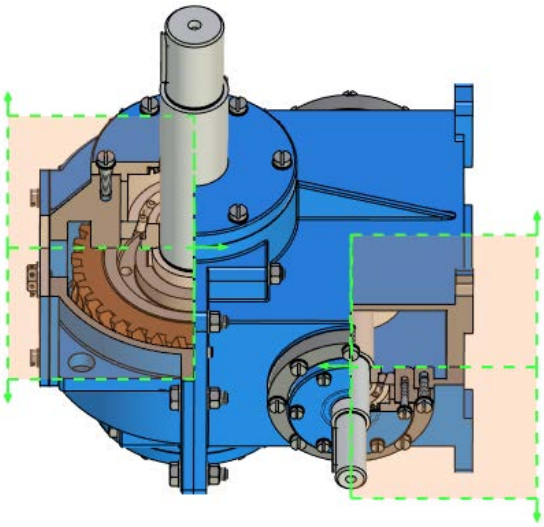


3D сечение

В команде **3D сечение** добавлен новый тип **3D сечение по двум плоскостям**. Положение плоскостей сечения настраивается при помощи манипуляторов преобразований. Сечение может оставлять изображение как между двумя плоскостями, так и снаружи от этих плоскостей, обеспечивая выполнение выреза в элементах, к которым применено сечение.



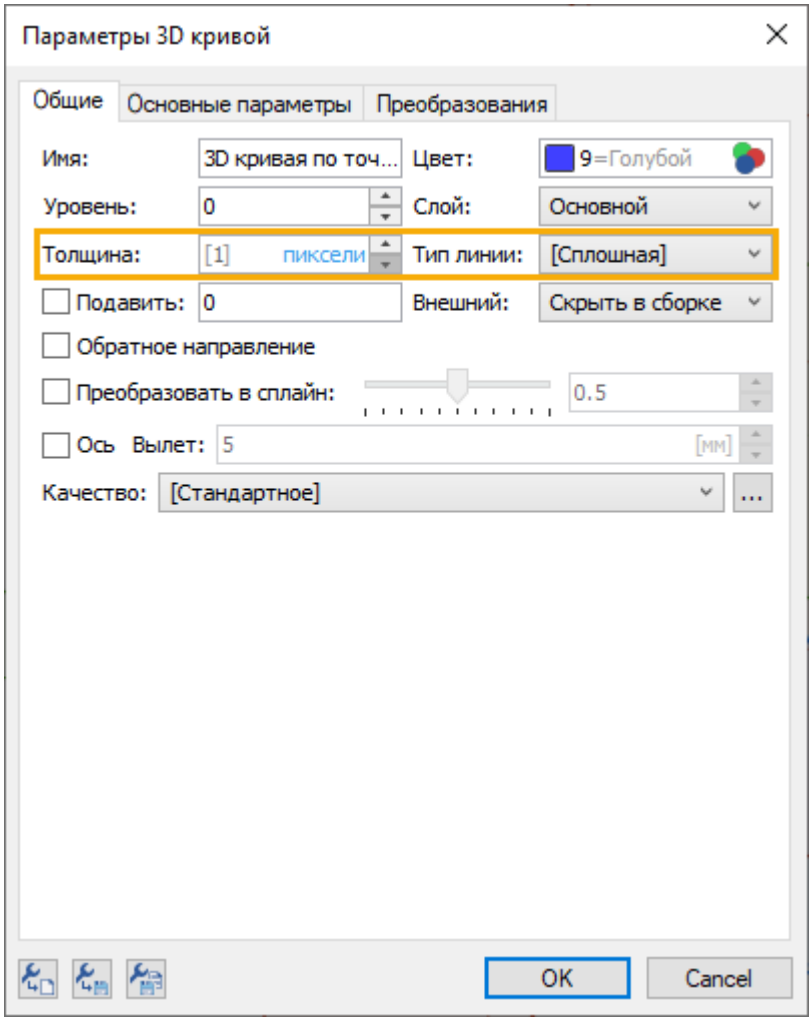
Добавлена возможность одновременного применения в 3D окне нескольких **геометрических** сечений.

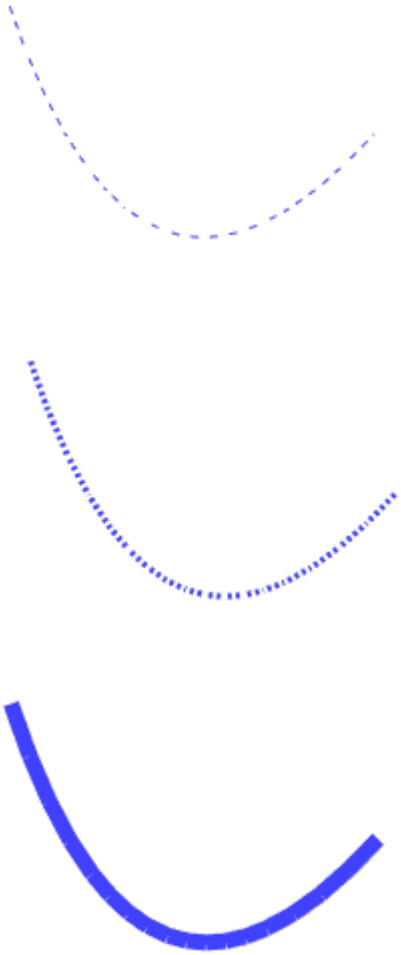


Добавлена возможность динамического просмотра результатов применения сечения в процессе создания и редактирования сечения.

Управление стилем 3D кривых

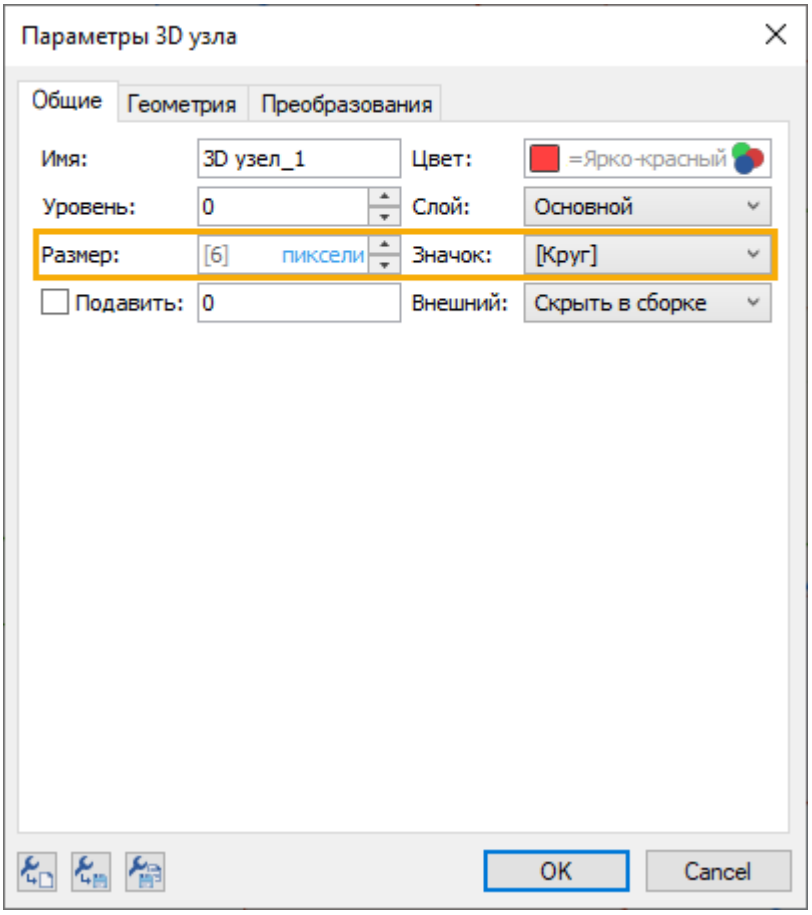
Для 3D кривых добавлены параметры **Тип линии** и **Толщина**. Значения по умолчанию задаются в параметрах документа.





Управление стилем 3D узлов

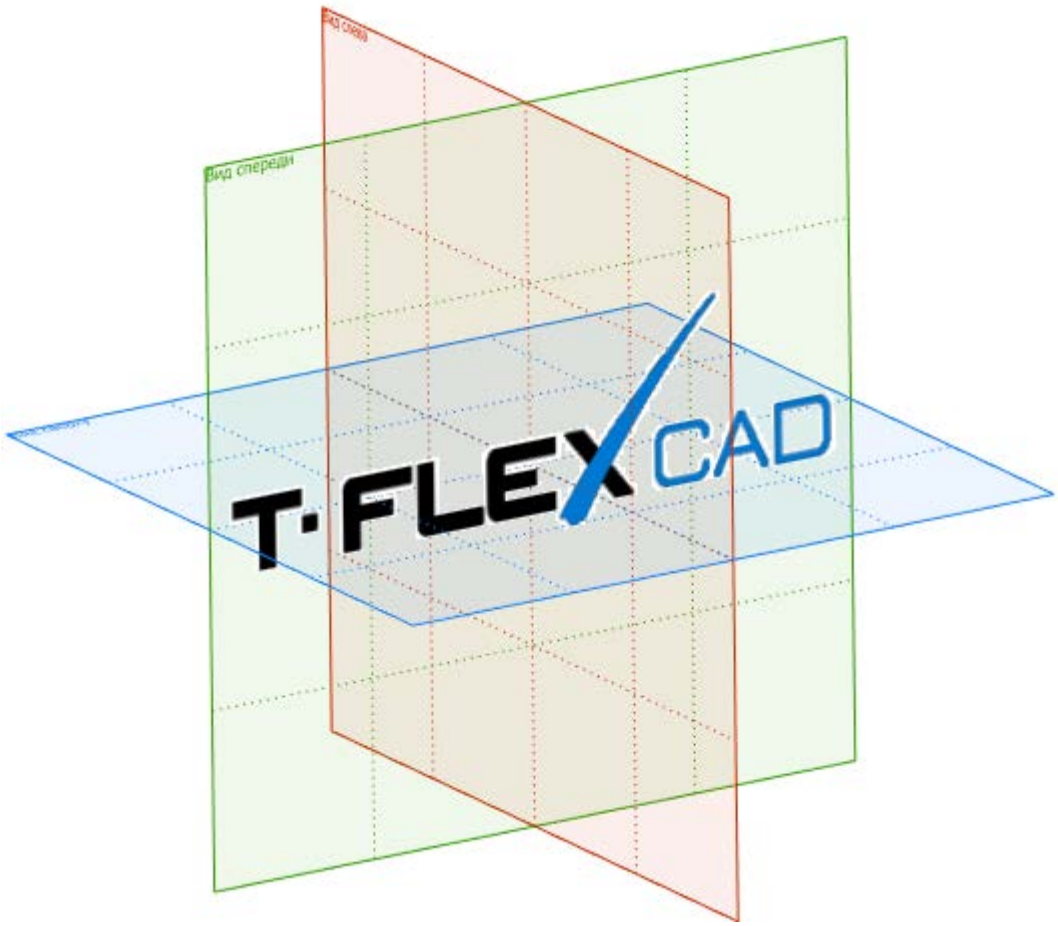
Для 3D узлов добавлены параметры **Значок** и **Размер**. Значения по умолчанию задаются в параметрах документа.



Растровые изображения в 3D

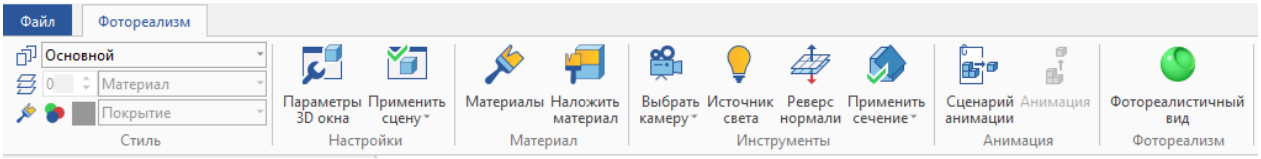
Растровые изображения (картинки), размещённые на страницах рабочих плоскостей теперь отображаются в 3D окне при включении опции **Показывать все 2D элементы в 3D окне** для рабочей плоскости. Данная возможность может использоваться в случае необходимости выполнения 3D моделирования на основе растровых изображений или фотографий 3D элементов или их сечений.

Растровые изображения рисуются в 3D окне с учётом установленного фона прозрачности.



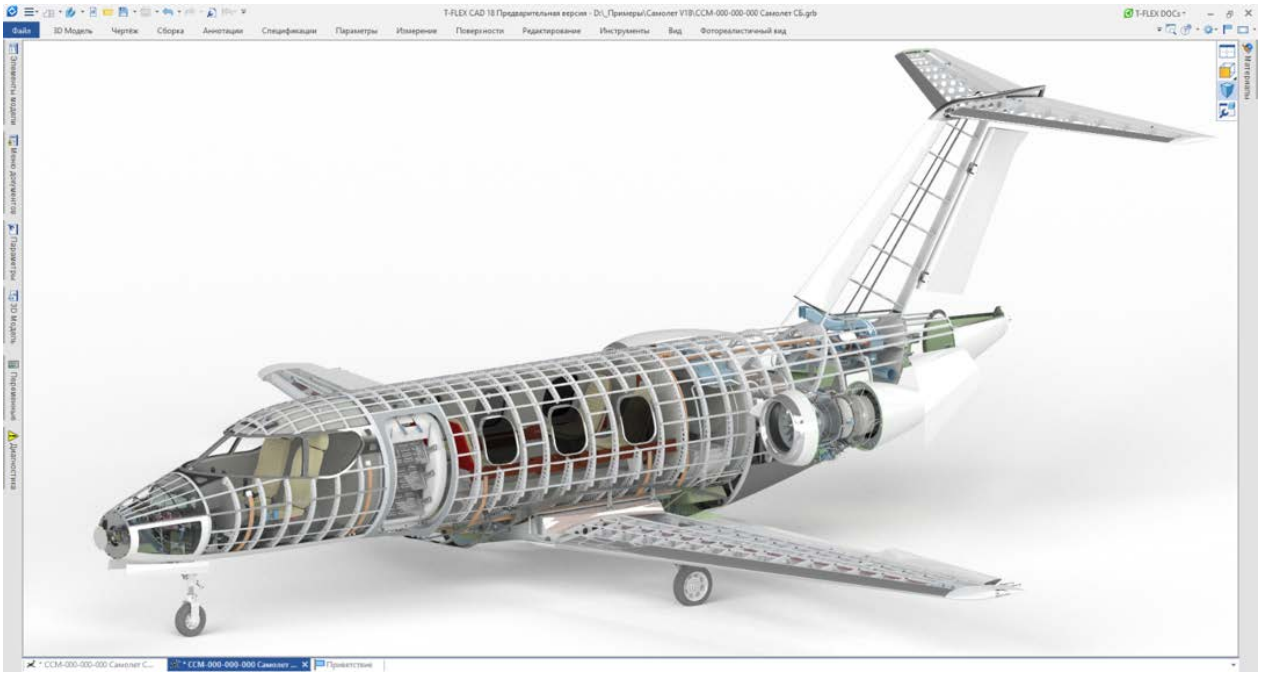
Генерация фотореалистичных изображений

Добавлена отдельная вкладка ленты - **Фотореализм,** содержащая команду создания фотореалистичного вида, а также различные команды, позволяющие задать необходимые параметры визуализации 3D модели перед созданием фотореалистичного вида.



Имевшиеся ранее три отдельные команды генерации фотореалистичных изображений на основе разных технологий (GPU NVIDIA, CPU, POV-Ray) заменены единой командой на основе технологии Cycles.

Улучшены алгоритмы, повышено качество и скорость генерации изображений. Добавлена поддержка видеокарт AMD.



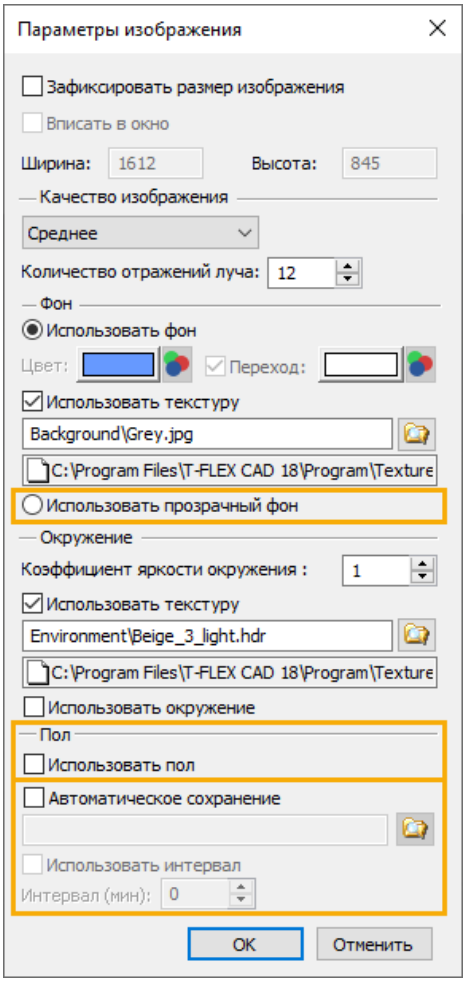
Параметры фотореалистичного изображения

При генерации теперь учитываются созданные в составе 3D модели источники света всех типов и их параметры.

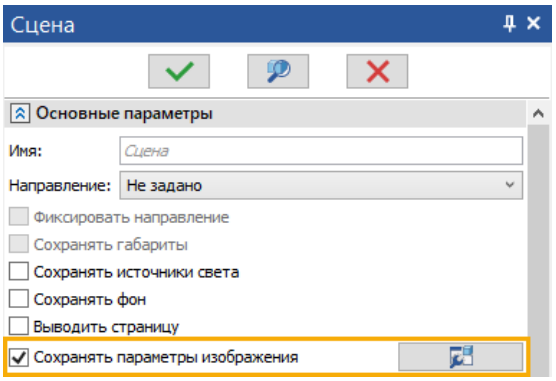
Стало доступным сохранение результирующего изображения с использованием прозрачного фона. Это позволяет в последующем «подкладывать» под изображения различный фон, в сторонних графических редакторах без необходимости повторной генерации.

Генерация фотореалистичного изображения теперь возможна с учётом виртуального «пола». При включении параметров пола, на нём создаются тени от элементов модели. Совместно с использованием прозрачного фона такие тени могут накладываться на любую «подложку» (окружение).

В параметрах фотореалистичного изображения теперь можно заранее включить автоматическое сохранение результирующего файла, указав путь и формат. При этом также доступна опция сохранения промежуточных результатов генерации через указанные интервалы времени с момента начала генерации.

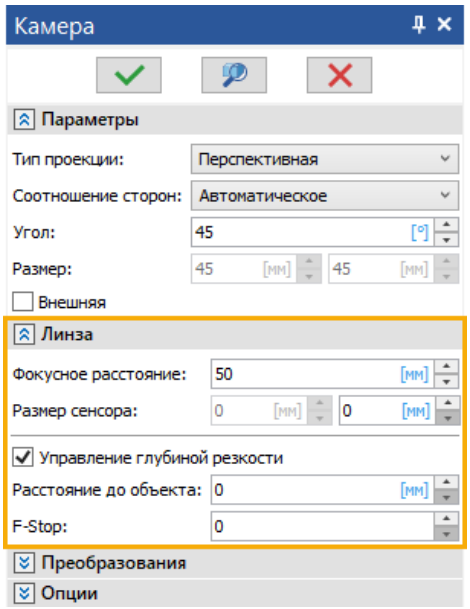


Добавлена возможность сохранять параметры фотореалистичного изображения в параметрах сцены. Для этого необходимо установить флаг **Сохранять параметры изображения**, затем вызвать диалог параметров фотореализма соседней кнопкой и указать желаемые параметры. Таким образом можно иметь в документе несколько сцен с разными параметрами фотореализма - генерация изображения для каждой сцены будет запускаться со своими параметрами.



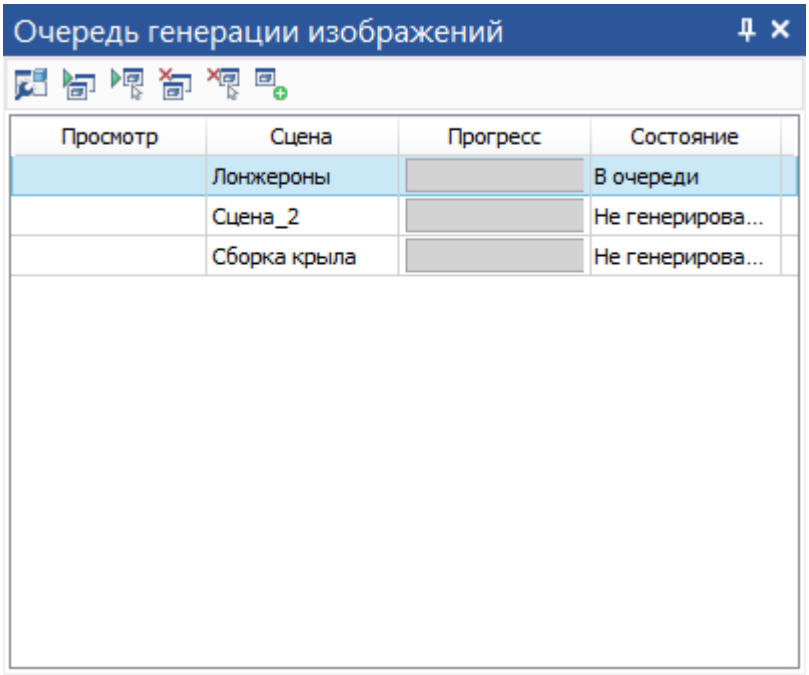
Доработки камеры для генерации фотореалистичных изображений

В состав параметров элемента модели **Камера** добавлен ряд параметров, которые учитываются при генерации фотореалистичных изображений: **Фокусное расстояние, Размер сенсора, Управление глубиной резкости**. При включении параметра **Управление глубиной резкости** пользователь может задать дополнительные параметры: **Расстояние до объекта** (расстояние от камеры до точки фокусировки), и **F-Stop** (параметр диафрагмы, определяющий глубину резкости изображения). Таким образом, при генерации фотореалистичного изображения с использованием камеры, можно получать более реалистичные изображения с нерезкими элементами на заднем или на переднем плане.



Очередь генерации фотореалистичных изображений

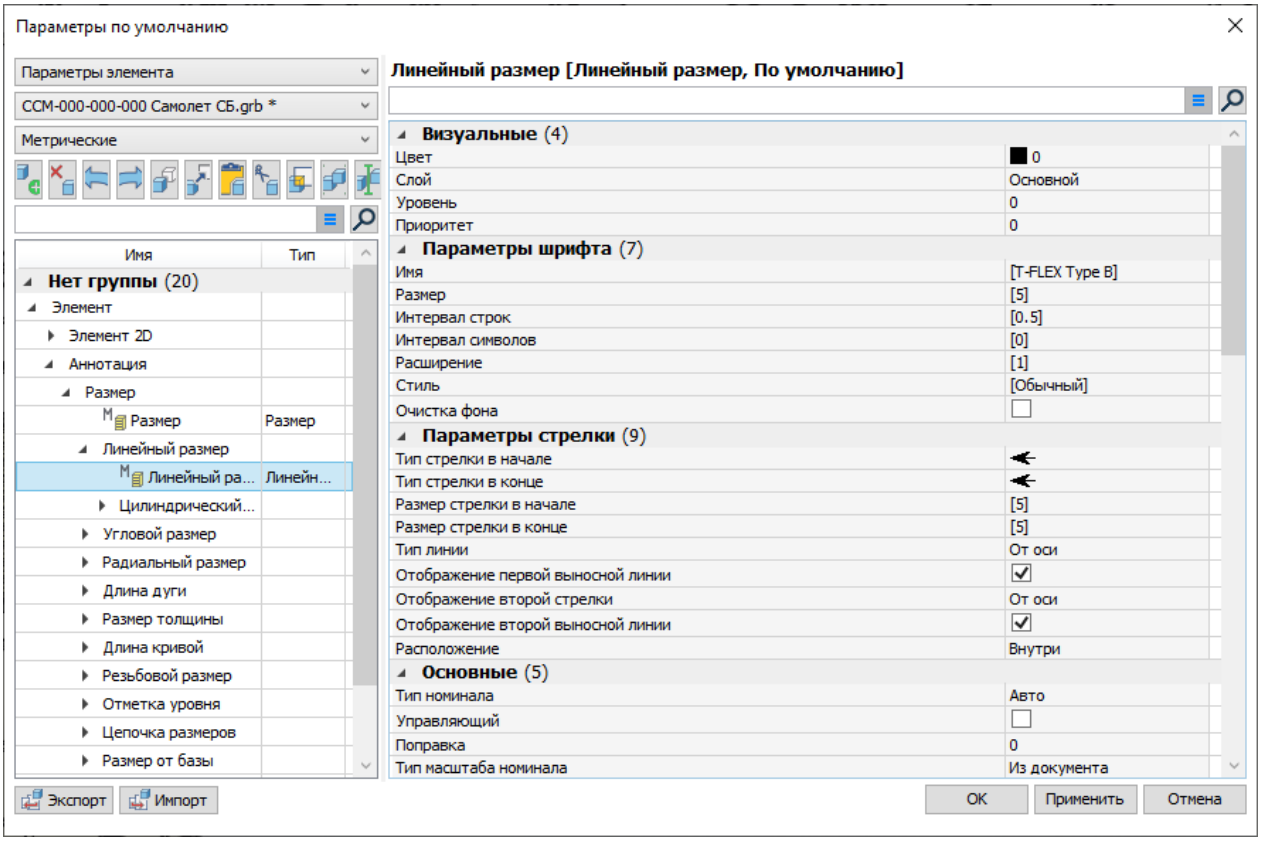
Добавлен новый инструмент **Очередь генерации изображений**. Он позволяет сформировать «проект», состоящий из набора документов с заданными сценами документа, для которого могут быть сгенерированы фотореалистичные изображения в «отложенном» режиме (при наличии времени и вычислительных ресурсов).



Управление элементами 3D модели и чертежа

Наборы параметров элементов

Диалог команды **Параметры по умолчанию** заменён на новый, предоставляющий расширенные возможности по управлению параметрами с использованием нового механизма применения параметров к элементам модели. Реализована возможность создания собственных стилей и настроек параметров по умолчанию. Реализована возможность сохранения параметров элементов в конфигурационный файл и последующей загрузки параметров для применения к существующим элементам модели, либо применения в качестве параметров по умолчанию (используемых при создании новых элементов). Настройки параметров по умолчанию теперь можно передавать из документа в документ, обеспечивая возможность централизованного управления настройками в рамках предприятия.

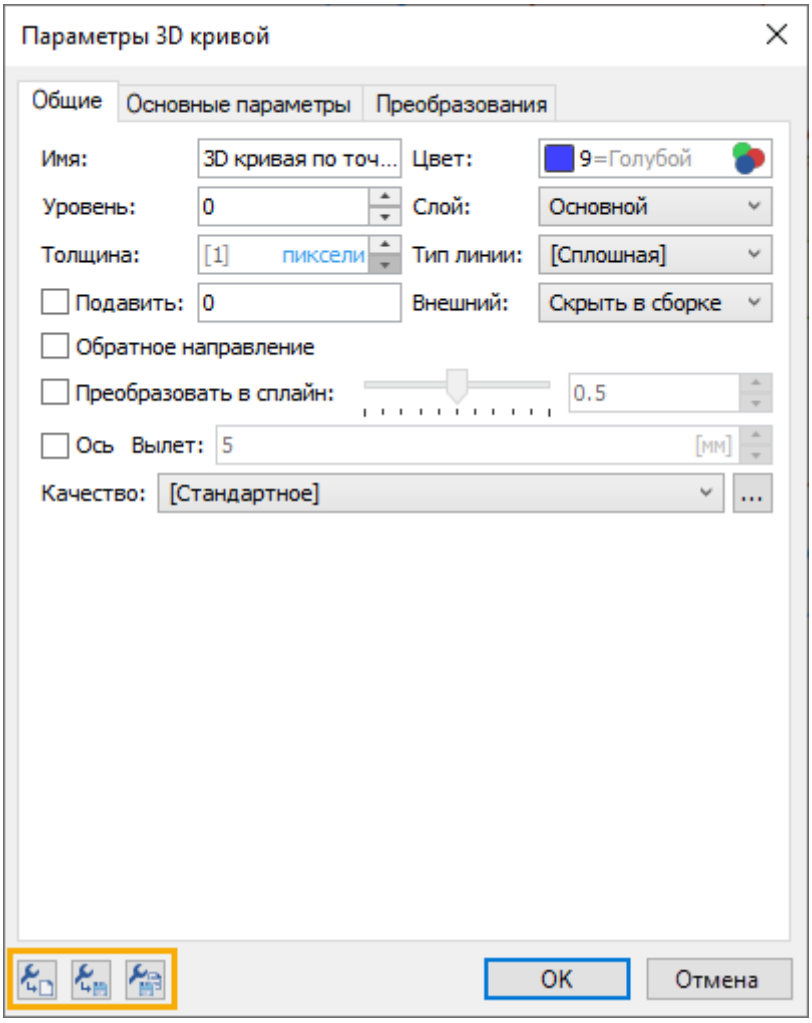


Во все диалоги параметров элементов добавлены кнопки:

Загрузить - применить ранее сохранённый набор параметров по умолчанию к текущему элементу;

Сохранить - сохранить набор параметров текущего элемента, чтобы этот набор можно было применять к другим элементам или экспортировать;

По умолчанию - использовать параметры редактируемого элемента в качестве параметров по умолчанию создаваемых в дальнейшем элементов данного типа в текущем документе.



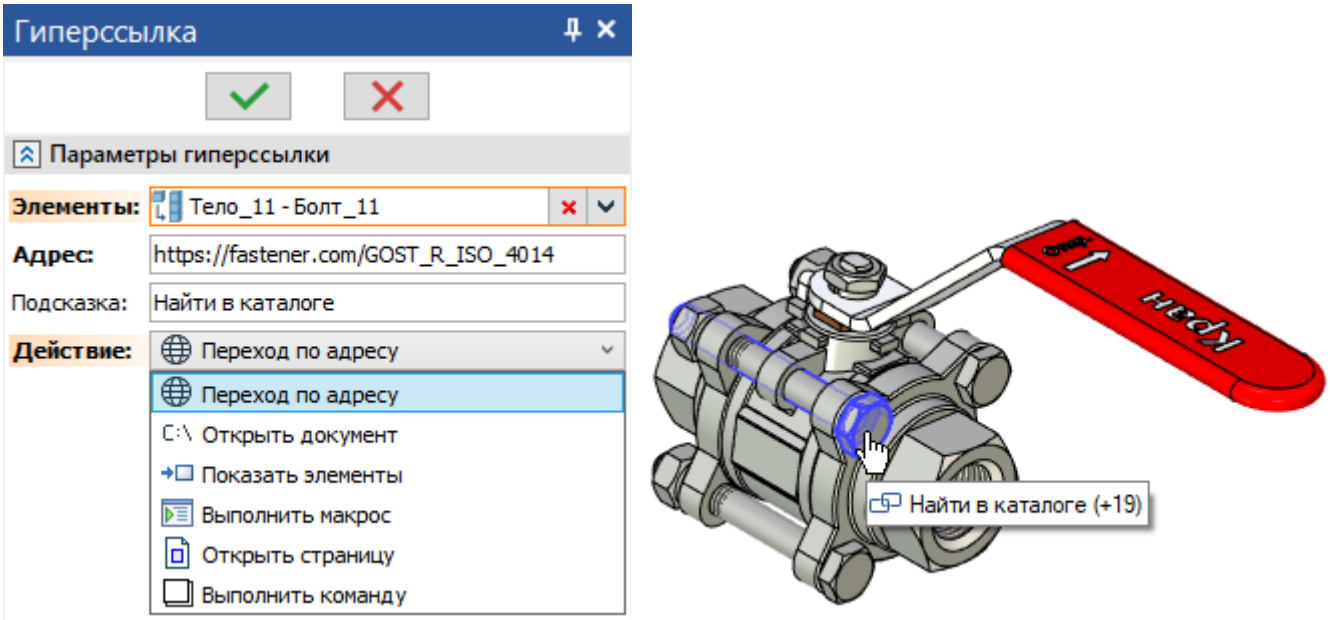
Группа элементов

Обновлённая команда **Группа**, обеспечивает расширенные возможности логической группировки любых элементов модели (как 2D, так и 3D).

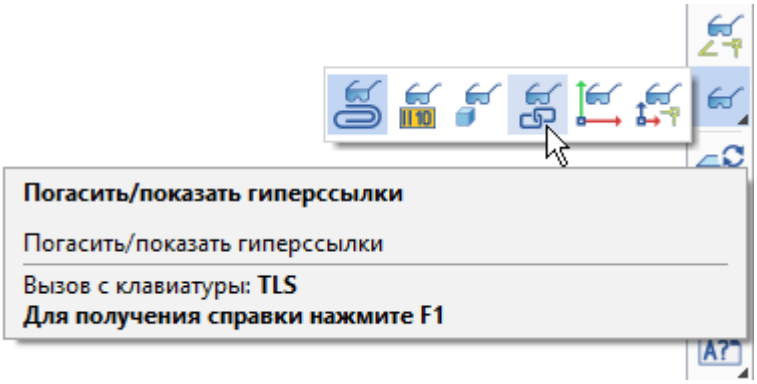
Доработан ряд операций с целью обеспечения возможности выбора групп элементов с сохранением ассоциативной связи. В первую очередь это операции, позволяющие работать с наборами элементов: **Проекция, Массив, Копия, Булева операция**.

Гиперссылка

Новая команда **Гиперссылка**, позволяет связать любой элемент модели или чертежа с внешним или внутренним адресом, по которому выполняется переход при клике на элемент. Событие перехода по гиперссылке транслируется всем приложениям, зарегистрированным в системе, и подписанным на него. Это позволяет сделать механизм гиперссылок универсальным, и расширять способы обработки переходов, регистрируя новые типы обработчиков. Стандартными способами обработки гиперссылок в системе являются: переход по адресу в сети, открытие документа, переход к элементу модели или чертежа, выполнение макроса, открытие страницы чертежа, запуск команды. Этот список со временем будет расширяться.

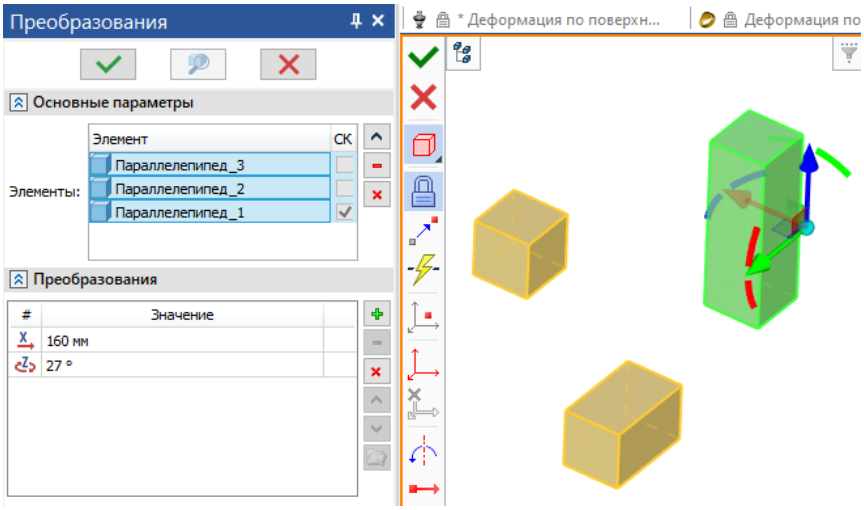


Отображением ссылок можно управлять с помощью новой команды панели Вид.



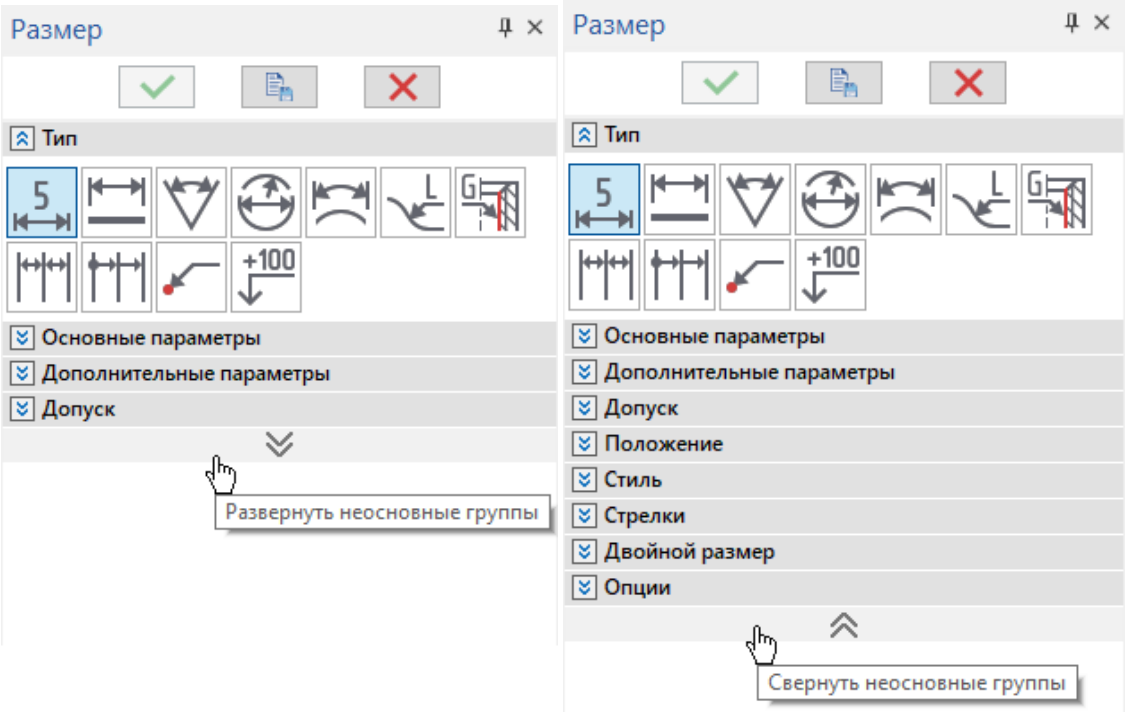
Преобразования

В команде **Преобразования** обновлён список преобразуемых элементов и список преобразований.



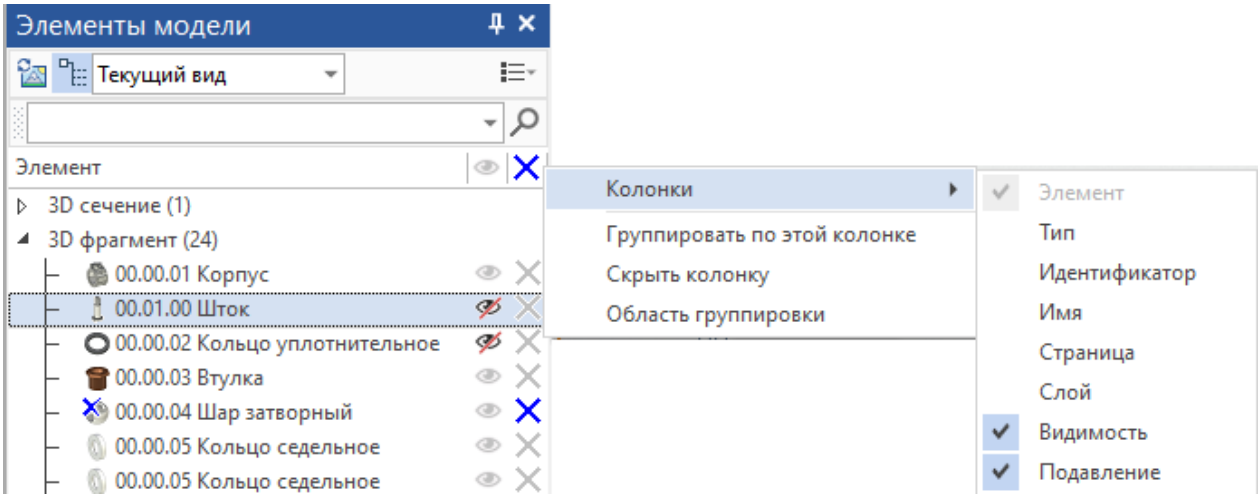
Окно "Параметры"

Для команд, имеющих очень большое количество параметров, теперь по умолчанию отображаются только наиболее часто используемые разделы окна параметров. Отображение остальных разделов управляется кнопкой **Развернуть/Свернуть неосновные группы**. Кроме того, для ряда команд некоторые очень редко используемые параметры теперь доступны только в модальном диалоге.



Окно «Элементы модели»

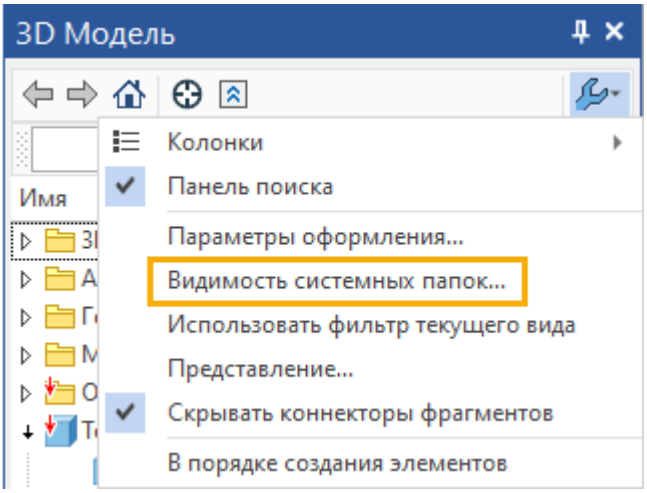
В окне **Элементы модели** появилась возможность использования колонок управления видимостью и подавлением элементов.



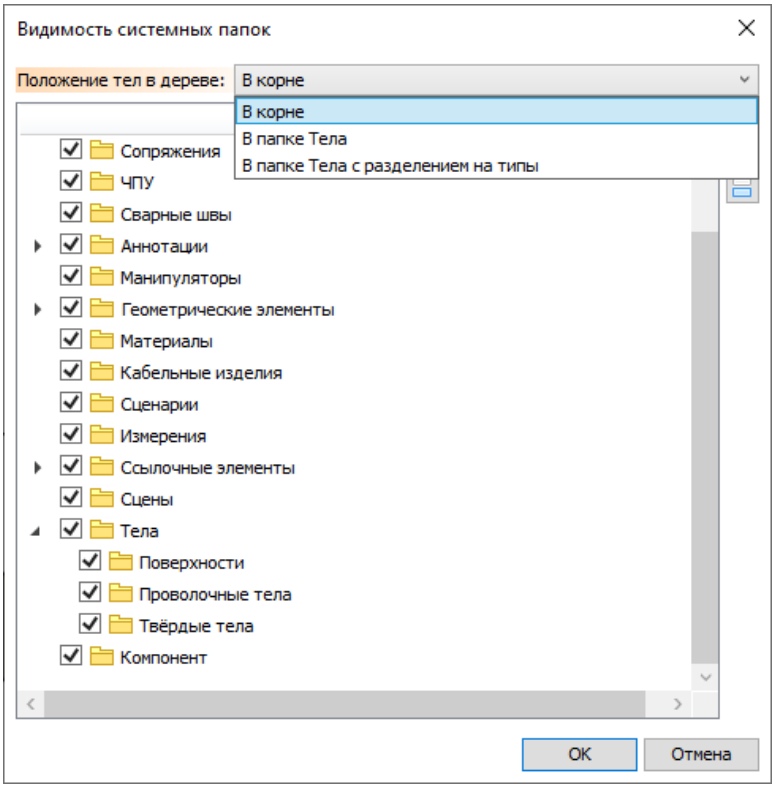
Окно «3D Модель»

Реализованы следующие улучшения **Дерева 3D модели**:

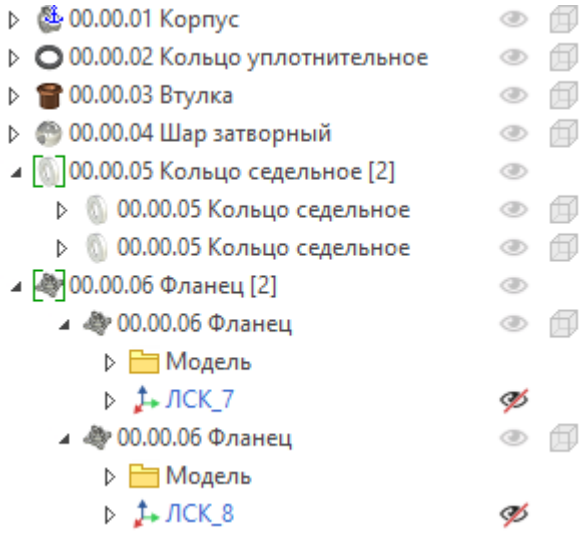
- Добавлена команда **Видимость системных папок**, позволяющая настроить видимость системных папок модели по умолчанию, например, при создании нового документа.



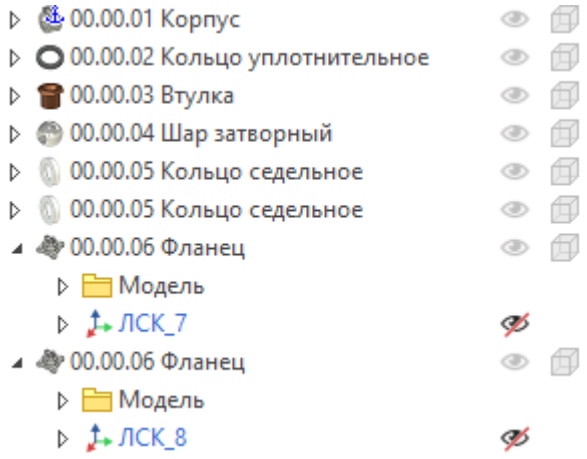
- Добавлена возможность размещения основных геометрических элементов (тел) в папке **Тела**. В зависимости от заданной опции, они также могут размещаться в подпапках в соответствии со своим типом (**Твёрдые тела**, **Поверхности**).



- Добавлена возможность группировки одинаковых фрагментов. Фрагменты, имеющие в дереве одинаковые наименования, объединяются в общий узел в дереве. В наименовании таких узлов в квадратных скобках отображается число входящих в него фрагментов. При выборе узла в дереве, выбираются все фрагменты группы. При раскрытии узла, каждый из фрагментов отображается по отдельности.



Группировка включена

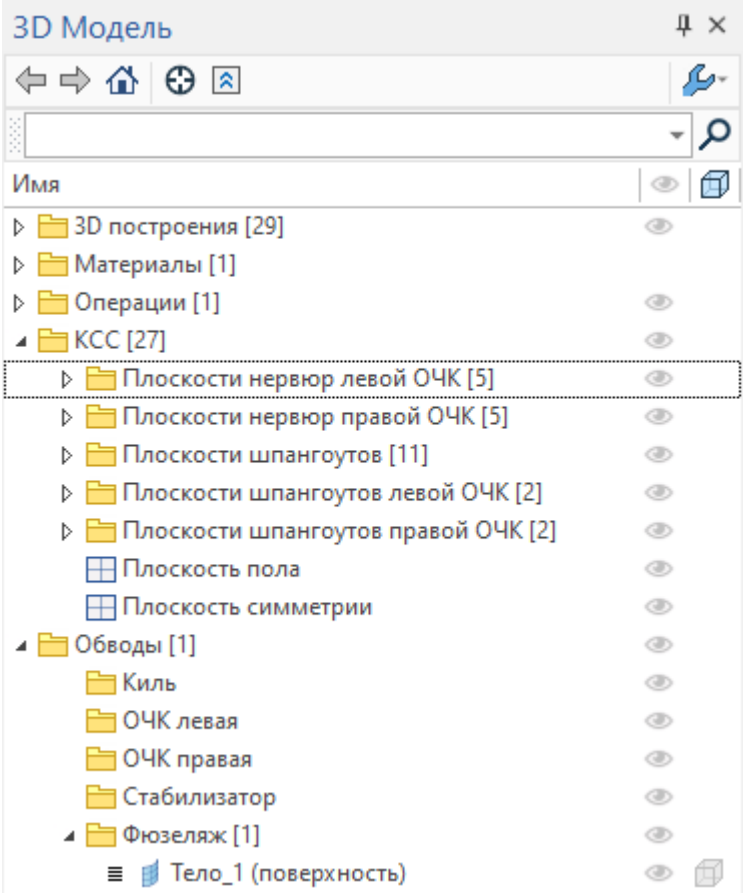


Группировка выключена

Данное поведение можно настроить в диалоге параметров оформления дерева.

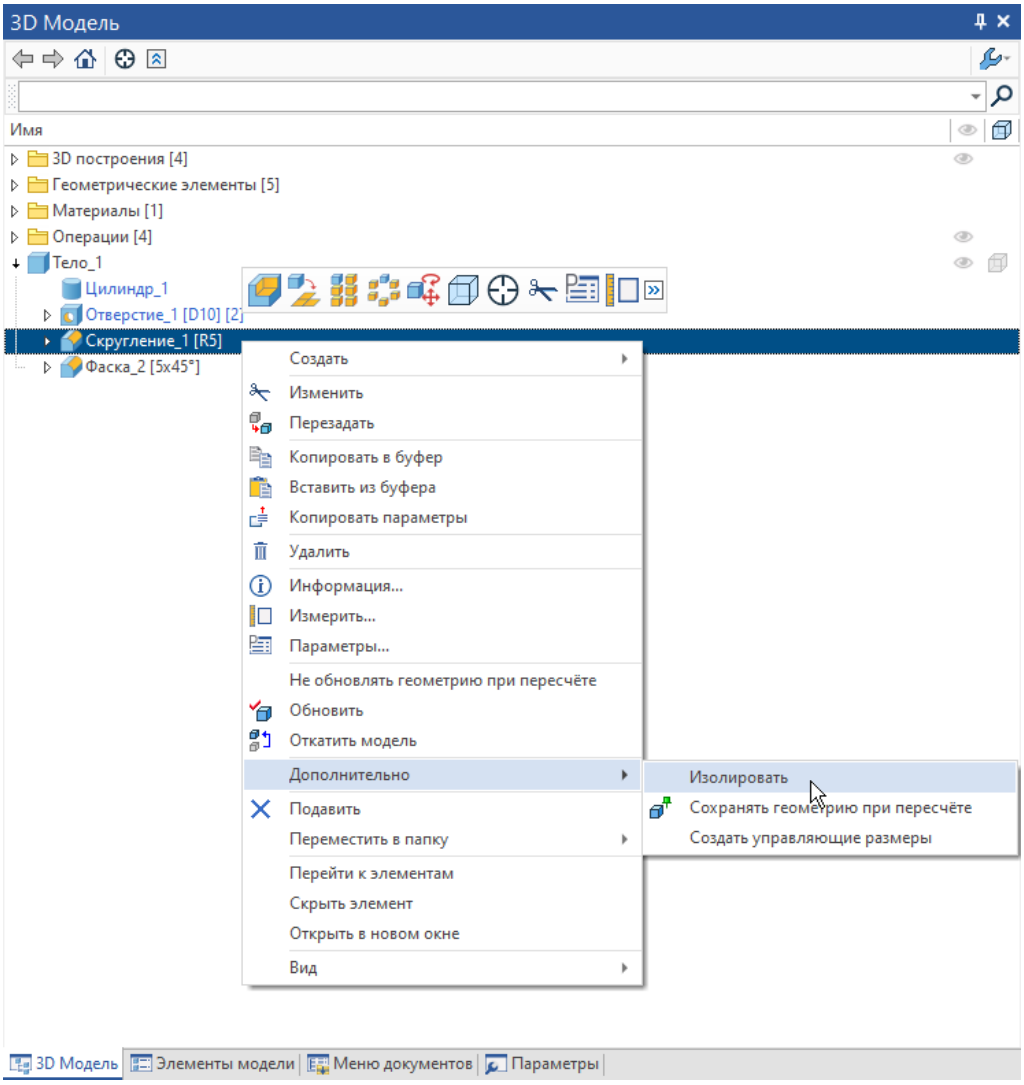
Объединение элементов	
Объединять элементы	☑
Минимум элементов в узле	2
Максимум элементов для выделения	100

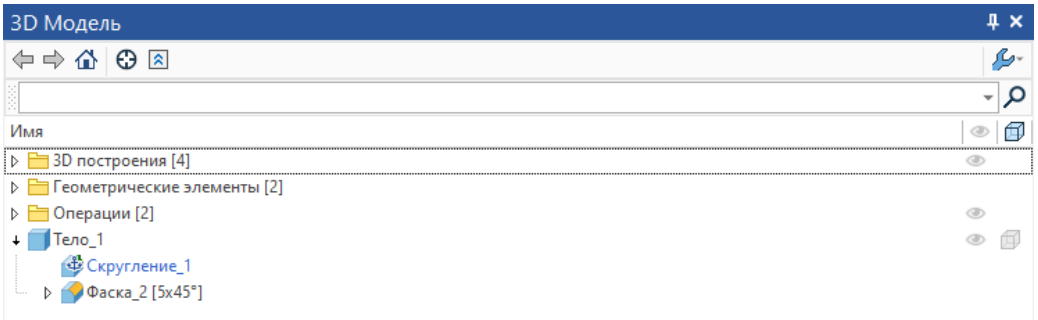
- Добавлена возможность размещения в пользовательских папках дерева 3D модели любых элементов модели, включая вспомогательные элементы.



Изоляция элементов модели

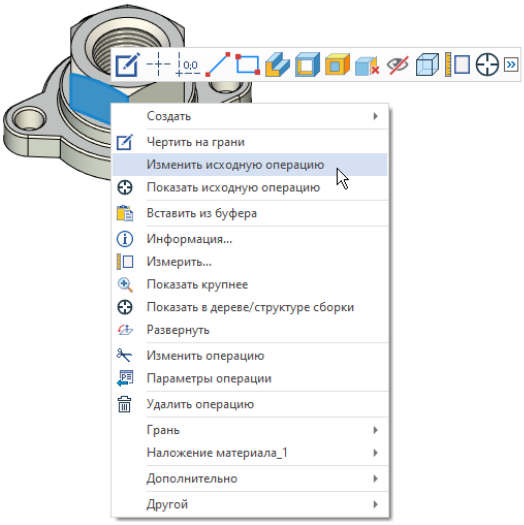
В контекстное меню для элементов 3D модели (тел и операций) добавлена команда **Изолировать**. Команда выполняет удаление истории операций, используемых для создания текущего элемента, сохраняя его геометрию. Удалённая история заменяется телом с фиксированной геометрией. Таким образом, команда позволяет удалить историю построения тела целиком, либо часть истории до выбранной операции.

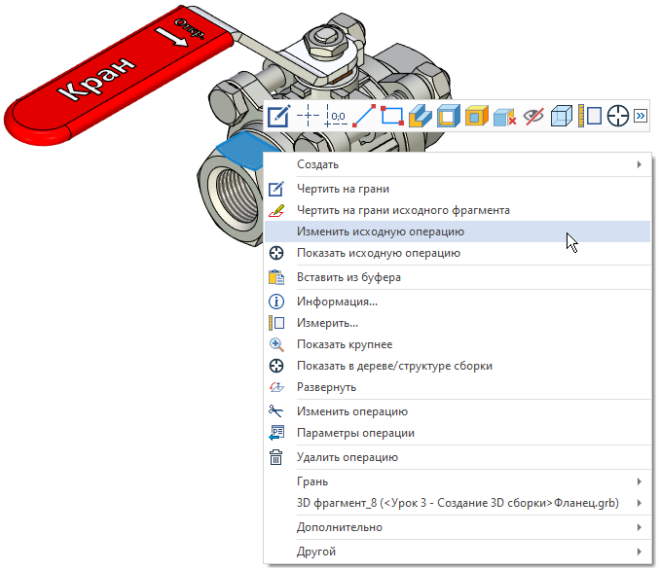




Редактирование исходной операции грани

В контекстном меню граней тел добавлена команда **Изменить исходную операцию**. При вызове этой команды выполняется вход в редактирование операции, создавшей эту грань. Если выбрана грань 3D фрагмента в сборке, то при вызове этой команды фрагмент открывается для редактирования в контексте сборки, после чего выполняется вход в команду редактирования операции, создавшей эту грань.





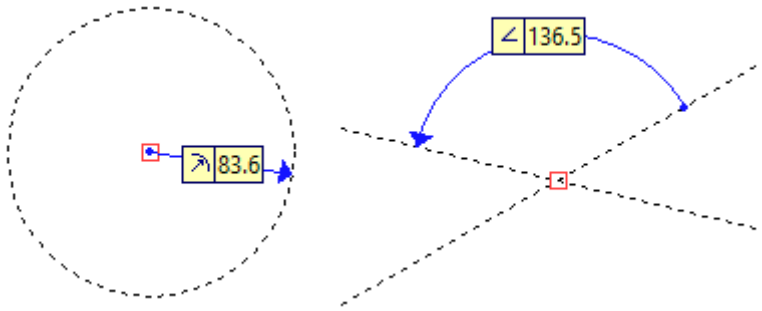
2D черчение

Элементы построения чертежа

Линии построения

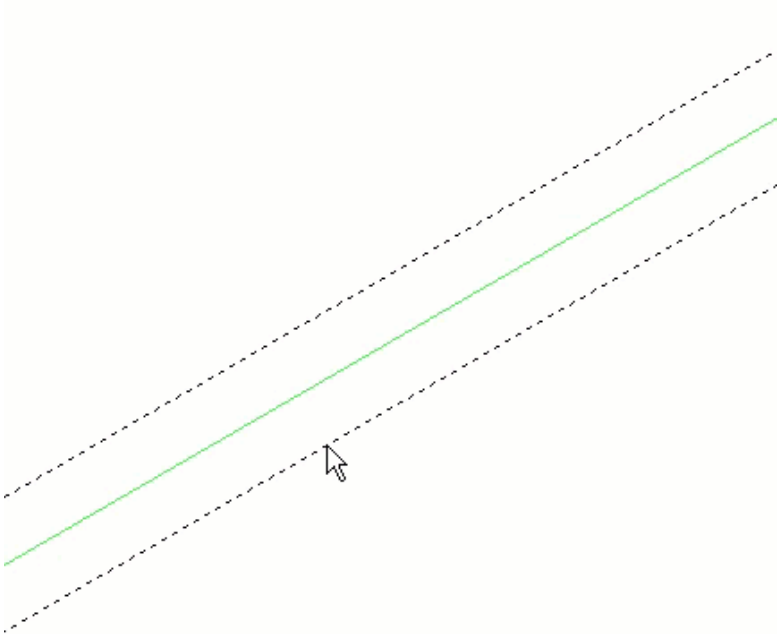
Введена опция автоменю, позволяющая автоматически создавать элементы **Отношение** при создании линий построения (прямых и окружностей):

<J> Создать отношения для элемента



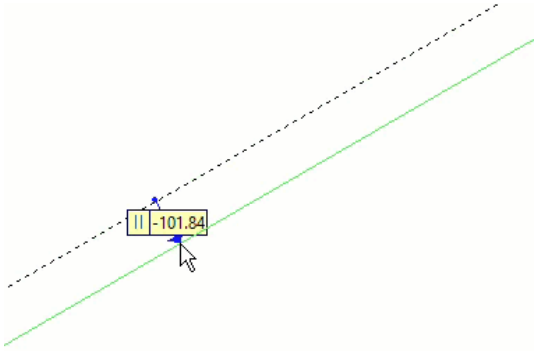
При создании параллельных прямых добавлена опция **Симметричный режим создания параллельных прямых (диаметр)**, при включении которой вместе с создаваемой прямой автоматически создаётся симметричная прямая, а расстояние задаётся между симметричными прямыми (т.е. задаётся диаметр).

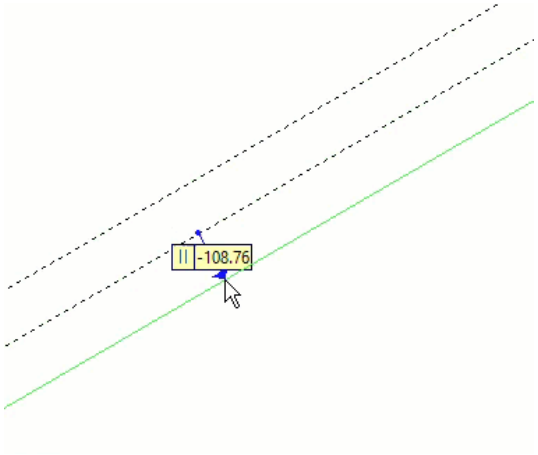
<M> Симметричный режим создания параллельных прямых (диаметр)

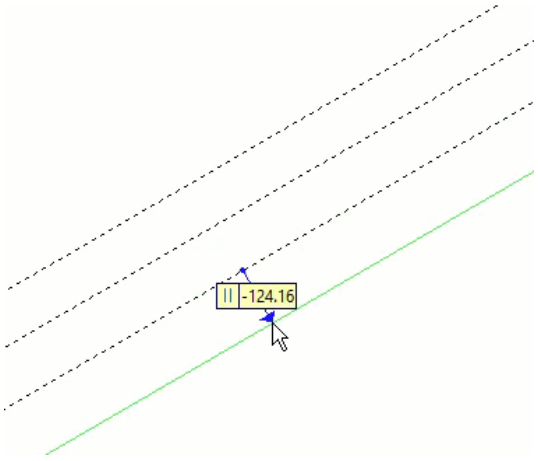


При создании параллельных прямых добавлена опция **Последовательный режим создания параллельных прямых**, при включении которой созданная только что прямая становится исходной для следующей прямой. Таким образом пользователь может создавать цепочки параллельных прямых.

<R> Последовательный режим создания параллельных прямых







2D узел

В команде **Узел** добавлен выбор типа узла:

Свободный узел
Положение узла определяется абсолютными координатами в системе координат страницы, РП или чертёжного вида.

Зависимый узел
Положение узла полностью определяется положением других 2D элементов, либо величиной смещения относительно них.

Узел по фрагменту
Положение узла в текущем документе определяется положением узла, созданного в документе 2D фрагмента.

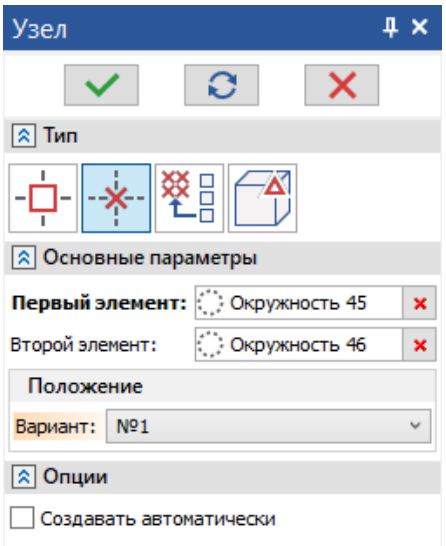
Узел по проекции
Положение 2D узла определяется положением 3D узла.

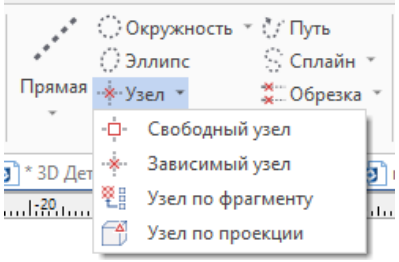
Каждому из типов соответствует собственный набор параметров. В ленту вынесены точки входа в режимы создания узлов конкретных типов.

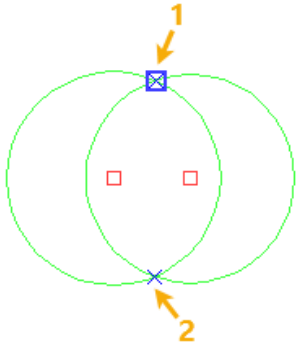
Окно параметров команды теперь содержит поля выбора исходных элементов.

При создании зависимого узла пользователь может выбирать вариант расположения создаваемого элемента, выбирая его либо в рабочем окне, либо в диалоге. Например, выбор варианта полезен при наличии нескольких точек пересечения для выбранных исходных элементов.

Также добавлена опция **Создавать автоматически**. При включенной опции, элемент создаётся автоматически при клике в экран или достаточности введённых параметров для создания. При выключенной опции, пользователь имеет возможность настройки параметров создаваемого узла после его размещения на чертеже, а создание происходит только после подтверждения ввода ✔.







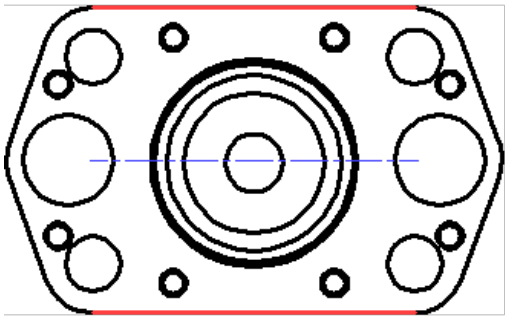
Элементы изображения чертежа

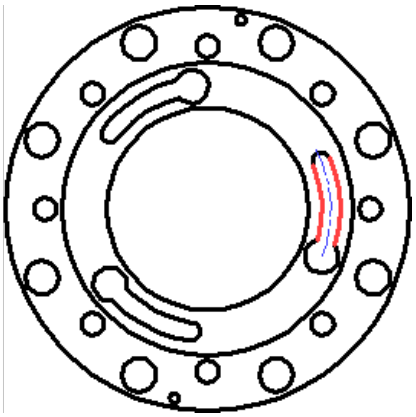
Ось

Новая команда **Ось** заменяет собой старую команду **Оси** и команду эскиза **Осевые**. Функционал новой команды разделён на три режима:

По линиям

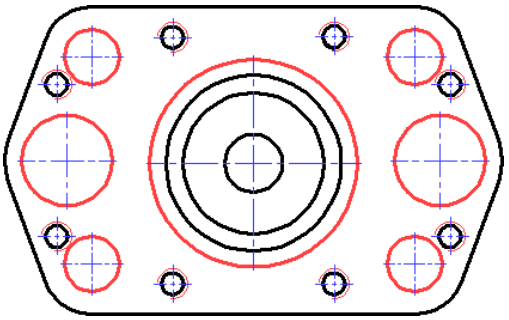
Построение оси симметрии, вращения или сечения между двумя линиями.





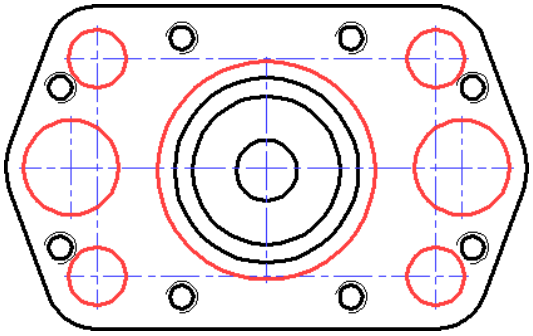
Линейная разметка

Построение центровых осей окружностей, эллипсов и их дуг.



Предусмотрена возможность выбора количества формируемых осей для каждой обозначаемой линии – Горизонтальная ось, Вертикальная ось, Две оси, Метка центра.

Коллинеарные оси разных обозначаемых линий могут быть объединены



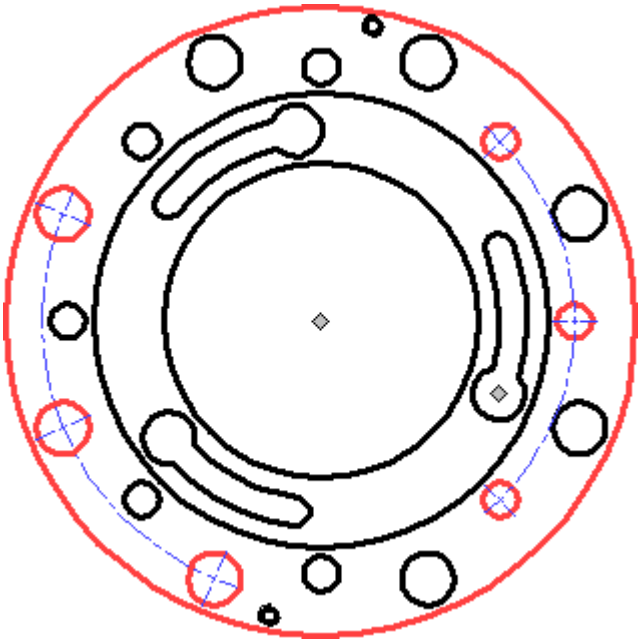
Круговая разметка

Построение круговых осей окружностей и дуг.

В данном режиме доступны два способа задания осей:

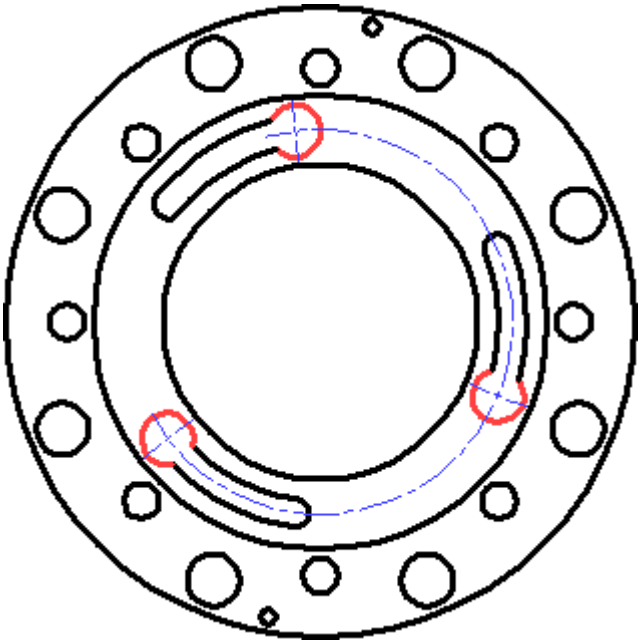
По центральной точке

Сначала задаётся центр круговой разметки, после чего допускается выбирать несколько линий на разных диаметрах.

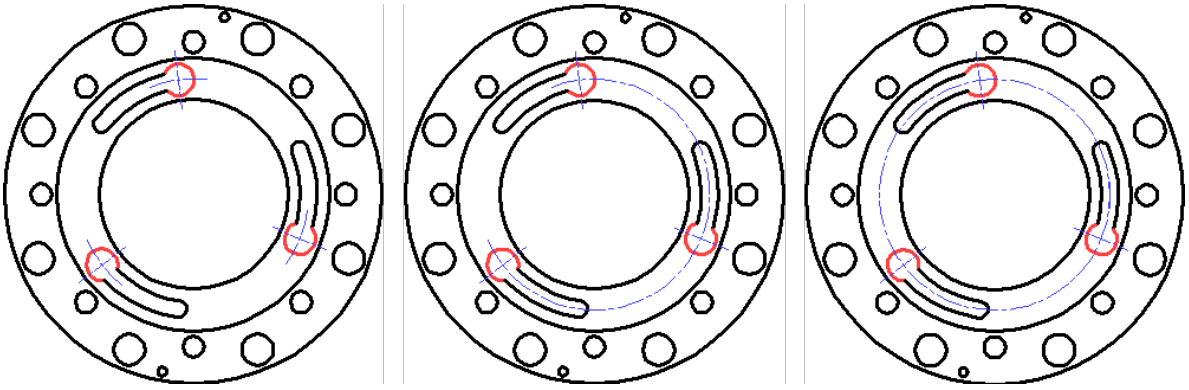


По трём точкам

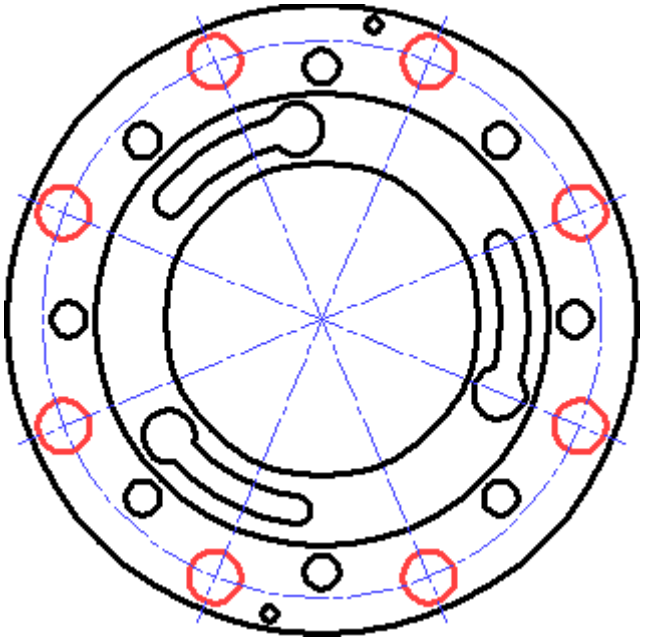
Круговая разметка определяется на основе центров не менее трёх выбранных линий.



Для обоих способов задания предусмотрена возможность выбора количества формируемых осей – Круговая ось, Радиальная ось, Две оси.
В случае формирования круговой оси допускается указать способ её отрисовки – в виде отдельных дуг каждой обозначаемой линии, общей дуги или полной окружности.



Начало круговой оси определяется по первой выбранной обозначаемой линии, конец – по той выбранной линии, длина круговой дуги до которой наибольшая. Предусмотрена возможность реверса направления дуги относительно первой обозначаемой линии.
В случае формирования радиальных осей допускается продлить их до центра круговой оси.



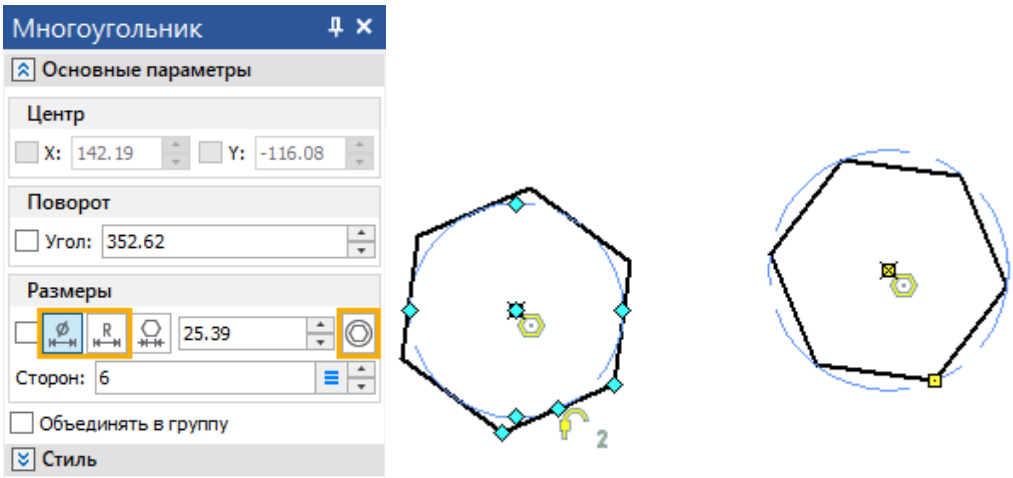
Эскиз

Проведена доработка интерфейса всех команд эскиза с целью повышения быстродействия, наглядности и удобства работы. Для геометрических фигур, имеющих разные типы, в окно параметров добавлены кнопки переключения типов. Для элементов, построение которых требует выбора опорной геометрии, в окно параметров добавлены поля выбора исходных элементов. Раздел **Стиль** перенесен в нижнюю часть окна параметров.

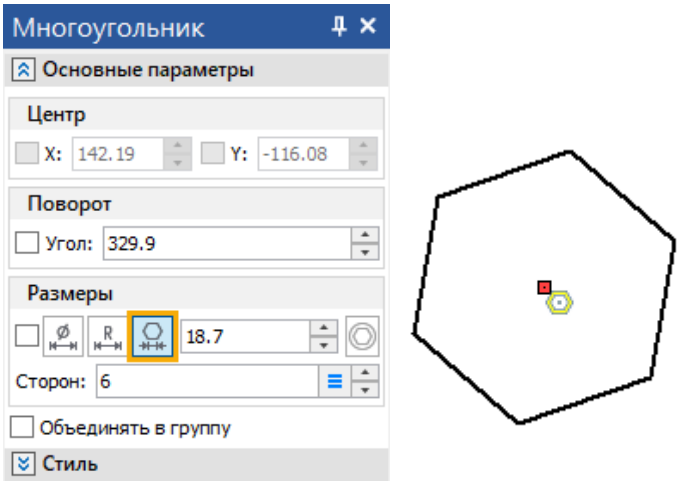
Многоугольник

Интерфейс команды обновлён.

Добавлены кнопки переключения между заданием диаметра или радиуса вписанной/описанной окружности. Переключение типа окружности теперь также осуществляется кнопкой. При создании многоугольника такими способами теперь также автоматически создаётся его вписанная/описанная окружность в виде вспомогательной штрихпунктирной линии.

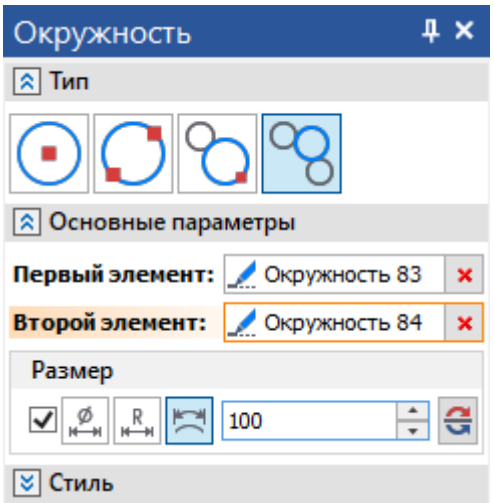


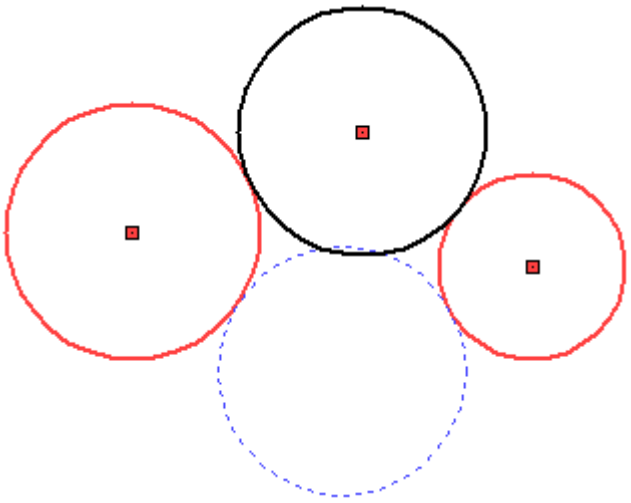
Также добавлена кнопка, позволяющая задать размер многоугольника новым способом - указанием длины стороны. В этом случае окружность не создаётся.



Окружность

Интерфейс команды обновлён. В окно параметров добавлены кнопки переключения типа окружности.
Добавлена возможность построения окружности новым способом - с указанием длины окружности.
Для касательных окружностей в окно параметров добавлены поля выбора касательных элементов и кнопки переключения решений (вариантов касания).

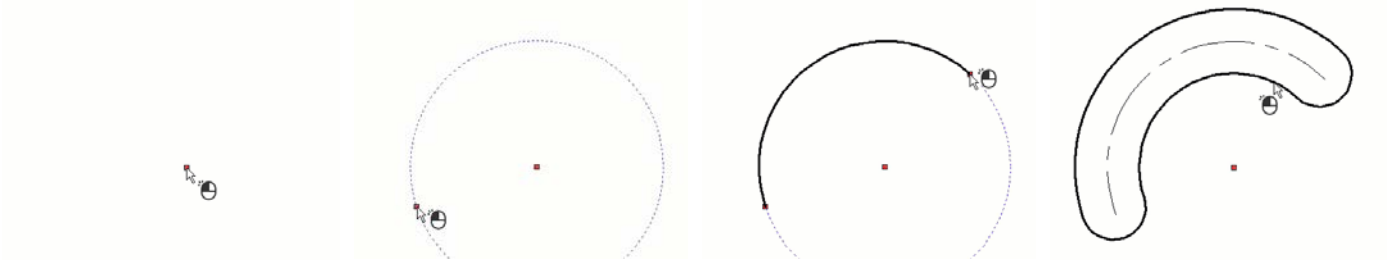




Дуговые пазы

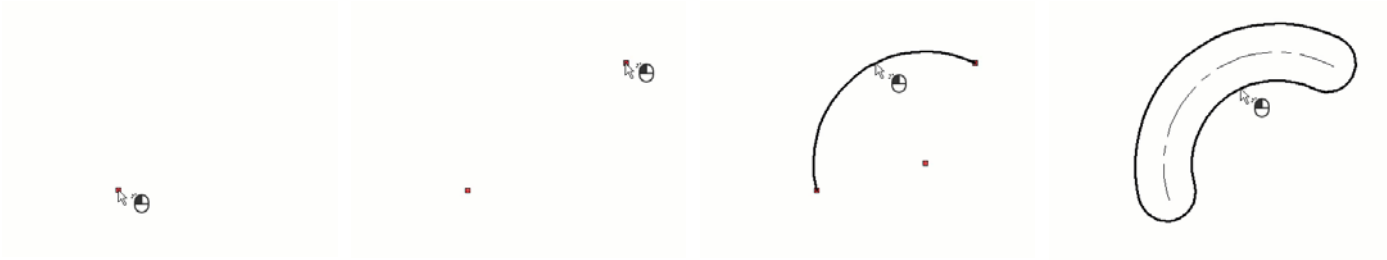
Добавлены новые команды эскиза:

Дуговой паз по центру



1 2 3 4

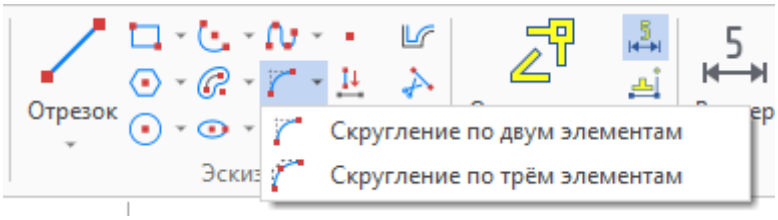
Дуговой паз по двум точкам



1 2 3 4

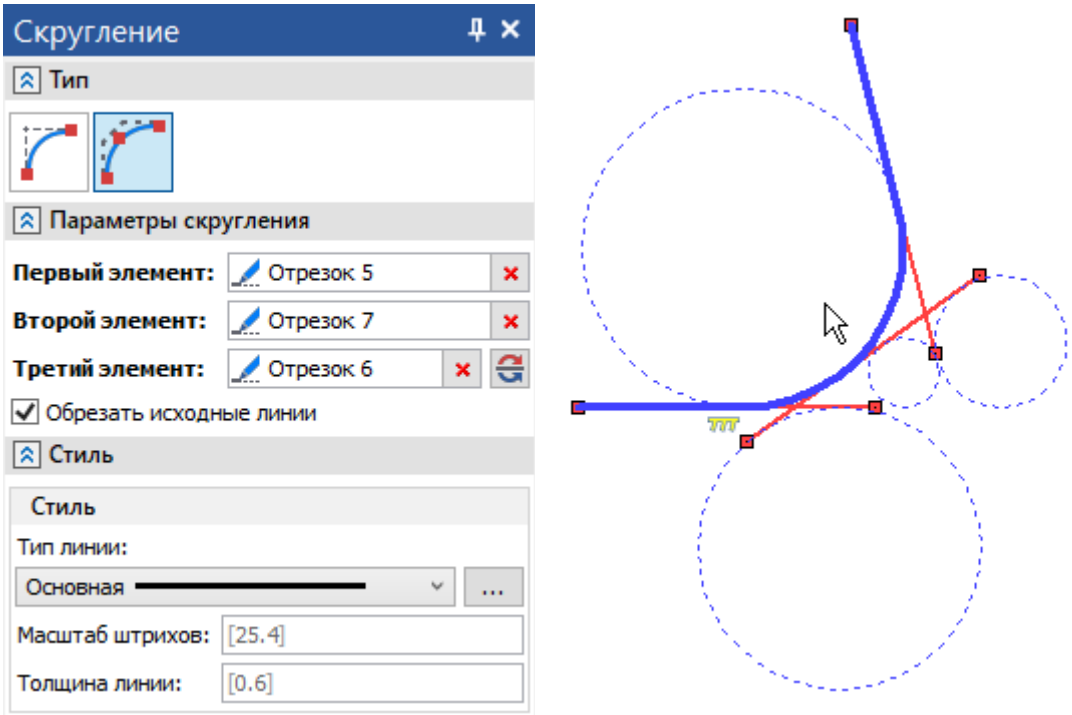
Скругление

Интерфейс команды обновлён. Добавлены поля выбора исходных элементов. При создании скругления исходные элементы теперь могут не только обрезаться, но и продлеваться. Помимо скругления по двум элементам, теперь доступно скругление по трём элементам. В ленту вынесены точки входа в режимы создания скруглений разных типов.

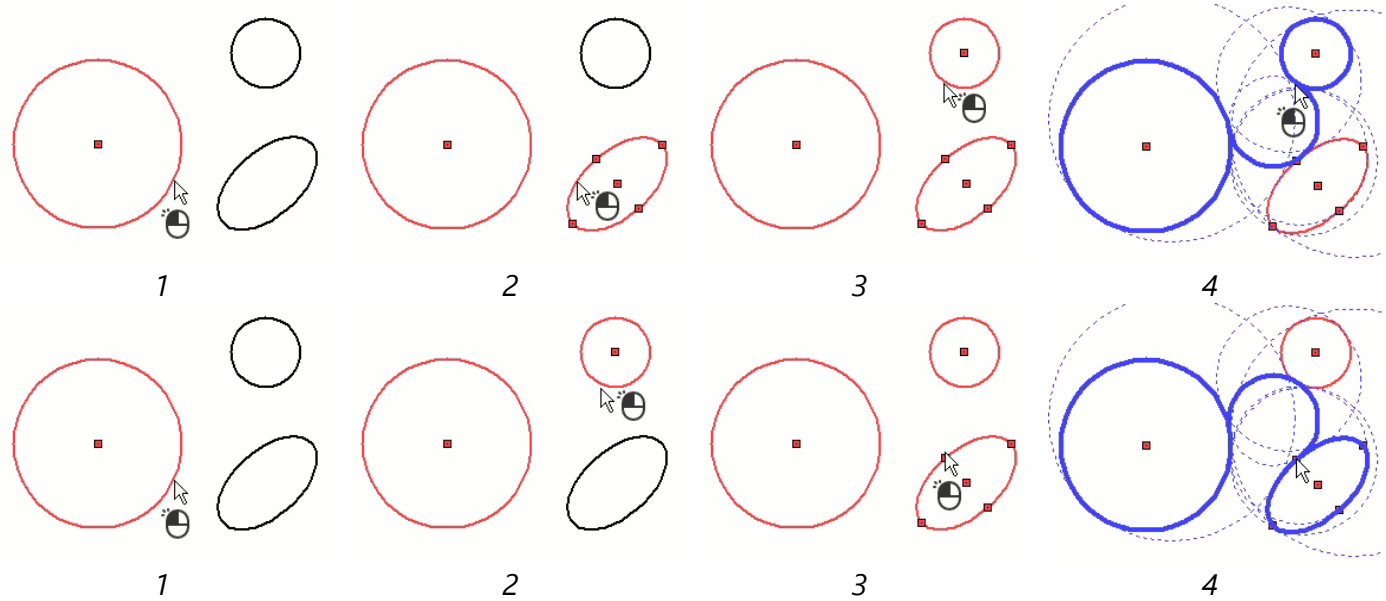


Скругление по трём элементам

Дуга скругления по трём элементам одновременно касается трёх выбранных пользователем элементов. Если касание всех трёх элементов невозможно, то скругление не строится.

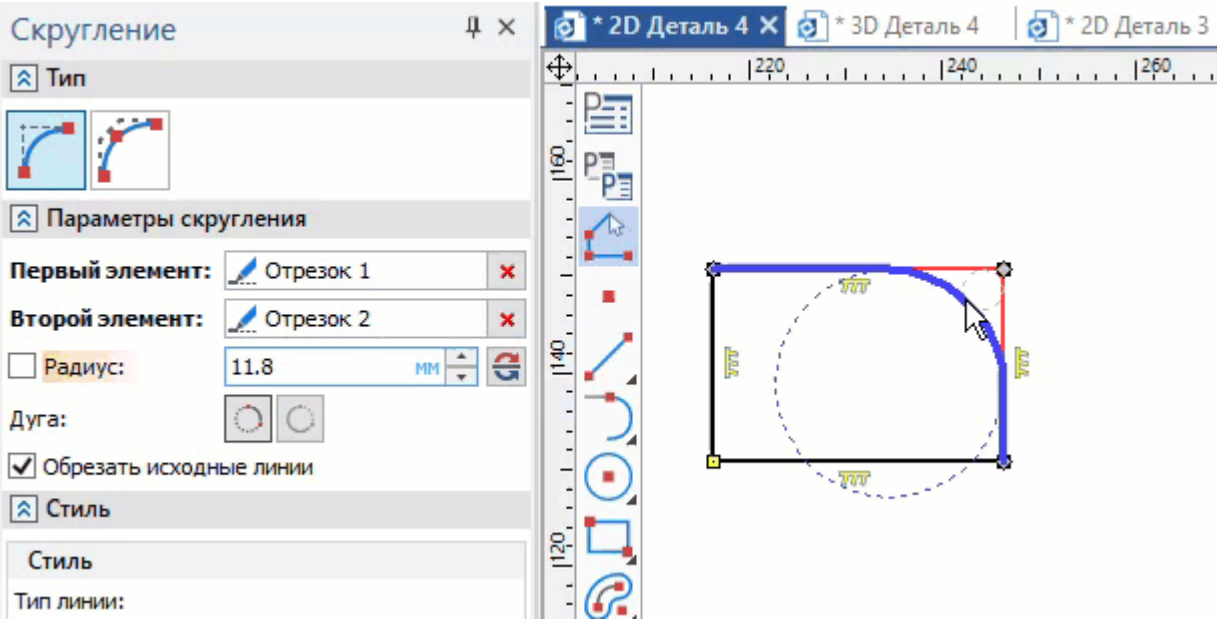


Элементы могут быть как отрезками прямых, так и окружностями, эллипсами или дугами. Порядок выбора элементов имеет значение - начальной точкой дуги является точка касания первого элемента, конечной - точка касания третьего.

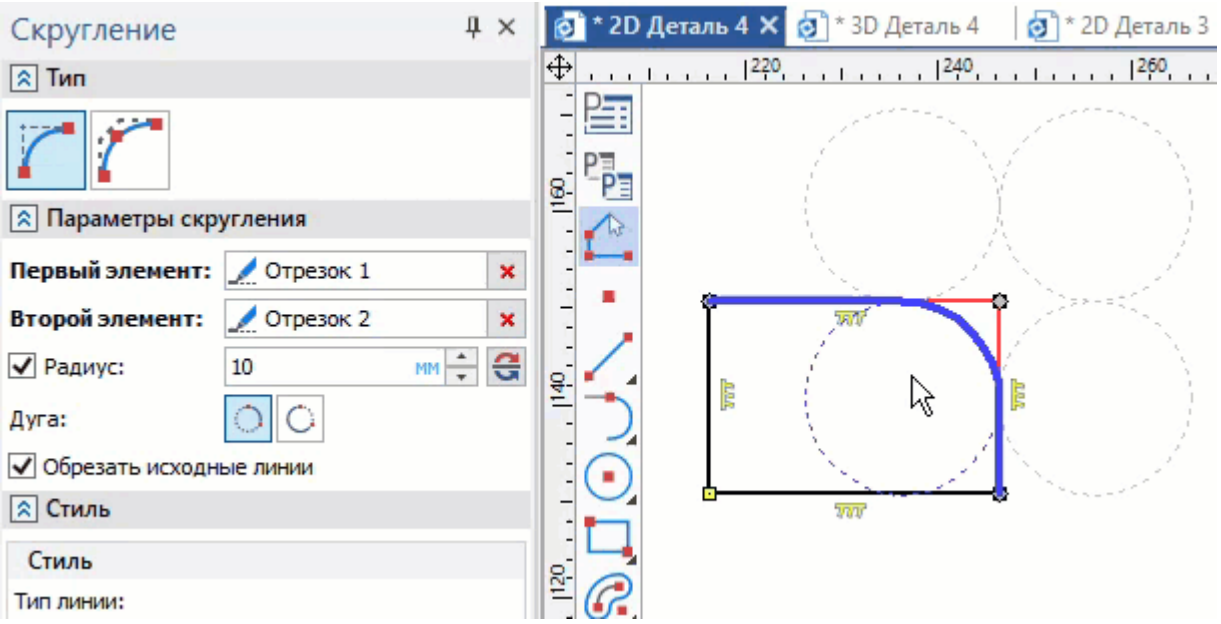


Скругление по двум элементам

При создании скругления по двум элементам команда по умолчанию запускается в режиме, в котором радиус скругления динамически изменяется в соответствии с перемещениями курсора после выбора исходных элементов.

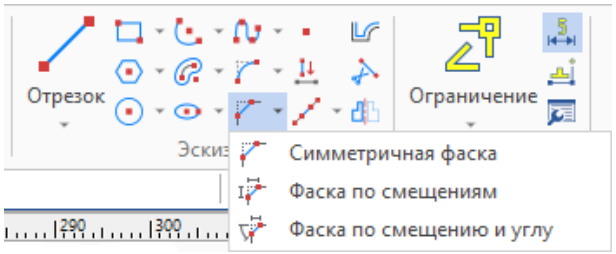


При необходимости можно зафиксировать значение геометрического параметра, установив флаг слева от поля ввода значения. В этом случае при перемещении курсора команда будет переключаться на ближайшее из доступных решений. Также перебор решений можно осуществлять с помощью кнопки в окне параметров. Смена направления дуги с прямой на обратную теперь также осуществляется с помощью кнопок в окне параметров.



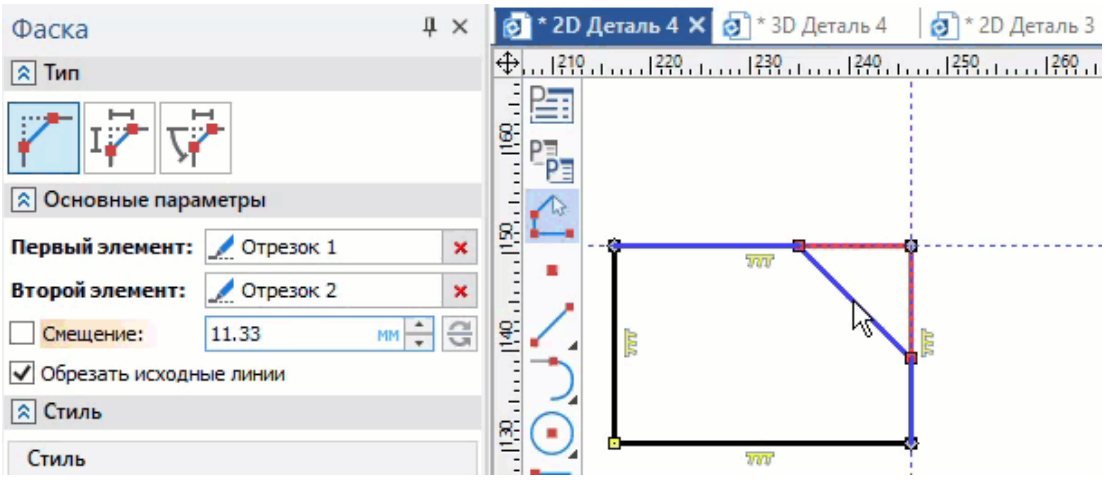
Фаска

В ленту вынесены точки входа в режимы создания фасок разных типов.

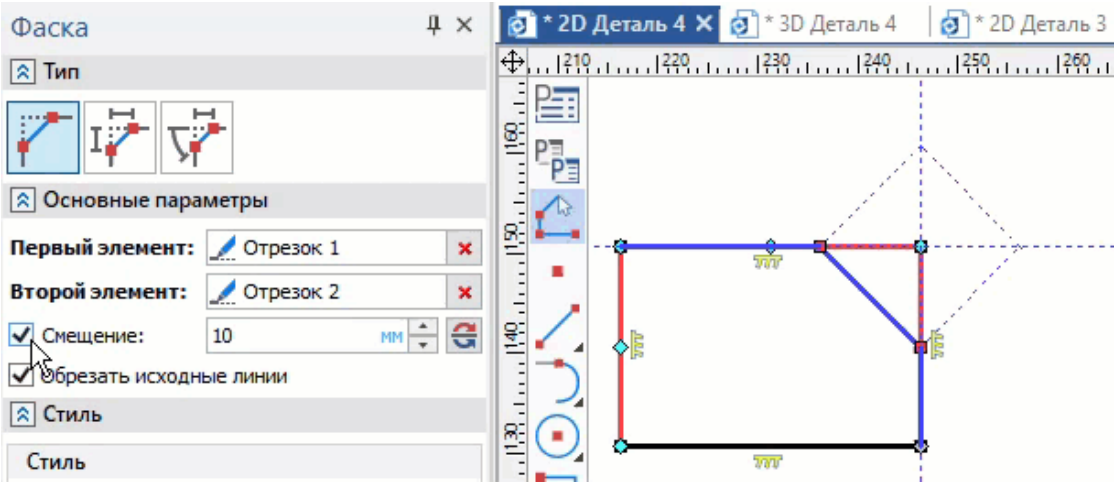


Интерфейс команды обновлён. Добавлены поля выбора исходных элементов. При создании фаски исходные элементы теперь могут не только обрезаться, но и продлеваться.

По умолчанию команда запускается в режиме, в котором геометрические параметры фаски динамически изменяются в соответствии с перемещениями курсора после выбора исходных элементов.

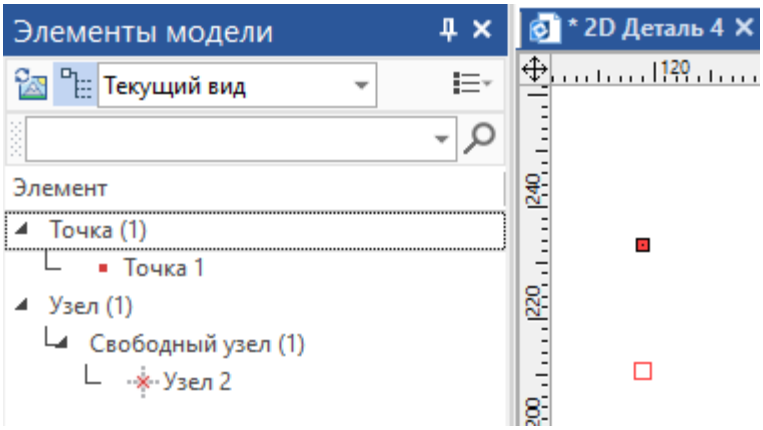


При необходимости можно зафиксировать значение геометрического параметра, установив флаг слева от поля ввода значения. В этом случае при перемещении курсора команда будет переключаться на ближайшее из доступных решений. Также перебор решений можно осуществлять с помощью кнопки в окне параметров.

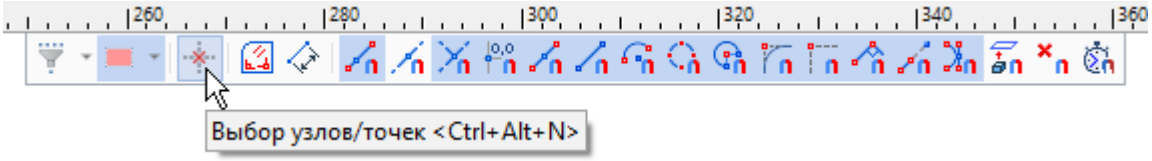


Точка

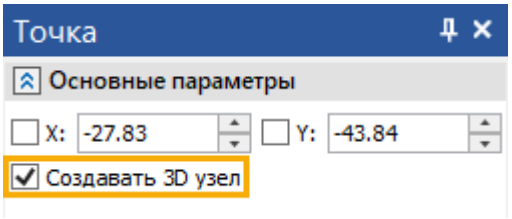
Точка эскиза теперь является отдельным типом элемента, а не свободным 2D узлом.



Фильтр выбора 2D узлов теперь отвечает также за выбор точек эскиза. Этот фильтр теперь доступен и в командах эскиза.

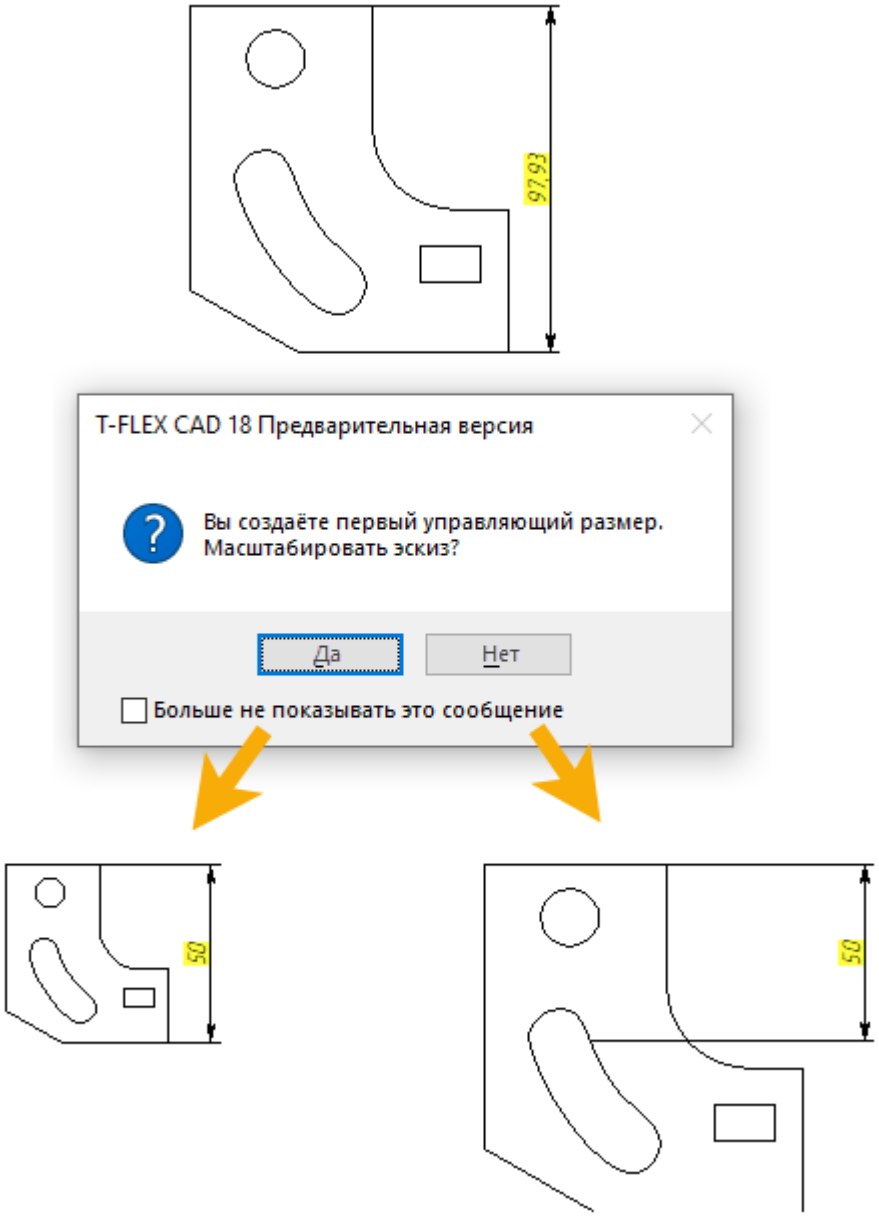


При черчении на РП в команде **Точка** теперь доступна опция **Создать 3D узел**, позволяющая автоматически создать в пространстве 3D модели **3D узел по двум проекциям**, совпадающий с создаваемой точкой эскиза.



Автомасштабирование

При создании первого управляющего размера для эскиза, если указанное значение размера отличается от фактического размера измеряемых элементов, пользователю задаётся вопрос, в результате ответа на который, либо масштабируется весь эскиз в соответствии с заданным значением размера, либо меняется геометрия измеряемых элементов.



Ограничения

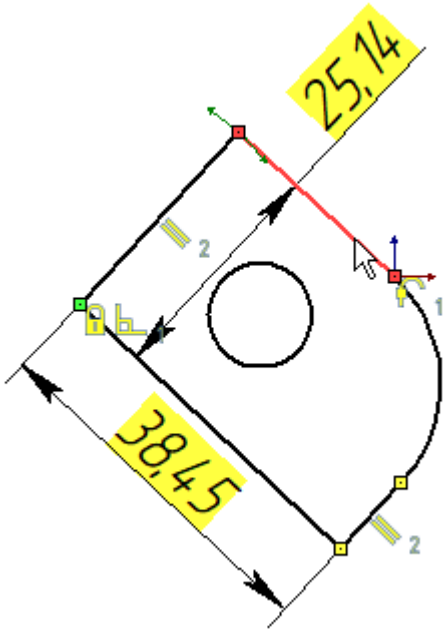
Степени свободы элементов эскиза

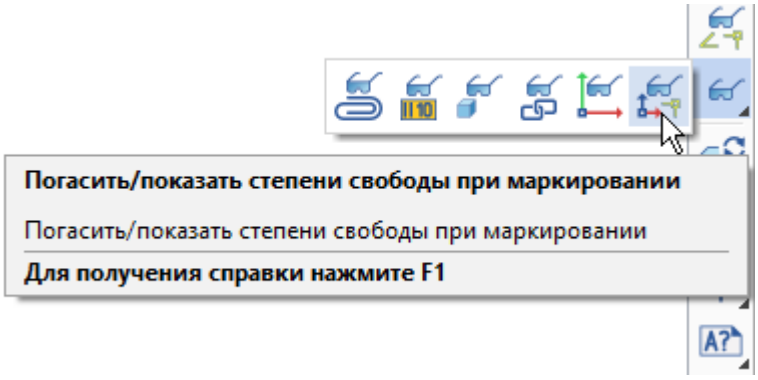
Добавлена возможность отображения степеней свободы для элементов линий эскиза. Степени свободы отображаются стрелками, символизирующими возможные направления перемещений характерных точек элементов, а также возможность изменения радиуса окружностей/дуг.

По умолчанию степени свободы элементов эскиза отображаются в окне чертежа и в режиме черчения на активной РП специальными стрелками в следующих случаях:

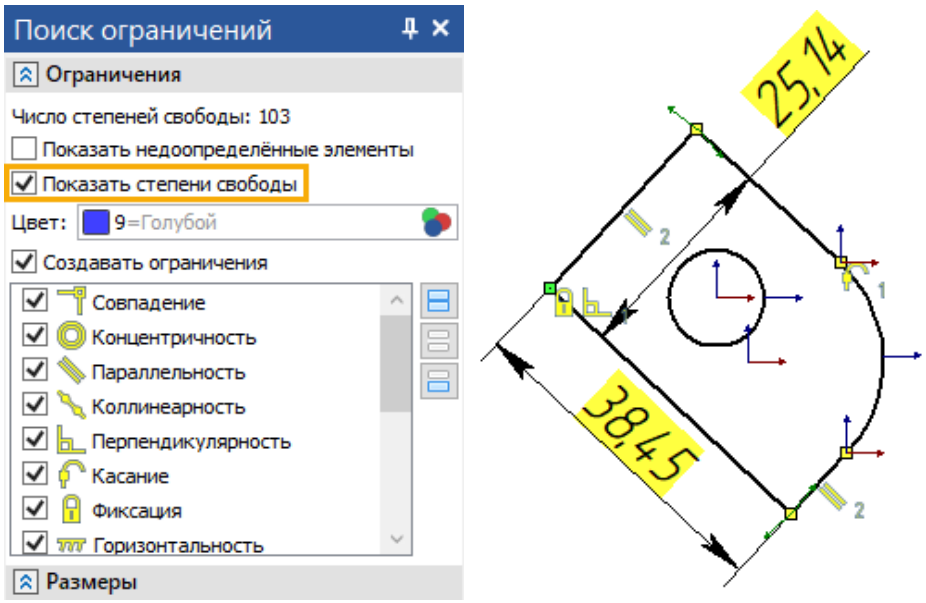
- при наведении курсора на элемент в режиме ожидания команды, когда никакие элементы не выбраны;
- при выборе одиночного элемента;
- в команде редактирования элемента, вне режима редактирования его геометрии путем перемещения курсора в окне чертежа.

При необходимости эту функцию можно отключить с помощью новой команды панели Вид - **Погасить/показать степени свободы при маркировании**.





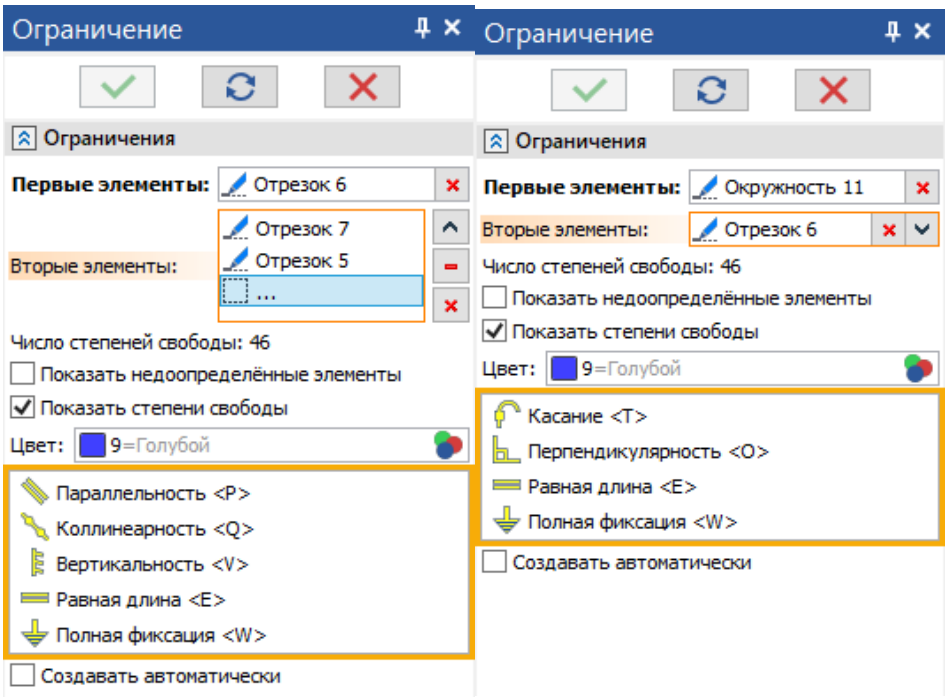
Также в командах создания ограничений теперь доступна опция **Показать степени свободы**, при активации которой, степени свободы отображаются для всех элементов эскиза.



Возможность отображения стрелок степеней свободы во всех перечисленных случаях можно также отключить, сняв флаг в установках системы (**Установки** > **Ограничения и размеры** > **Автоматически создавать ограничения** > **Показывать степени свободы**).

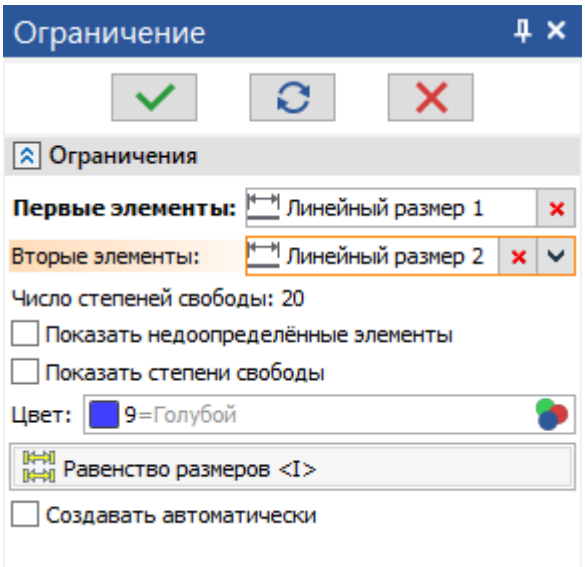
Контекстно-зависимый набор ограничений

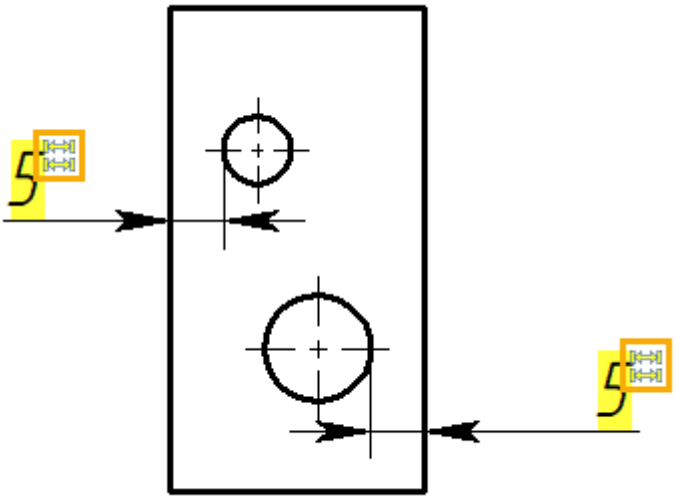
Список доступных для создания ограничений в команде **Ограничение** теперь является контекстно-зависимым: предлагаются к созданию только те типы ограничений, которые применимы к выбранному в данный момент набору ограничиваемых элементов.



Равенство размеров

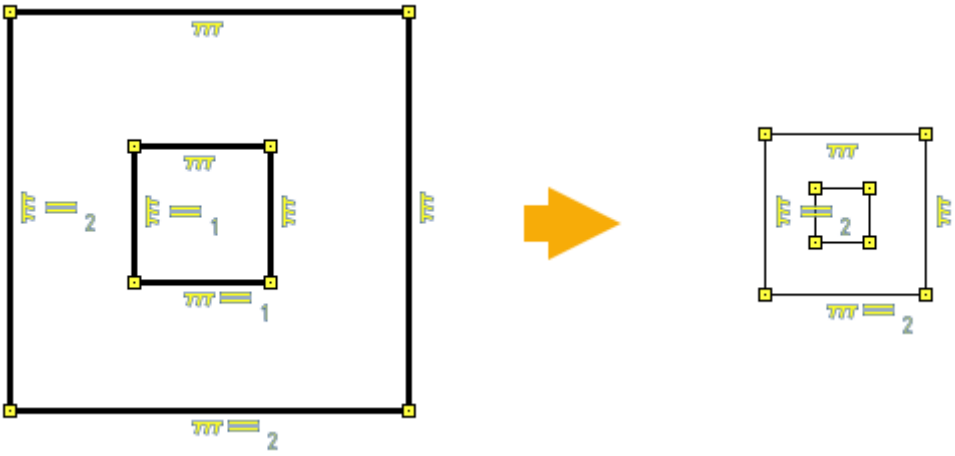
Добавлен новый тип ограничений: **Равенство размеров**. Данный тип ограничения позволяет выбирать в качестве управляемых элементов управляющие размеры. Такие ограничения полезны в тех случаях, когда отсутствует линии, для которых задаётся условие равенства.





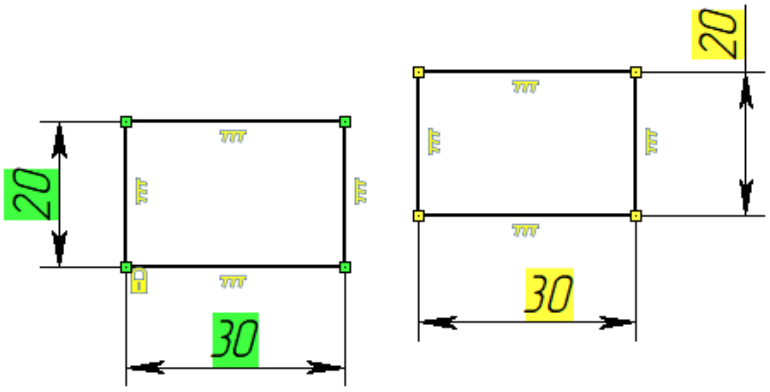
Динамическое скрытие ограничений мелких элементов

Иконки ограничений теперь автоматически скрываются/показываются, когда в результате приближения/отдаления камеры размер элементов, к которым применены ограничения, становится меньше указанного в установках системы (**Установки** > **Ограничения и аннотации** > **Автоматически создавать ограничения** > **Размер объектов в пикселях для динамического скрытия ограничений**).



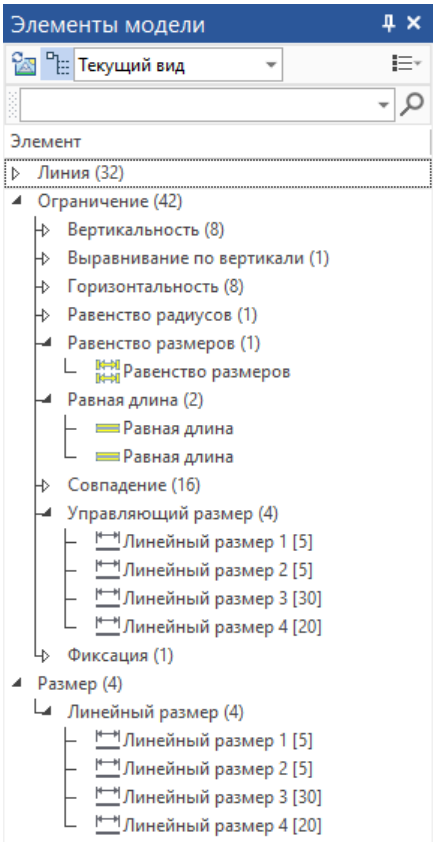
Независимый расчёт определённости контуров

При наличии на странице чертежа/РП нескольких контуров, система теперь рассчитывает состояние определённости независимо для каждого контура и соответствующим образом подсвечивает применённые к контуру ограничения и управляющие размеры.



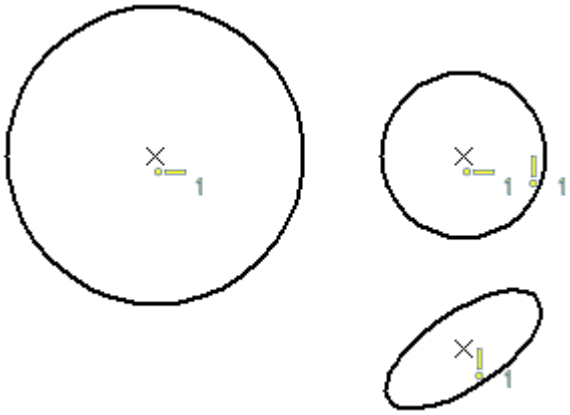
Отображение ограничений в служебных окнах

Ограничения теперь группируются по типам в окне **Элементы модели**. В группе ограничений также отображается подгруппа управляющих размеров, т.к. управляющие размеры являются частью системы ограничений. Размеры, являющиеся управляющими одновременно отображаются и в подгруппе управляющих размеров и в группе Размер, объединяющей и обычные и управляющие размеры.



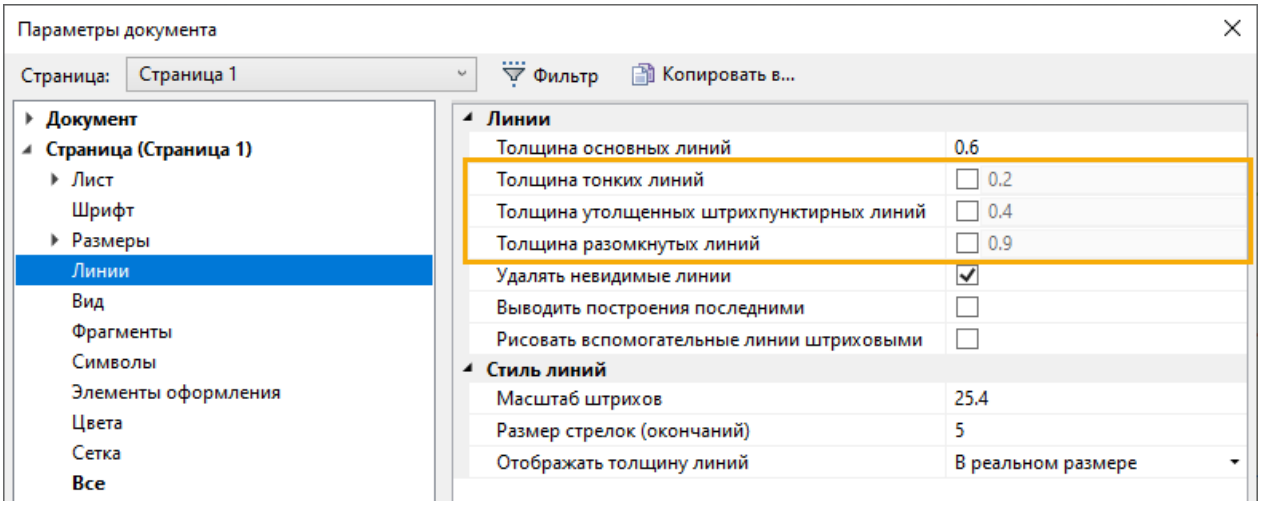
Метки центров окружностей, эллипсов, дуг

При применении ограничений к центрам окружностей, эллипсов, дуг теперь отображаются метки центров. Они не выводятся на печать и являются частью обозначения ограничения. При скрытии ограничений скрываются и связанные метки центров.



Толщина линий изображения

В параметры страниц документа добавлены новые настройки толщин по умолчанию для линий изображения различных типов.



Проекции и чертёжные виды

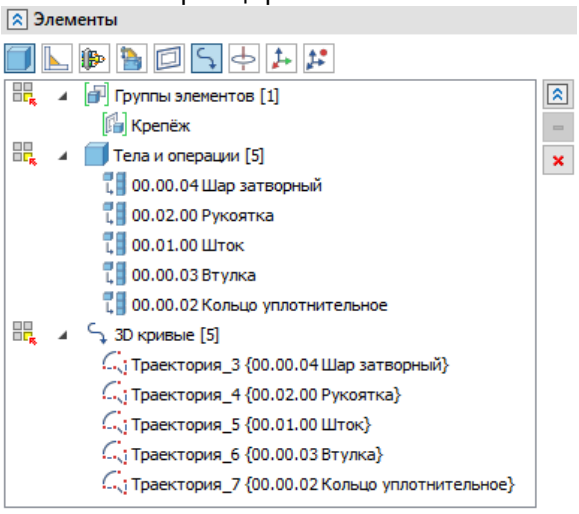
Обозначения видов

Команда обновлена.

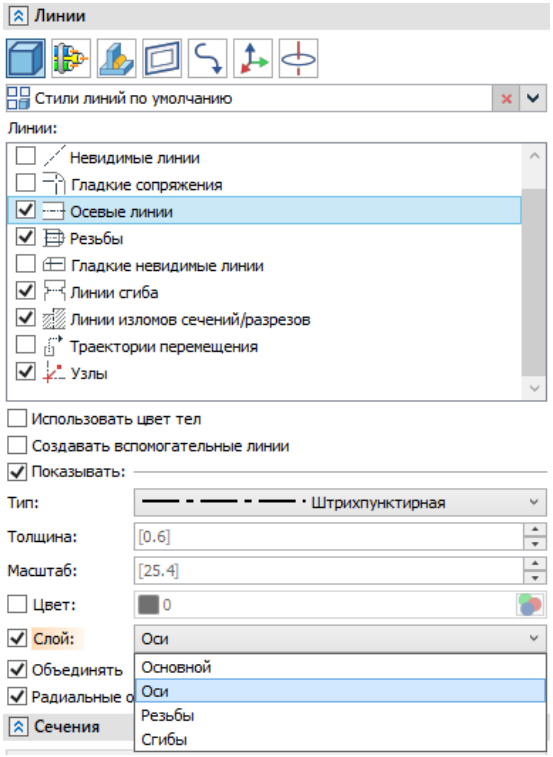
Проекция

Ключевые изменения команды **Проекция:**

- Доработан интерфейс выбора проецируемых элементов. Реализована поддержка групп элементов при выборе элементов проецирования.

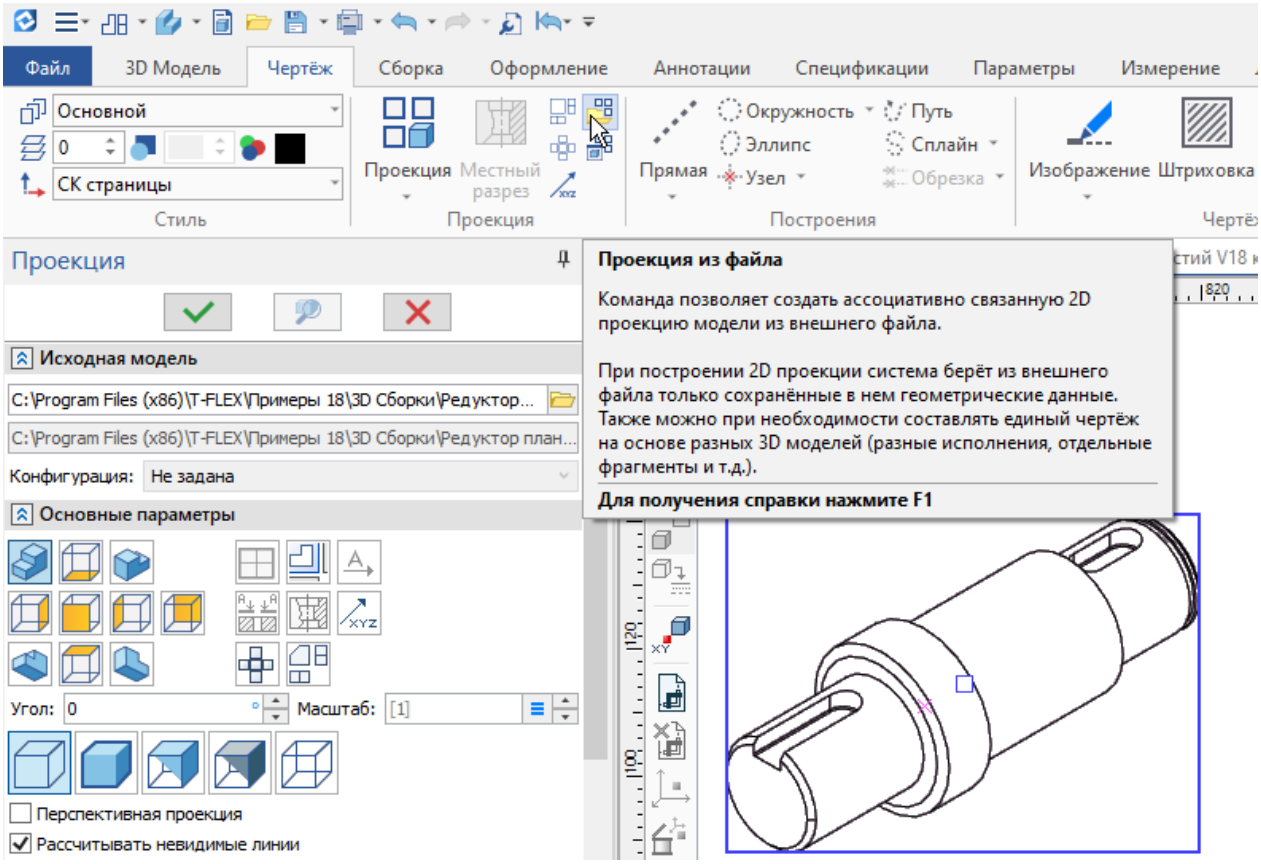


- Реализована возможность задания слоёв, на которых будут при создании проекции размещаться линии различных типов.



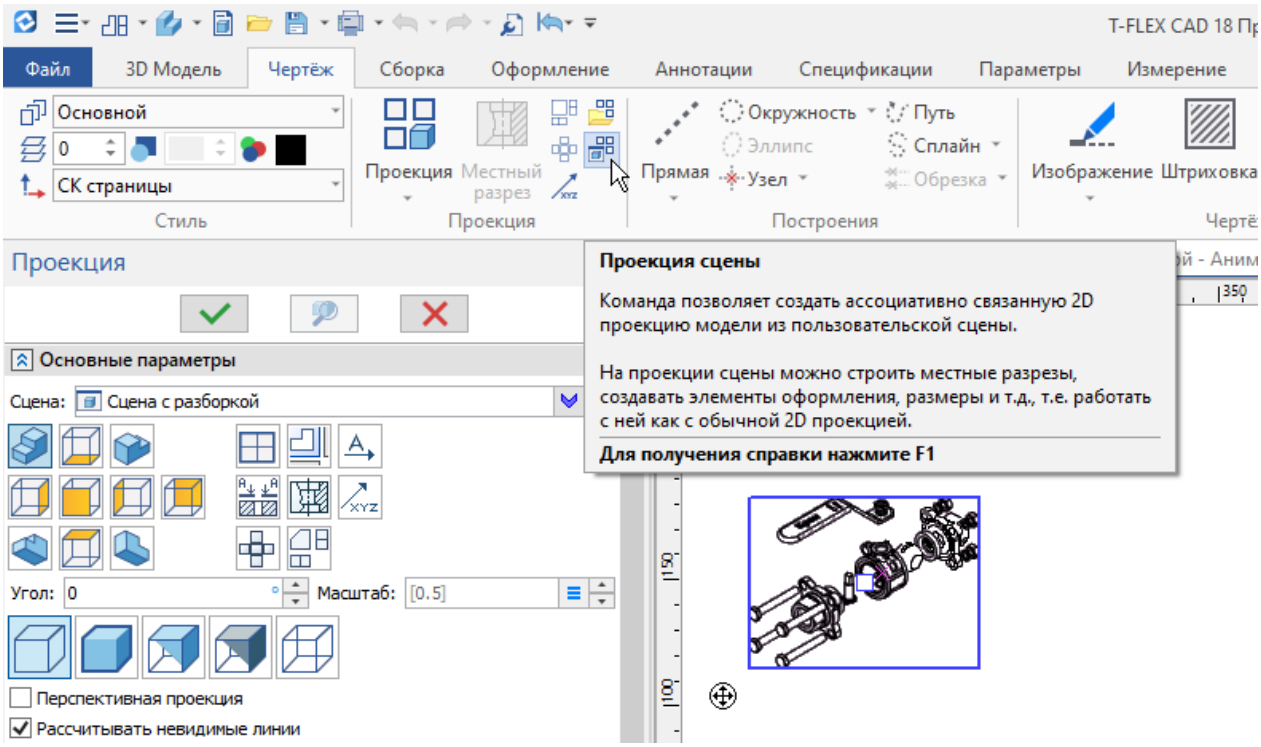
Проекция из файла

Функционал построения проекций на основе модели из внешнего файла вынесен в отдельную команду. Интерфейс команды **Проекция из файла** соответствует интерфейсу обычной команды **Проекция**. за исключением необходимости указать файл исходной модели и невозможности выбора проецируемых элементов модели.



Проекция сцены

Добавлена возможность создания проекции на основе пользовательских сцен с помощью новой команды **Проекция сцены**.



Интерфейс команды **Проекция сцены** соответствует интерфейсу обычной команды **Проекция**. за исключением ряда особенностей:

- **Выбор сцены**
  Для создания проекции сцены необходимо указать одну из имеющихся в документе пользовательских сцен с помощью поля, расположенного в верхней части окна параметров команды.
- **Тип проекции и направление проецирования**
  Если в параметрах сцены выбрана стандартная точка взгляда, то в качестве типа проекции будет использован соответствующий одиночный стандартный вид и тип нельзя будет изменить вручную.
  Если в параметрах сцены выбрано пользовательское направление взгляда, то в качестве типа проекции будет использован произвольный вид с соответствующим направлением проецирования, однако тип проекции и направление проецирования можно будет изменить вручную.
- **Проецируемые элементы**
  На проекции сцены проецируются все объекты, видимые в сцене. Выбрать проецируемые элементы в параметрах проекции нельзя.
- **Сценарий анимации**
  Если в параметрах проекции выбран сценарий анимации, то он также будет автоматически принудительно применён к проекции без возможности смены сценария или стадии

Если в параметрах проекции не выбран сценарий анимации, то применение сценариев к проекции будет невозможно.

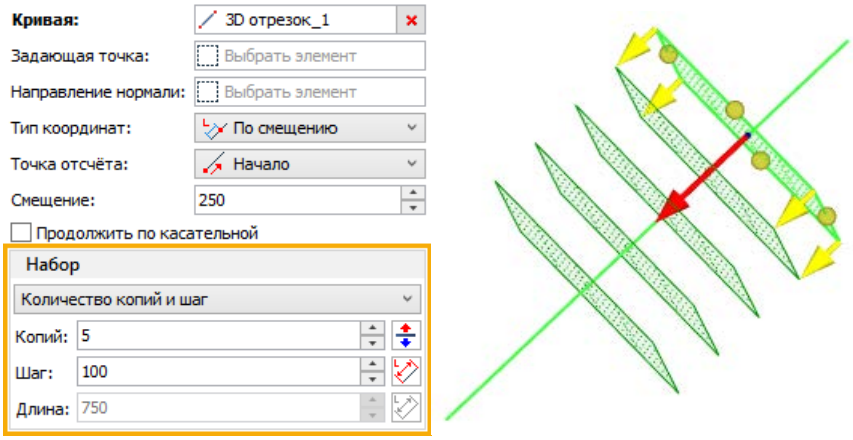
- **Сечения**
  Если в параметрах сцены выбраны применяемые сечения, то они будут также автоматически принудительно применены к проекции.
  Если в параметрах сцены не выбраны применяемые сечения, то применение сечений к проекции будет невозможно.
- **Создание аннотаций**
  В разделе **Опции** окна параметров команды **Проекция сцены** доступен флаг **Создать элементы оформления.** Если его установить, то после создания проекции будет автоматически запущена стандартная команда проецирования элементов оформления, доступная в контекстном меню проекций всех видов.

3D построения и Опорная геометрия

Рабочая плоскость

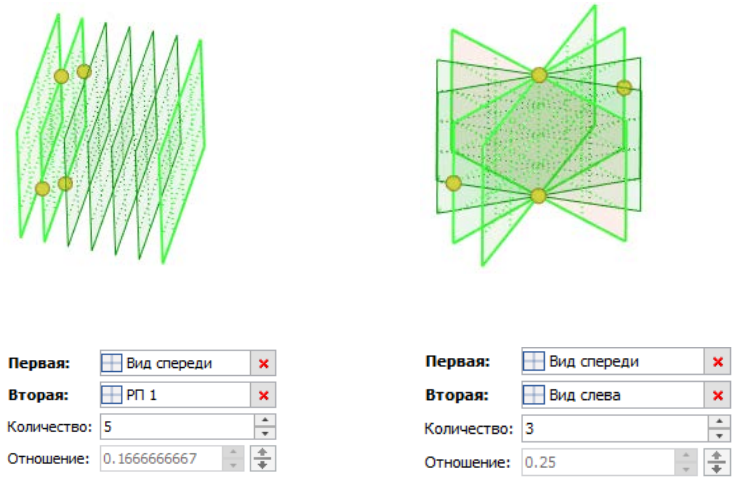
Плоскость перпендикулярно кривой

В команде **Плоскость перпендикулярно кривой** добавлена возможность создания набора плоскостей. Параметры набора задаются аналогично параметрам массива, но после создания набора, каждая входящая в него плоскость редактируется отдельно как одиночная плоскость перпендикулярно кривой и не зависит от остальных плоскостей набора.



Плоскость между двумя плоскостями

В команде **Плоскость между двумя плоскостями** добавлена возможность создания набора плоскостей. После создания набора каждая входящая в него плоскость редактируется отдельно как одиночная плоскость между двумя плоскостями и не зависит от остальных плоскостей набора.



Прочие изменения рабочих плоскостей

Манипуляторы границ теперь доступны не только при выборе плоскости в режиме ожидания, но также в процессе создания и редактирования плоскости.

3D ЛСК

В команде **ЛСК** (Система координат) теперь можно создавать локальные системы координат различными способами, аналогично 3D узлам:

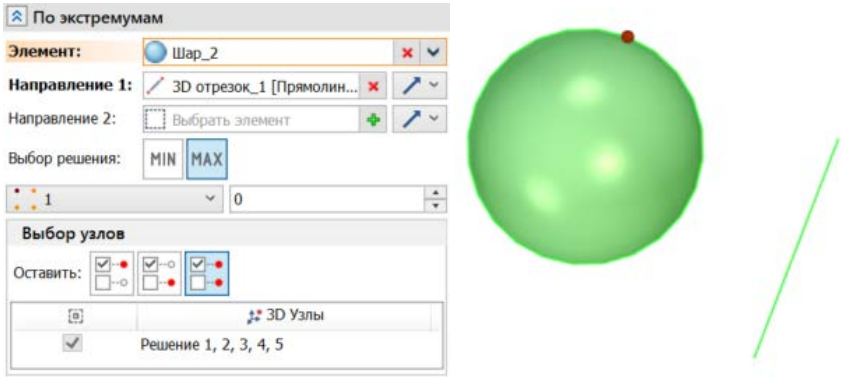
- **В абсолютных координатах,**
- **На кривой,**
- **На поверхности,**
- **По двум проекциям,**
- **На пересечении трёх плоскостей**.

ЛСК в абсолютных координатах может быть создана без привязки к другим элементам модели, путём задания преобразований относительно глобальной системы координат с помощью манипуляторов.

3D узел

3D узел по экстремумам

Новая команда **3D узел по экстремумам** позволяет построить узел в крайней точке выбранного элемента или набора элементов в указанном направлении. Если в этом направлении элемент имеет множество равноудалённых точек, то можно найти крайнюю из них во втором направлении или вручную выбрать те, по которым следует построить узлы.

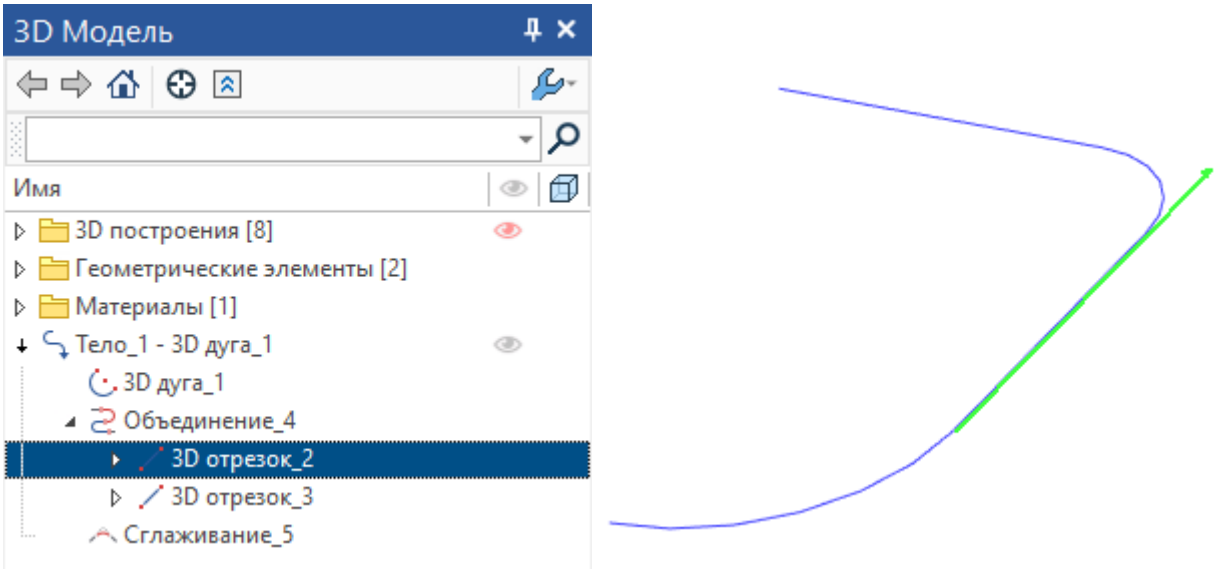


3D кривая

В интерфейсе и документации T-FLEX CAD 18 ранее использовавшийся термин "3D путь" заменён на "3D кривая".

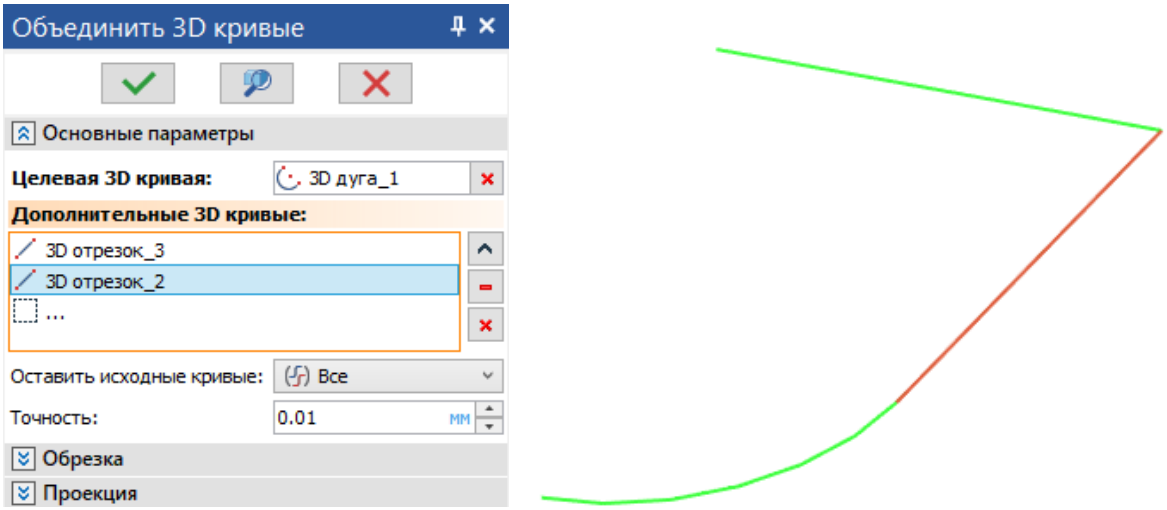
История построения кривых

История базовых и модифицирующих операций над 3D кривыми теперь отображается в дереве модели, аналогично операциям над твёрдыми и поверхностными телами.



Объединение кривых

Новая команда **Объединить 3D кривые** позволяет создать единую кривую на основе нескольких имеющихся.

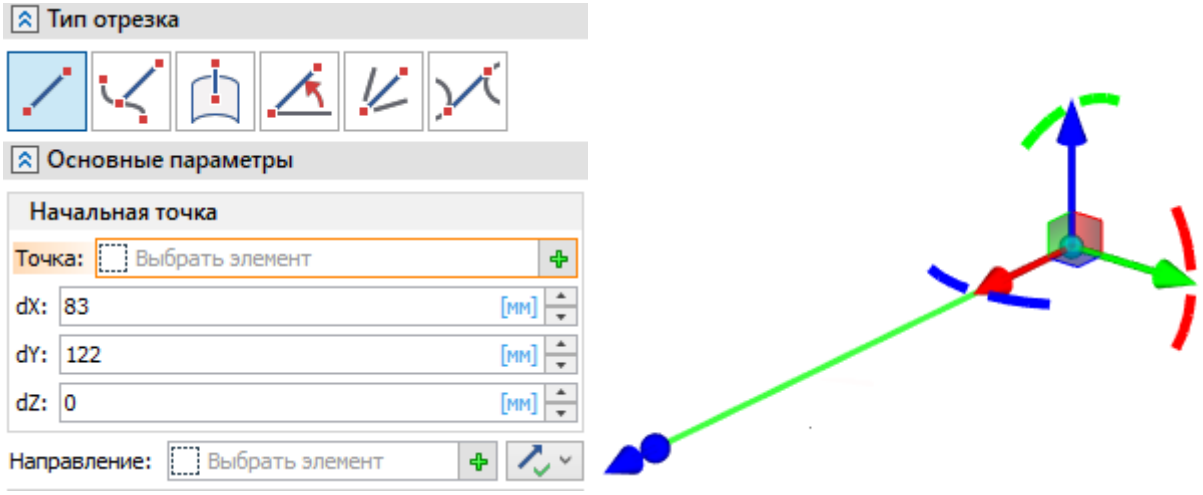


3D отрезок

Новая команда **3D отрезок** обеспечивает создание отрезков различными способами:

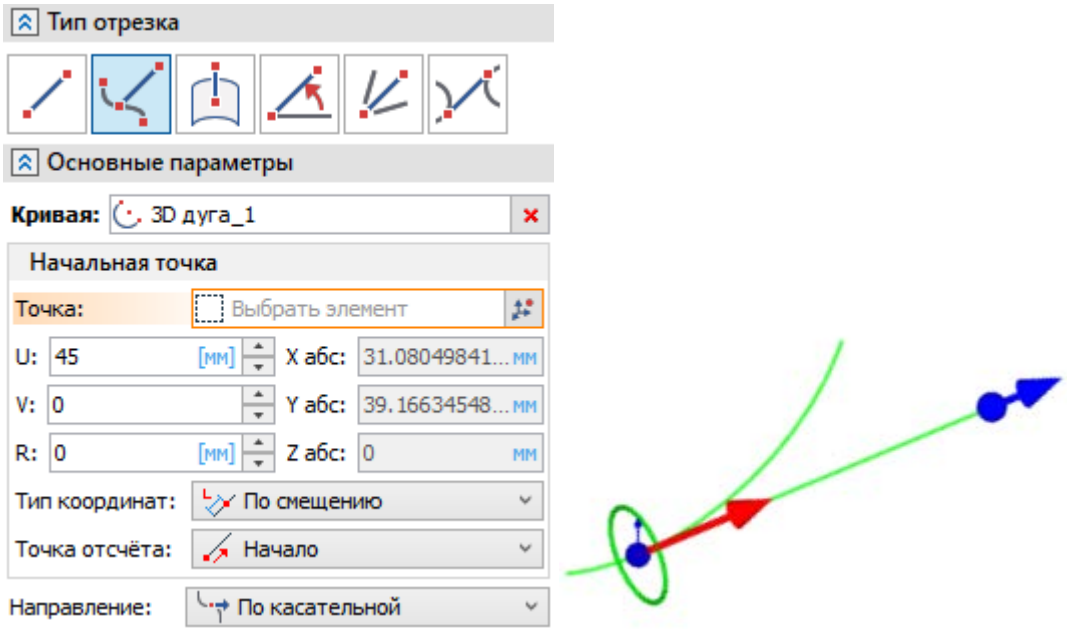
По направлению

Отрезок строится на основе собственной локальной системы координат. Начало отрезка совпадает с началом ЛСК, а направление отрезка совпадает с направлением оси X ЛСК или противоположно ему. По умолчанию ЛСК отрезка совпадает с глобальной системой координат документа. Произвольные положение и ориентация отрезка задаются путём применения различных преобразований к его ЛСК. Длина отрезка может быть указана непосредственно, либо задана путем выбора конечной точки. При выборе конечной точки опционально можно задать смещение фактического конца отрезка относительно неё.



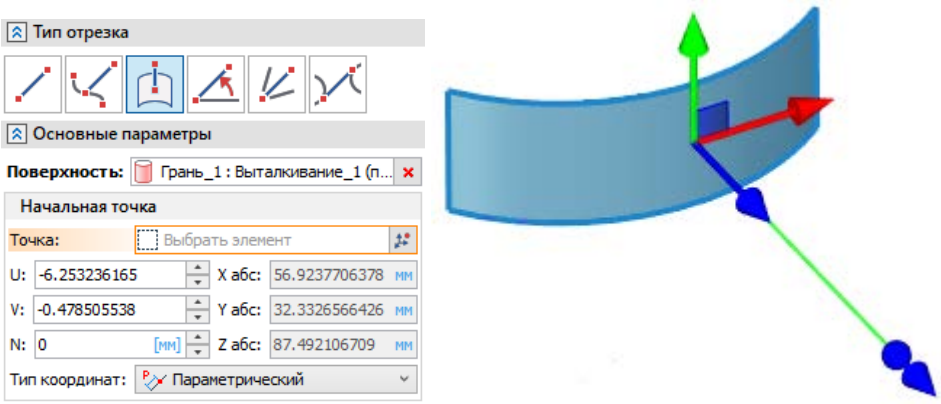
По кривой

Отрезок строится из начальной точки, положение которой определяется в UVR-координатах относительно выбранной пользователем кривой, по направлению касательной, главной нормали или бинормали к кривой в точке проекции начальной точки отрезка на кривую, либо по нормали к кривой. По умолчанию используется направление касательной. Опционально можно задать смещение фактического начала отрезка относительно заданной начальной точки. Длина отрезка может быть указана непосредственно, либо задана отступом от начальной точки без учёта смещения, или путем выбора конечной точки. При выборе конечной точки опционально можно задать смещение фактического конца отрезка относительно неё. Если отрезок направлен по нормали к кривой, можно также задать длину отступом от точки пересечения кривой с направлением отрезка.



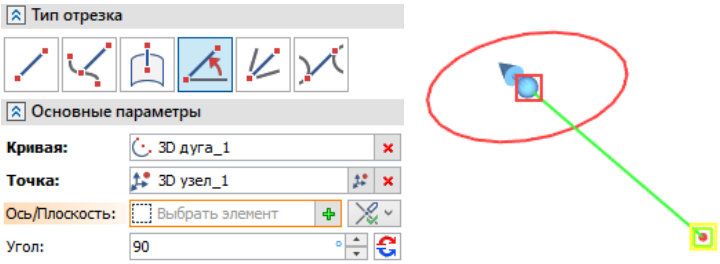
По поверхности

Отрезок строится по нормали к выбранной поверхности в заданной начальной точке. Начальная точка может быть выбрана пользователем непосредственна или задана в UVN-системе координат поверхности абсолютными координатами или смещениями относительно выбранной точки привязки. Опционально можно задать смещение фактического начала отрезка относительно заданной начальной точки. Длина отрезка может быть указана непосредственно, либо задана путем выбора конечной точки. При выборе конечной точки опционально можно задать смещение фактического конца отрезка относительно неё.



Под углом

Отрезок строится из выбранной начальной точки под заданным углом к направлению касательной к выбранной кривой в точке проекции начальной точки на кривую. По умолчанию поворот отрезка осуществляется вокруг оси, проходящей через начальную точку параллельно направлению бинормали выбранной кривой в точке проекции начальной точки на кривую, но можно выбрать произвольную ось или плоскость поворота. Опционально можно задать смещение фактического начала отрезка относительно заданной начальной точки. Длина отрезка может быть указана непосредственно, либо задана отступом от начальной точки без учёта смещения, или путем выбора конечной точки. При выборе конечной точки опционально можно задать смещение фактического конца отрезка относительно неё.



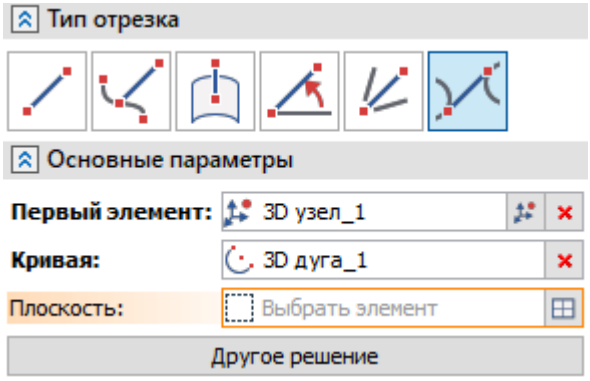
Биссектриса

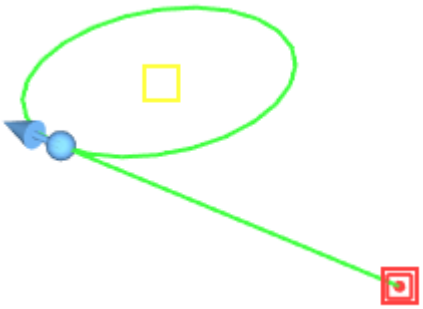
Отрезок делит пополам угол между двумя исходными отрезками (если отрезки лежат в

одной плоскости), выбранными пользователем, или их копиями, полученными параллельным переносом из ближайших друг к другу концов отрезков в середину расстояния между этими концами. В случае одинаковых расстояний между обеими парами концов отрезков система произвольно определяет, какую пару считать ближайшими друг к другу. Началом биссектрисы по умолчанию является точка пересечения отрезков (если они пересекаются) или середина расстояния между их ближайшими концами. При необходимости можно выбрать произвольную начальную точку - биссектриса будет перенесена в неё параллельным переносом. По умолчанию биссектриса направлена в сторону прямой, проходящей через наиболее удалённые друг от друга крайние точки отрезков (если отрезки лежат в одной плоскости) или их копий. При необходимости можно сменить направление на альтернативное, в результате чего будет построена биссектриса смежного угла, направление которой отличается от предлагаемого по умолчанию на 90°. Опционально можно задать смещение фактического начала биссектрисы относительно начальной точки. Длина биссектрисы может быть указана непосредственно, либо задана отступом от начальной точки без учёта смещения, или путем выбора конечной точки. При выборе конечной точки опционально можно задать смещение фактического конца биссектрисы относительно неё.

Касательный отрезок

Отрезок строится на прямой, касающейся проекций двух выбранных пользователем элементов, если они лежат в одной плоскости, или их проекций на плоскость второго элемента, либо на выбранную пользователем произвольную плоскость. В качестве первого элемента можно выбрать точку или кривую, в качестве второго - только кривую (3D кривую, 3D профиль, ребро, цикл, границу грани). По умолчанию отрезок строится из точки касания первого элемента или его проекции по направлению к точке касания второго элемента или его проекции. Опционально можно задать смещение фактического начала отрезка относительно точки касания первого элемента. Длина отрезка может быть указана непосредственно, либо задана отступом от точки касания первого элемента, отступом от точки касания второго элемента или отступом от выбранной пользователем произвольной точки.



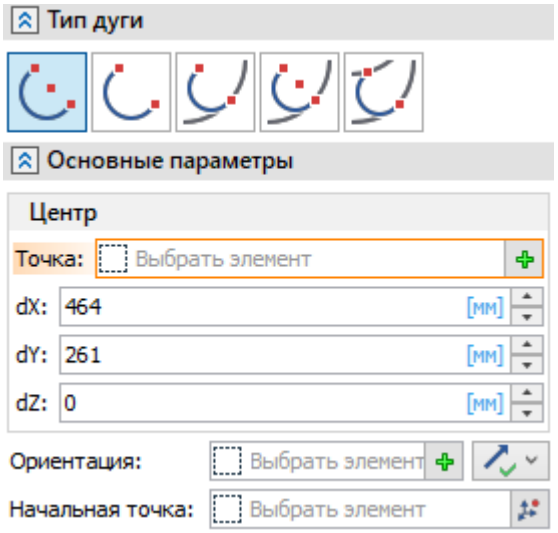


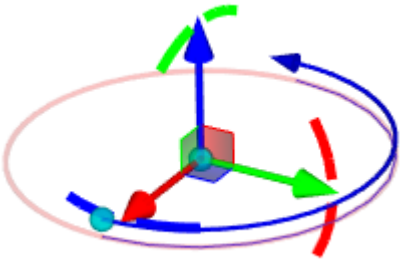
3D дуга

Новая команда **3D дуга** обеспечивает создание окружностей и дуг окружностей различными способами:

По центру

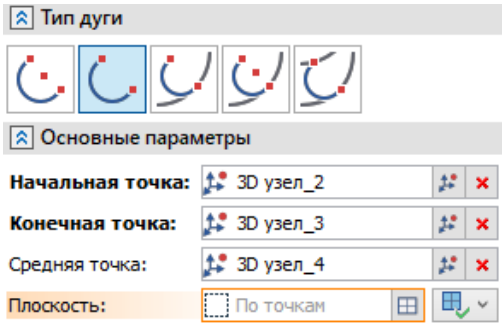
Дуга строится на основе собственной локальной системы координат. Дуга строится в плоскости XY ЛСК, центр дуги располагается в начале координат ЛСК. По умолчанию ЛСК дуги совпадает с глобальной системой координат документа. Произвольные положение и ориентация дуги задаются путём применения различных преобразований к ЛСК дуги. Радиус/диаметр дуги может быть указан непосредственно или рассчитан автоматически так, чтобы окружность дуги проходила через выбранную точку, именуемую начальной, или её проекцию на плоскость XY ЛСК дуги. При этом фактическое начало дуги может отличаться от выбранной начальной точки и определяется указанным значением начального угла, а конец дуги определяется указанным значением угла дуги.

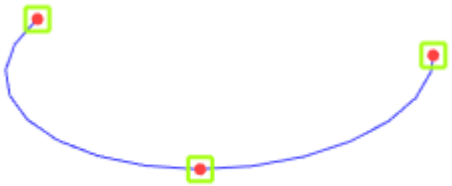




По точкам

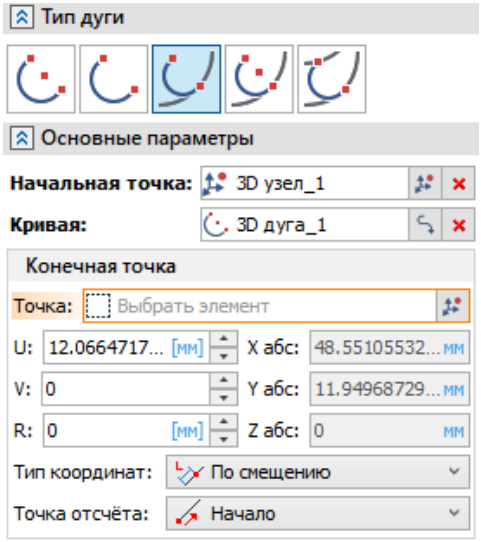
Дуга соединяет две (начальную и конечную) или три (начальную, среднюю и конечную) выбранные точки или их нормальные проекции на выбранную плоскость. Длина дуги ограничена начальной и конечной точкой. При использовании трёх точек все размеры дуги полностью определяются выбранными исходными элементами и рассчитываются автоматически. При использовании двух точек пользователь может непосредственно указать радиус, диаметр или угол дуги.

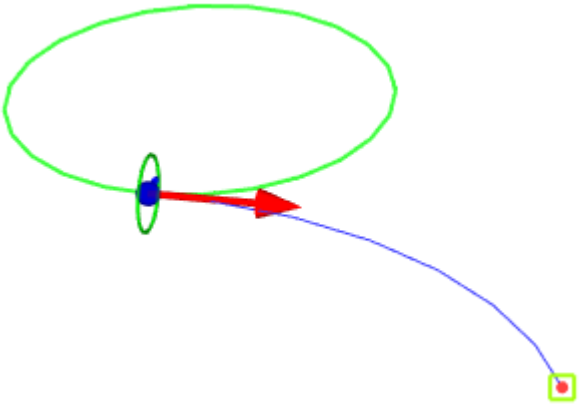




По точке и кривой

Дуга соединяет заданные пользователем точки (начальную и конечную) таким образом, чтобы направление касательной к дуге в конечной точке совпадало с направлением касательной к выбранной касательной кривой. Начальная точка выбирается пользователем непосредственно. Конечная точка задаётся в UVR-координатах в системе координат касательной кривой, при этом могут использоваться абсолютные значения координат или смещения относительно выбранной точки привязки. Точки могут лежать на касательной кривой или находиться на некотором расстоянии от неё. Размеры дуги полностью определяются вышеуказанными элементами и рассчитываются автоматически.



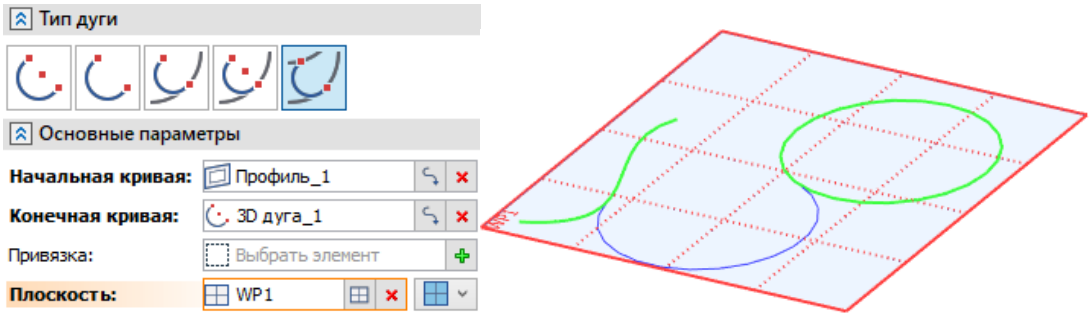


По центру и кривой

Дуга строится таким образом, чтобы формирующая дугу окружность касалась выбранной пользователем касательной кривой, а центр окружности/дуги располагался в выбранной пользователем центральной точке. Радиус/диаметр дуги и положение точки касания определяется системой автоматически. Если возможны несколько вариантов касания, строится тот, при котором радиус/диаметр дуги будет наименьшим. Длина дуги и её положение на окружности определяются указанными пользователем значениями начального угла и угла дуги.

По кривым

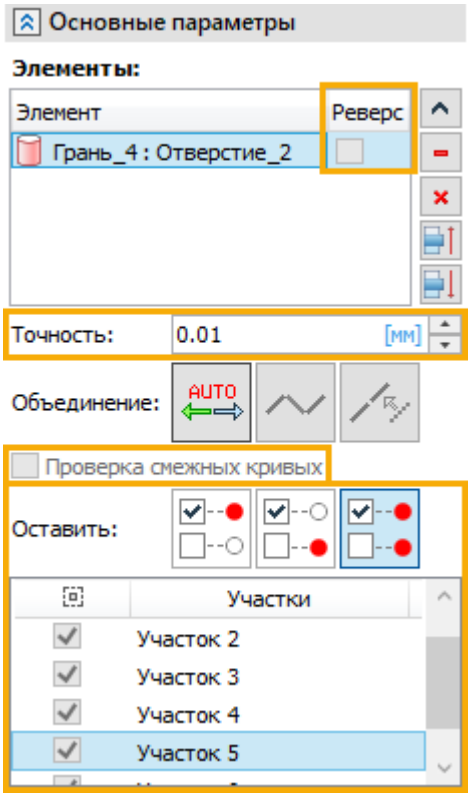
Дуга строится таким образом, чтобы касаться проекций двух выбранных пользователем кривых (начальной и конечной) на выбранную пользователем опорную плоскость. Опционально можно выбрать дополнительный объект привязки - точку или кривую. В таком случае, помимо касания проекций начальной и конечной кривых, дуга будет также касаться проекции кривой привязки или проходить через проекцию точки привязки. Длина дуги ограничена точками касания начальной и конечной кривых. Расположение точек касания определяется системой автоматически. При использовании объекта привязки все размеры дуги полностью определяются выбранными исходными элементами и рассчитываются автоматически. Если объект привязки не выбран, пользователь может непосредственно указать радиус или диаметр дуги.

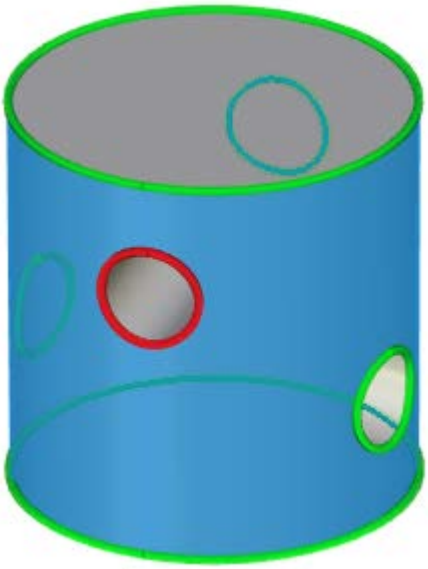


3D кривая по 3D элементам

Команда **Составной 3D путь** переименована в **3D кривая по элементам.** Добавлена возможность создания 3D кривой по границам грани, по границам нескольких граней, по границам тела-поверхности.

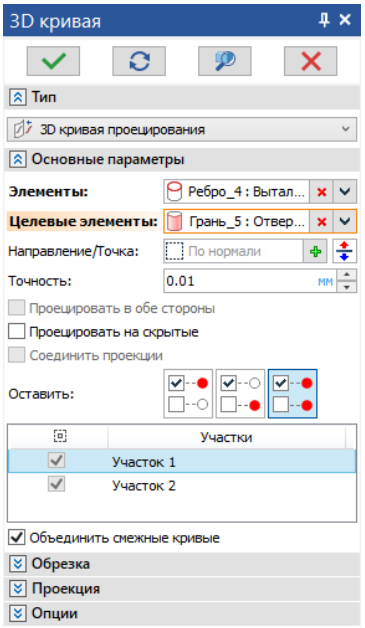
Если в результате получаются несколько не связанных друг с другом участков, то можно выбрать, какие из них оставить. Флаг, управляющий направлением участков, перенесён в список исходных элементов. Добавлен параметр точности операции. Для автоматического режима объединения исходных элементов добавлена опция **Проверка смежных кривых**, при включении которой объединяются только кривые с общей конечной точкой (при отсутствии общей точки команда выдаст ошибку).

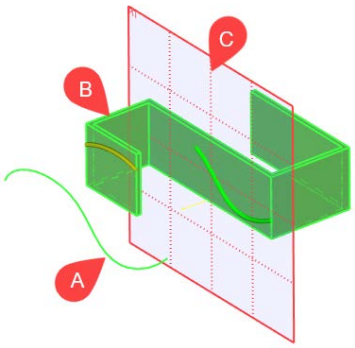




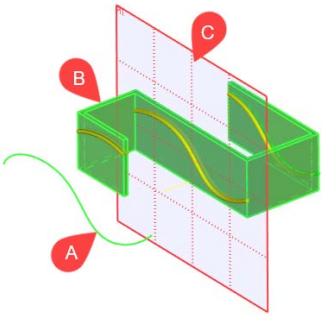
3D кривая проецирования

Команда **Проекция 3D пути на грань или тело** заменена новой командой **3D кривая проецирования**. В качестве исходных кривых и целевых поверхностей теперь можно выбирать элементы различных типов (исходные: 3D профиль, цикл, ребро, грань или набор таких элементов, сопряжённых между собой; целевые: рабочая плоскость, рабочая поверхность, твёрдое тело, тело-поверхность, 3D профиль, грань, либо набор таких элементов, сопряжённых между собой). По умолчанию проецирование производится по нормали к ближайшей целевой поверхности, при необходимости можно указать произвольное направление. Проецирование теперь возможно не только на конкретную грань, но и на все грани тела, включая скрытые. Если в результате получаются несколько не связанных друг с другом участков, то можно выбрать, какие из участков следует оставить, а также автоматически соединить их.

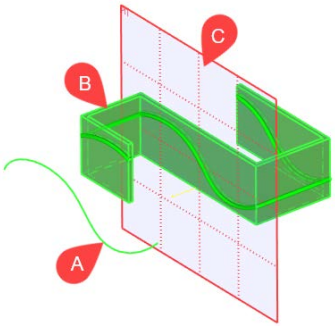




Проецирование на скрытые грани и объединение участков отключены



Проецирование на скрытые грани включено, объединение участков отключено



Проецирование на скрытые грани и объединение участков включены

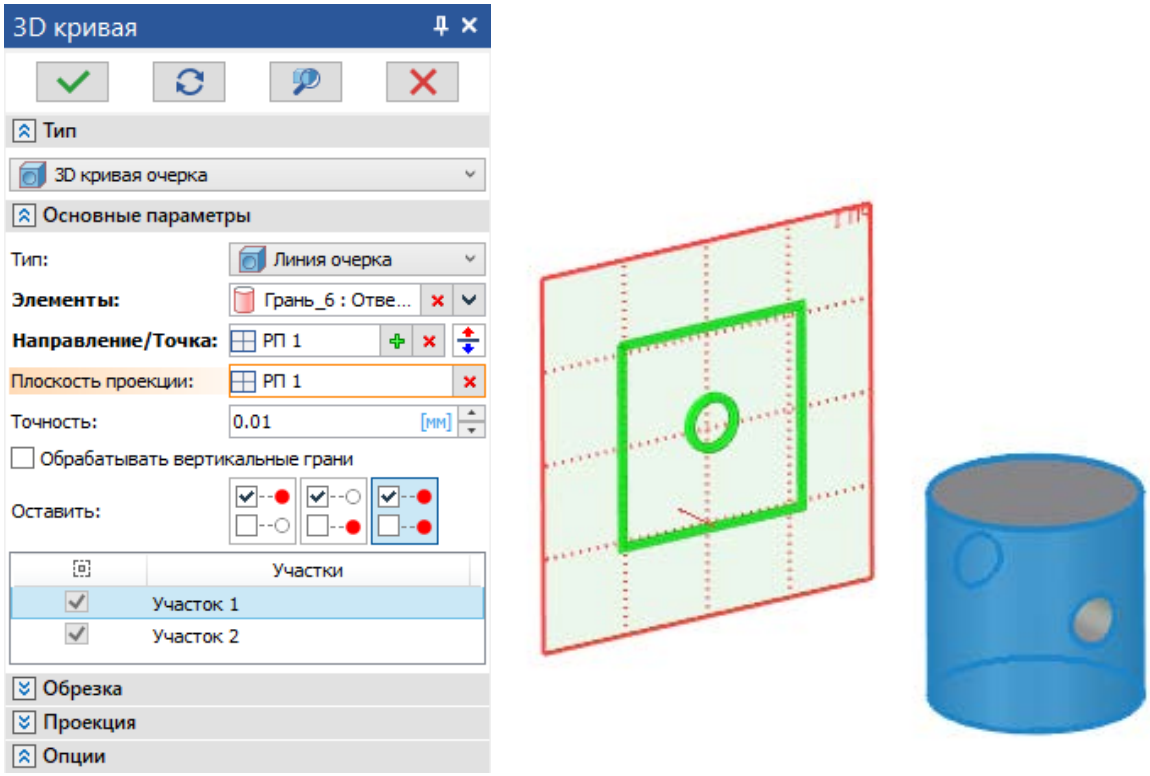
A - исходная кривая;

B - целевое тело, на которое производится проецирование;

C - плоскость, определяющая направление проецирования

3D кривая очерка

Команда **Линия очерка** переименована в **3D кривая очерка**. Добавлена возможность проецирования результирующей кривой на произвольную плоскость. Если в результате получаются несколько не связанных друг с другом участков, то можно выбрать, какие из них оставить.

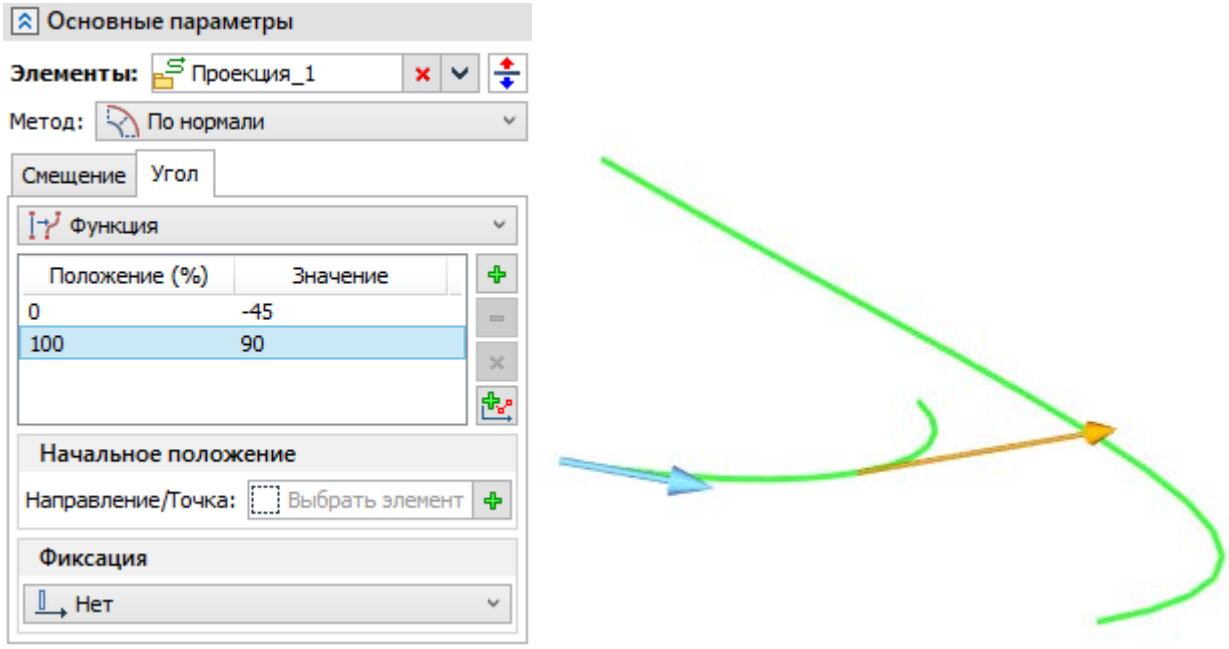


3D кривая смещения

Команды **Кривая смещения к плоскому 3D пути**, **Кривая смещения к 3D кривой на поверхности** и **3D кривая смещения к 3D пути** заменены единой новой командой **3D кривая смещения**, предоставляющей расширенные возможности.

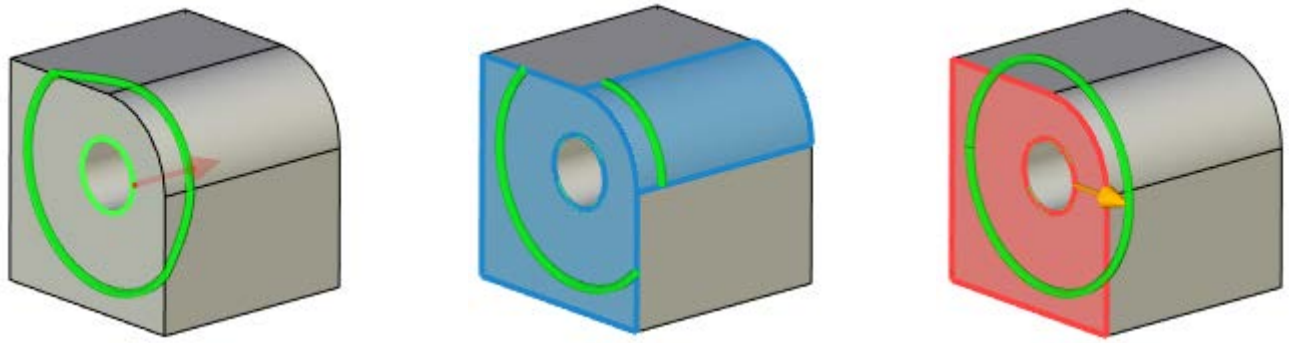
Новая команда поддерживает два типа смещения - **В пространстве** и **По грани** (поверхности). Для обоих типов в качестве исходной кривой теперь можно использовать не только 3D кривую, но также 3D профили, рёбра, циклы, границы граней, образующие непрерывную последовательность без разветвлений и самопересечений.

Смещение **В пространстве** производится либо по нормали к исходной кривой (по умолчанию), либо в заданном пользователем направлении. Пользовательское направление при этом может быть как фиксированным, так и изменяющимся по длине кривой.



Смещение в направлении, заданном углом поворота относительно нормали к исходной кривой. Угол поворота задан функцией изменения значений вдоль длины кривой.

Смещение **По грани** производится вдоль опорной поверхности, в качестве которой можно использовать грани тел (конкретную грань, пользовательский набор граней или все грани выбранного тела) или формирующие их аналитические поверхности. В последнем случае результирующая кривая может выходить за пределы исходных граней.



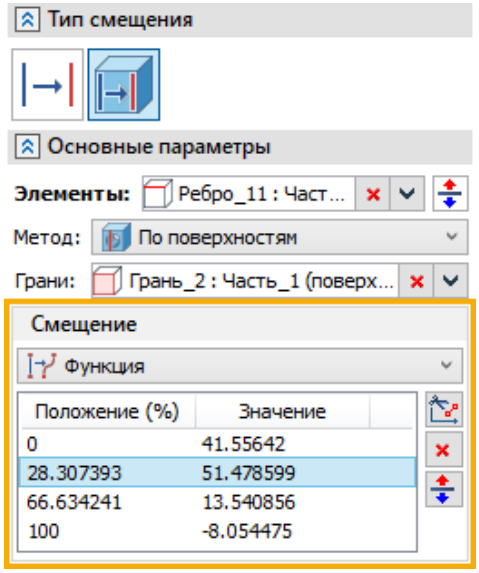
Смещение ребра отверстия:

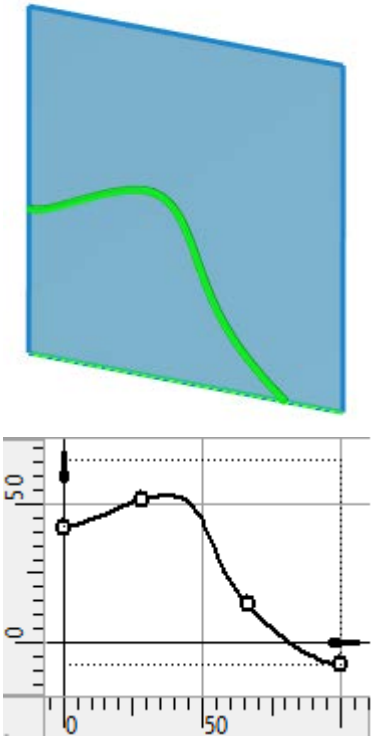
по всем граням родительского тела;

по двум граням, выбранным вручную;

по поверхности, заданной одной из граней.

Величина смещения может задаваться постоянным значением, точкой, через которую будет проходить кривая, или функцией изменения значений вдоль длины кривой. Если в результате получаются несколько не связанных друг с другом участков, то можно выбрать, какие из участков следует оставить, а также автоматически соединить их.

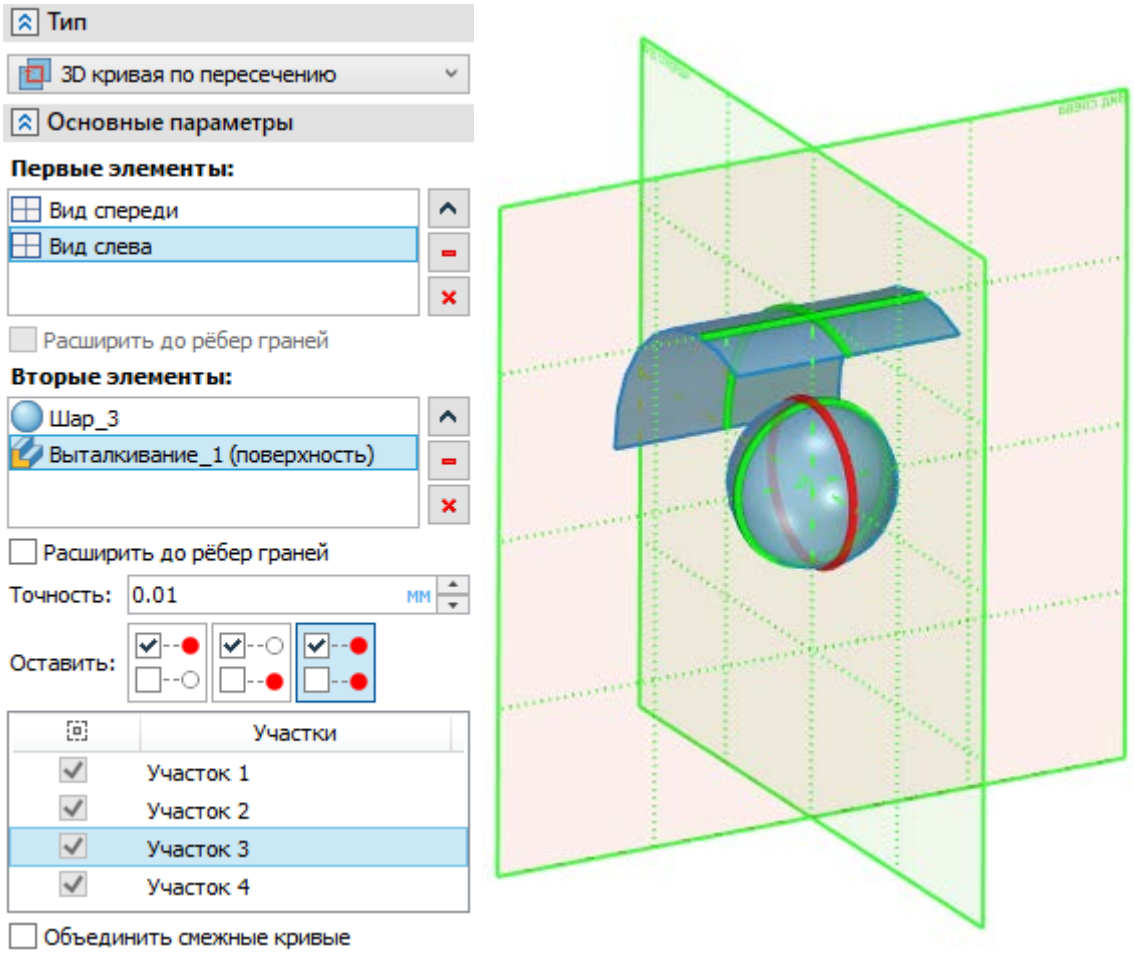




Величина смещения нижнего ребра грани задана с помощью произвольного графика изменения значений вдоль длины кривой

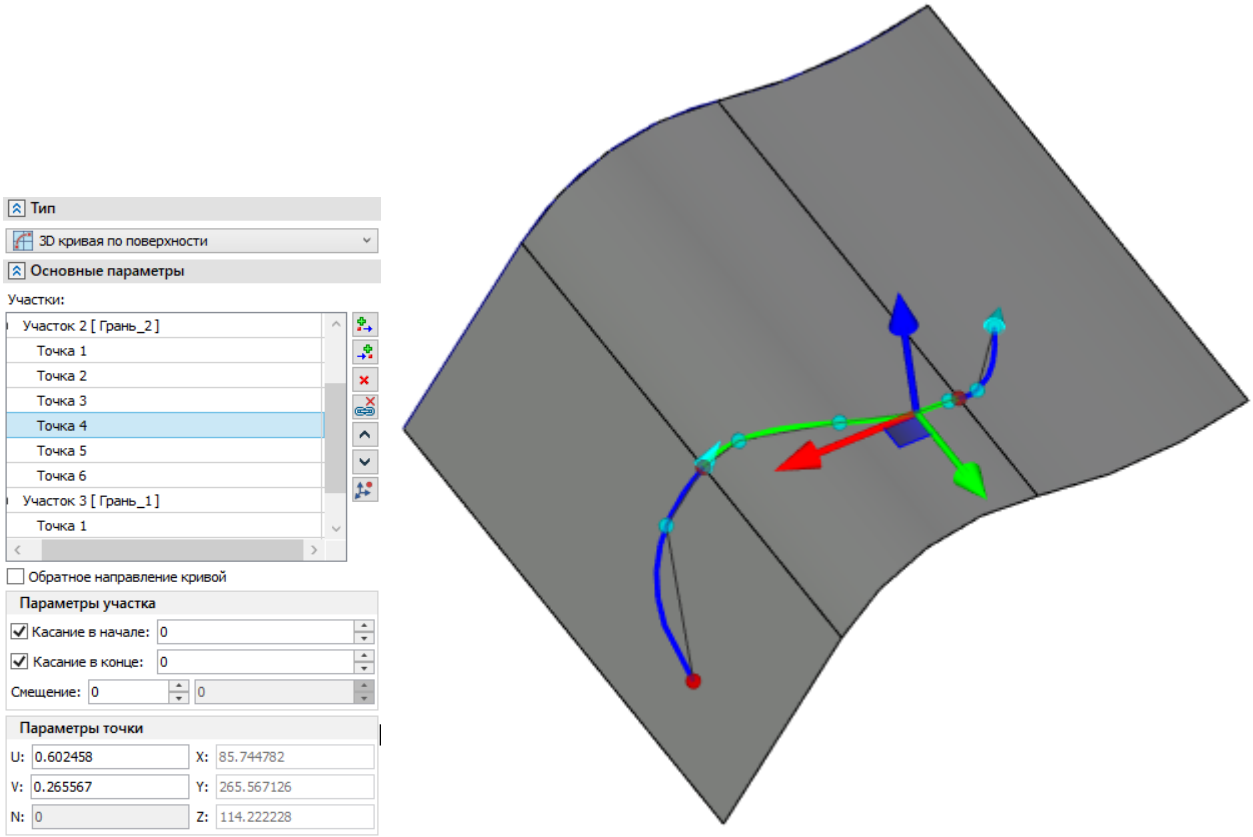
3D кривая по пересечению

Команда **3D путь на пересечении элементов** теперь называется **3D кривая по пересечению**. Интерфейс команды обновлён, добавлена возможность выбора нескольких элементов в качестве первых, так и в качестве вторых.



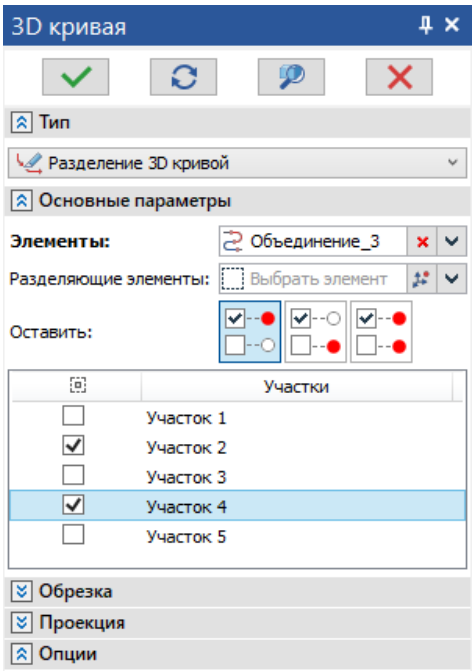
3D кривая по поверхности

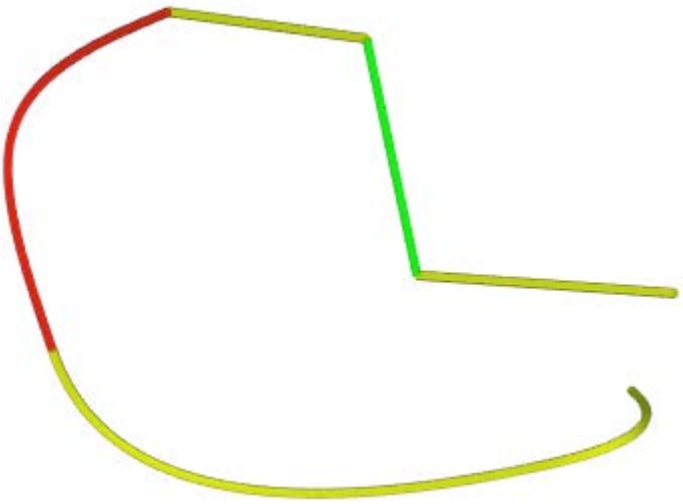
Новая команда **3D кривая по поверхности** позволяет построить кривую, лежащую на выбранных поверхностях, аналогично тому как строится трасса в пространстве.



Разделение 3D кривой

Команда **Разделение пути** переименована в **Разделение 3D кривой**. Интерфейс команды обновлён, добавлена возможность разделения без указания разделяющих элементов для кривых некоторых типов. По умолчанию такие кривые разбиваются системой автоматически на участки, ограниченные вершинами самой кривой.



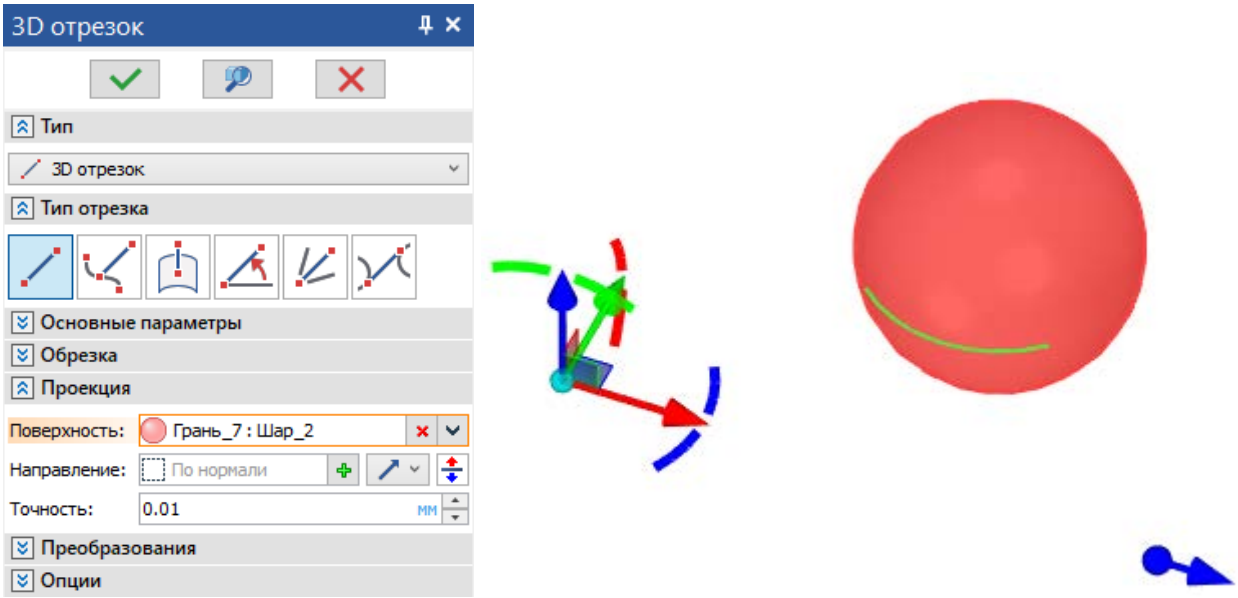


Сгладить 3D кривую

Команда **Сгладить 3D путь** переименована в **Сгладить 3D кривую**. Добавлен режим **Сплайн**, позволяющий превратить исходную кривую или набор кривых в сплайн с заданными параметрами гладкости.

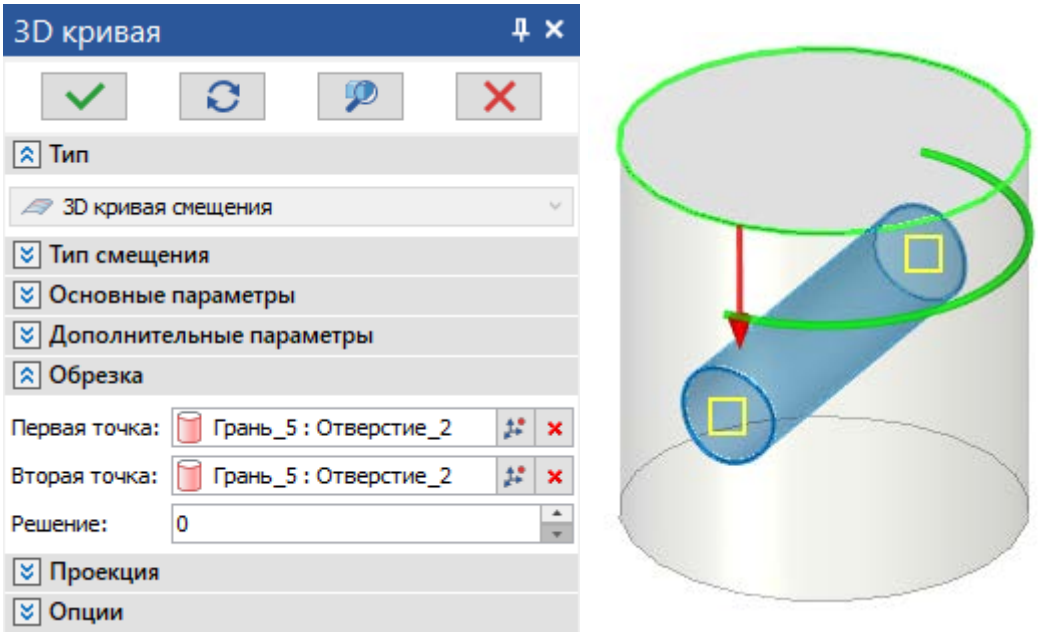
Проекция

В окно параметров всех команд создания и модификации 3D кривых добавлен раздел **Проекция**, позволяющий спроецировать кривую на заданную поверхность/набор поверхностей по нормали, либо в указанном пользователем направлении.



Обрезка

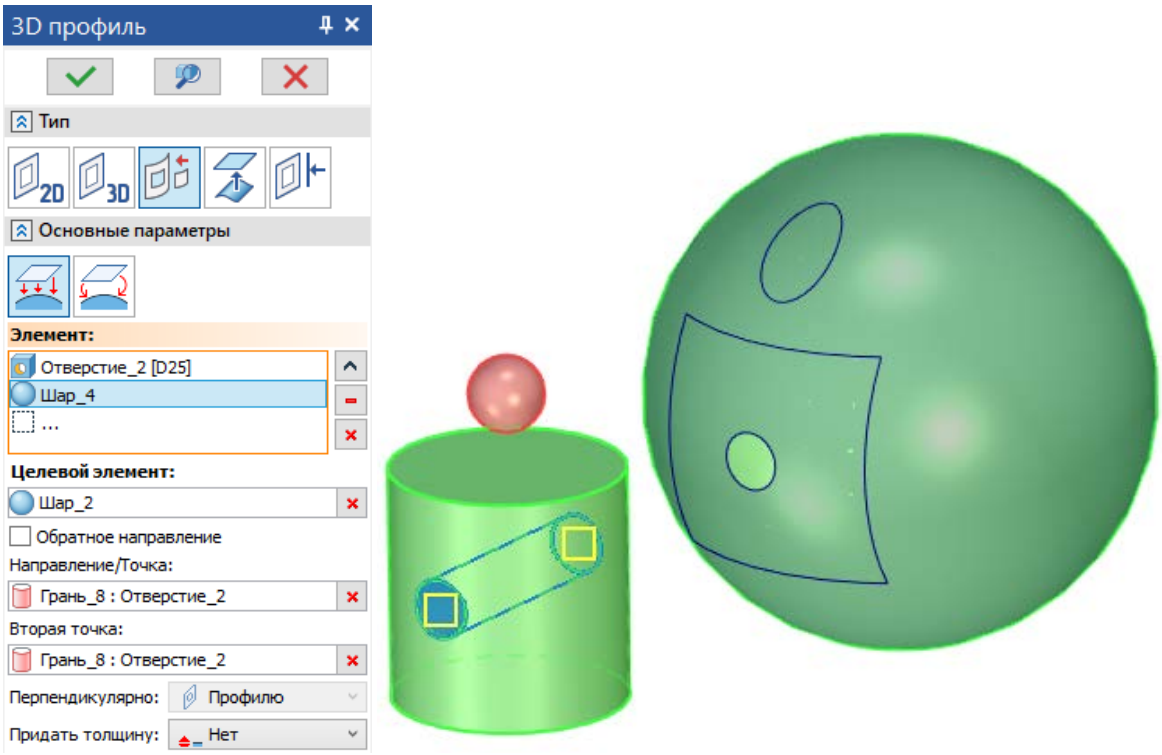
В окно параметров всех команд создания и модификации 3D кривых добавлен раздел **Обрезка**, позволяющий обрезать результирующую кривую по заданным точкам.



3D профиль

Проекция 3D профиля

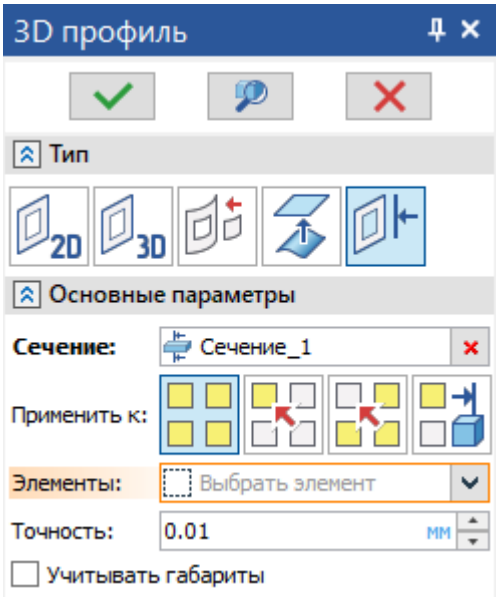
Команда **Проекция 3D профиля** переименована в **Проекционный 3D профиль**. В режиме **Спроецировать 3D профиль на грань** добавлена возможность в качестве исходного элемента теперь, помимо 3D профиля, можно выбрать тело или поверхность.

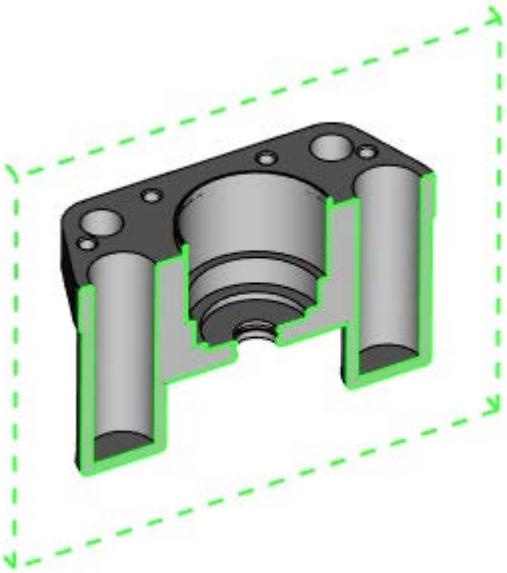


3D профиль по сечению

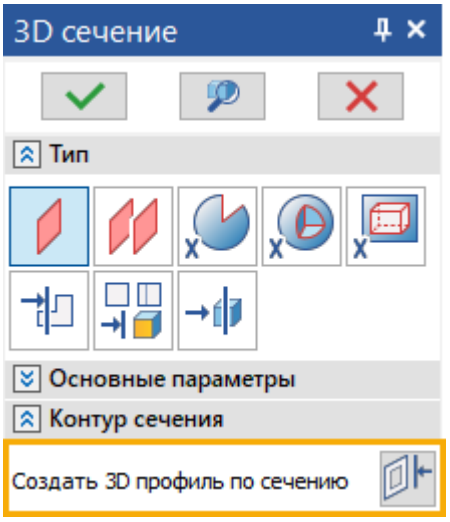
Реализована новая команда для создания **3D профиля по сечению**.

При создании профиля с помощью данной команды необходимо указать имеющееся 3D сечение. При этом опционально можно указать элементы, к которым будет применено сечение, отличные от указанных в параметрах самого сечения.





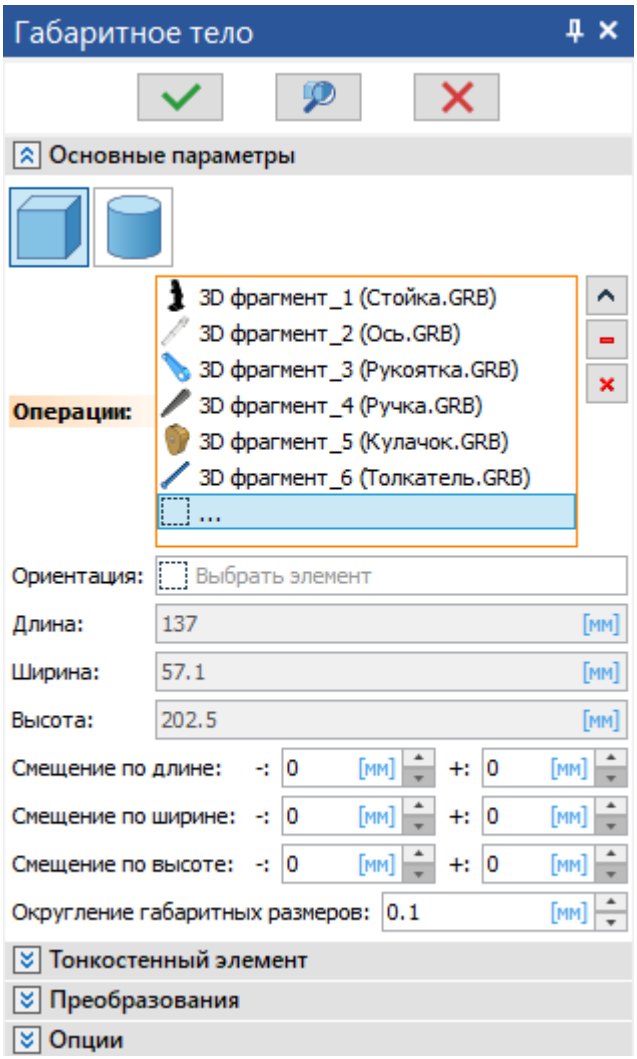
Опция создания профиля по сечению также доступна внутри команды создания сечения.

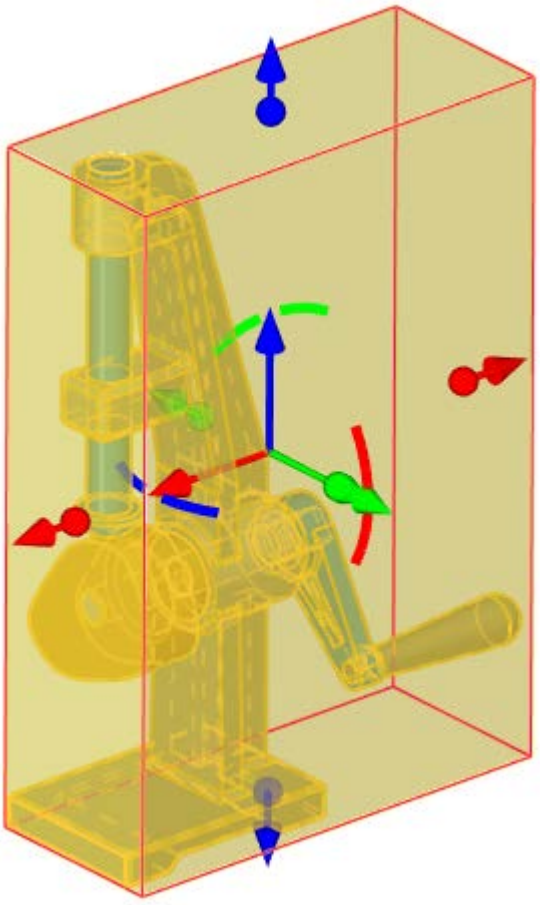


Твердотельное моделирование

Габаритное тело

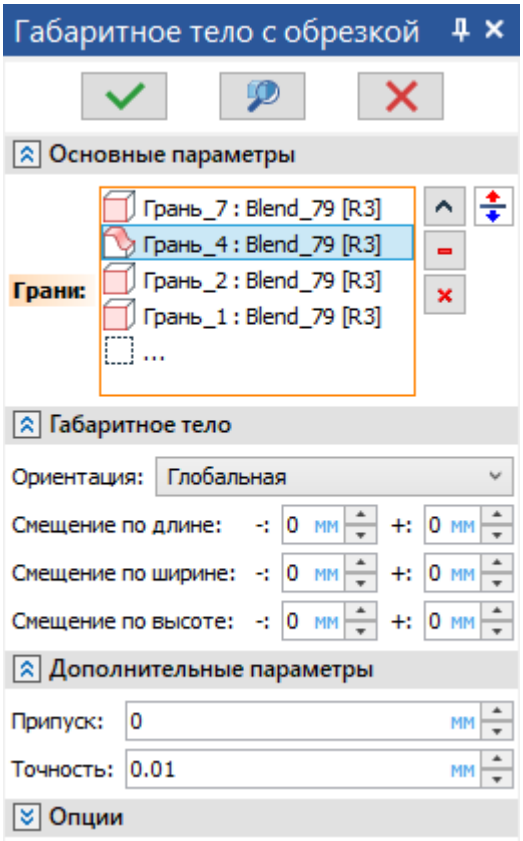
Новая команда **Габаритное тело** позволяет строить тела-заготовки в форме цилиндра или параллелепипеда по габаритам выбранного тела или набора тел.

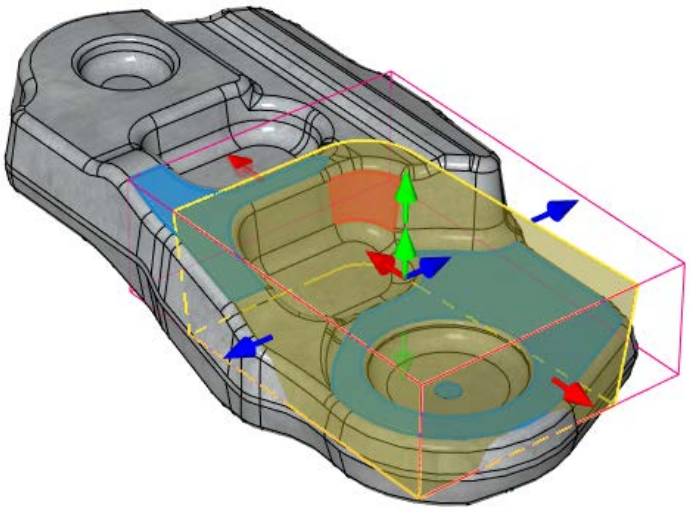




Габаритное тело с обрезкой

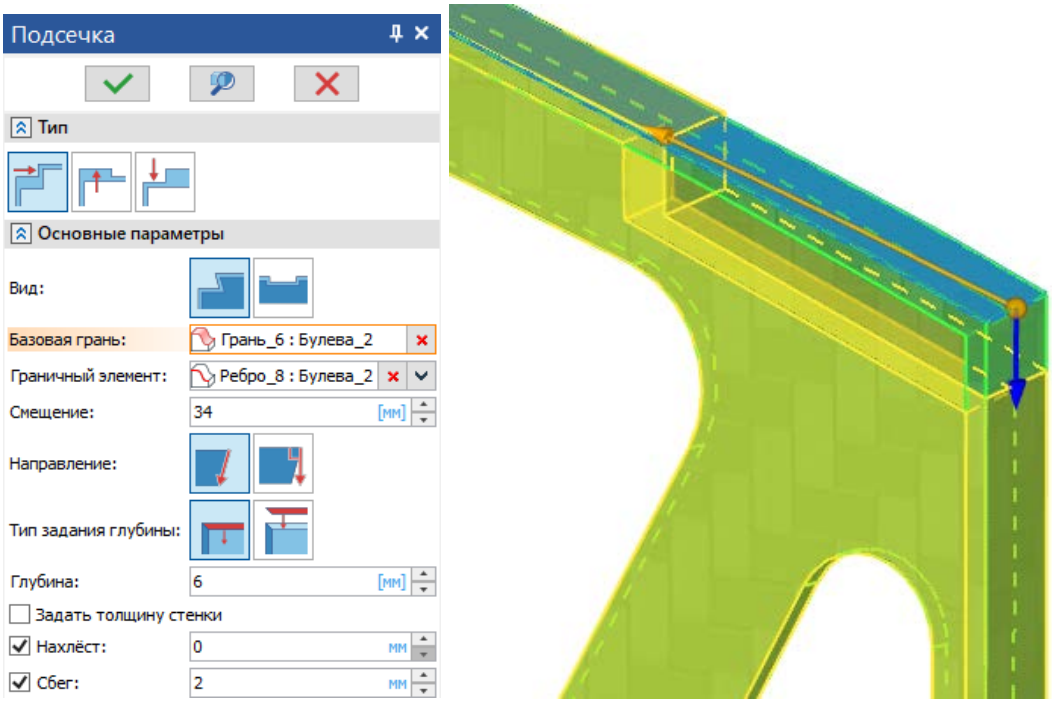
Новая команда **Габаритное тело с обрезкой** позволяет строить тела-заготовки в форме параллелепипеда по габаритам выбранного набора граней, обрезанного этими гранями.

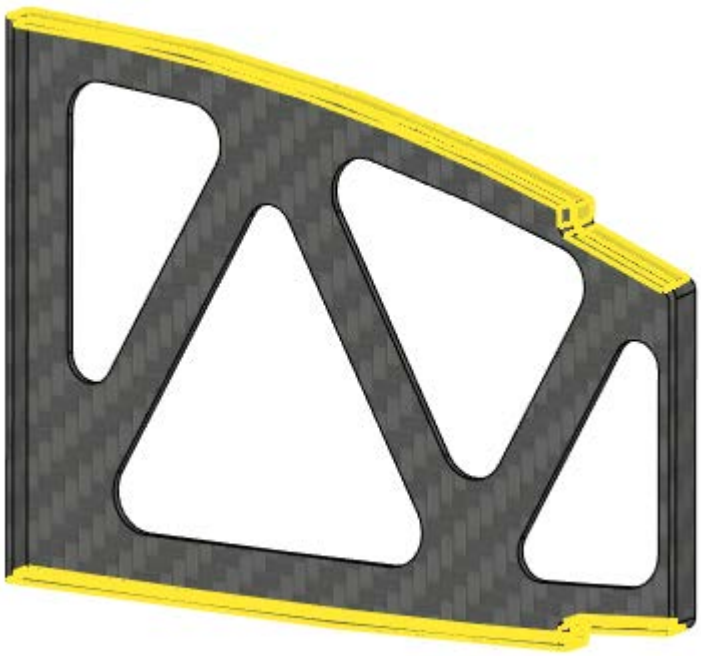




Подсечка

Реализована новая операция **Подсечка,** предназначенная для автоматизации формирования различных бобышек, выступов, подрезок на твёрдых телах.





По сечениям

В операцию **По сечениям** добавлен режим, обеспечивающий синхронизацию контуров по точкам излома (углам).

По сечениям с траекторией

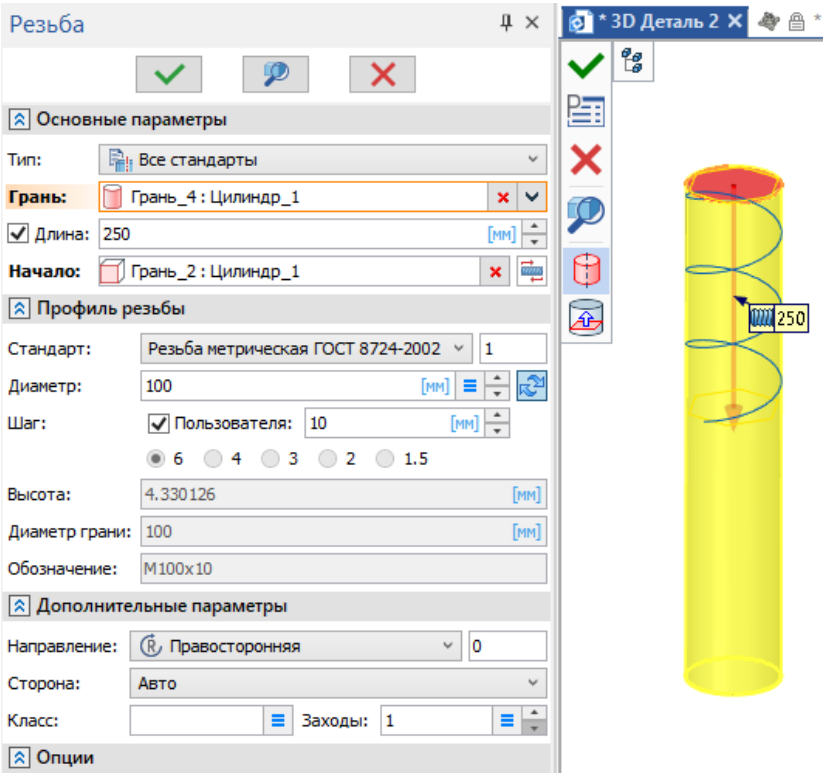
Новая команда **По сечениям с траекторией** обеспечивает возможность управления геометрией тела на основе одновременно контуров сечений и траекторий.

По траектории

В команде **По траектории** расширены возможности по управлению направлением перемещения исходного элемента, добавлена возможность визуализации и устранения самопересечений.

Резьба

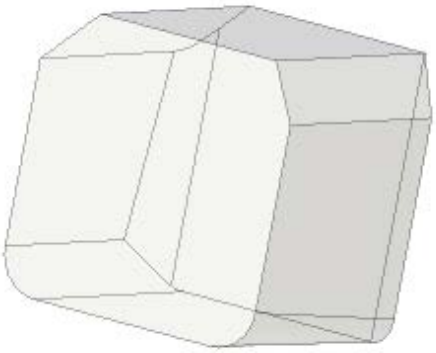
Выполнена модернизация диалога параметров команды **Резьба**. Добавлено прямое управление длиной резьбы. Добавлено управление опорной геометрией, реализована возможность автоматического выбора опорной геометрии, реализована возможность задания пользовательского шага резьбы.



Сглаживание рёбер

Значения параметров операций сглаживания теперь выводятся непосредственно в дерево модели в квадратных скобках.

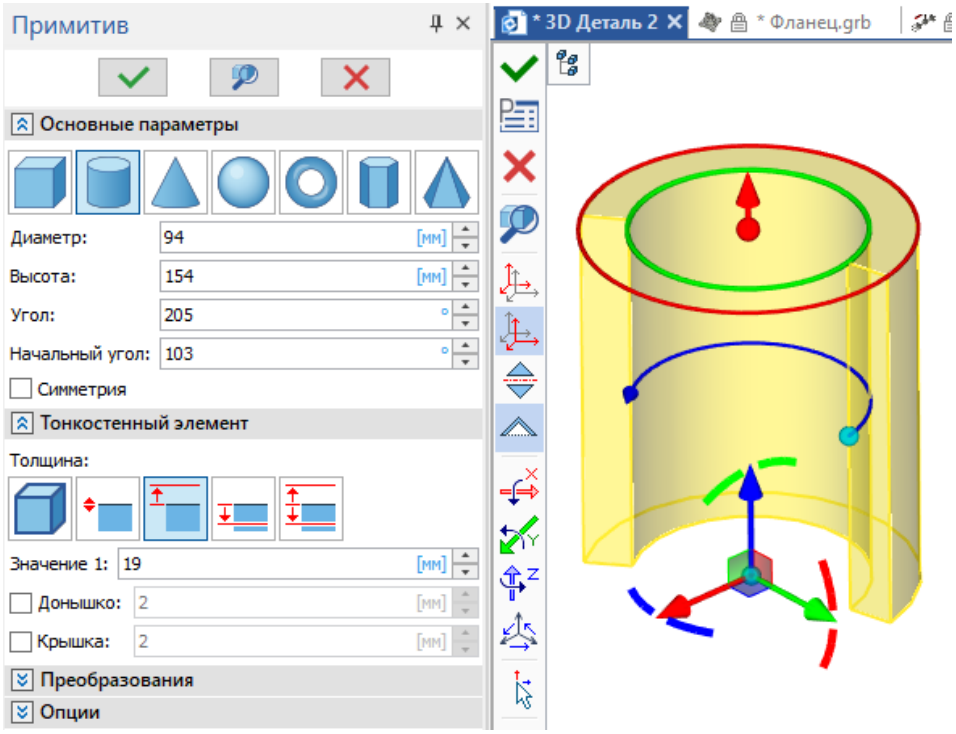
Тело_3
Параллелепипед_3
Скругление_1 [R15]
Фаска_2 [20x45°]
Скругление_3 [R10; R15]
Фаска_4 [L20; L10]
Скругление_5 [R10, R10; R10, R20]
Фаска_6 [L5*; L10*]



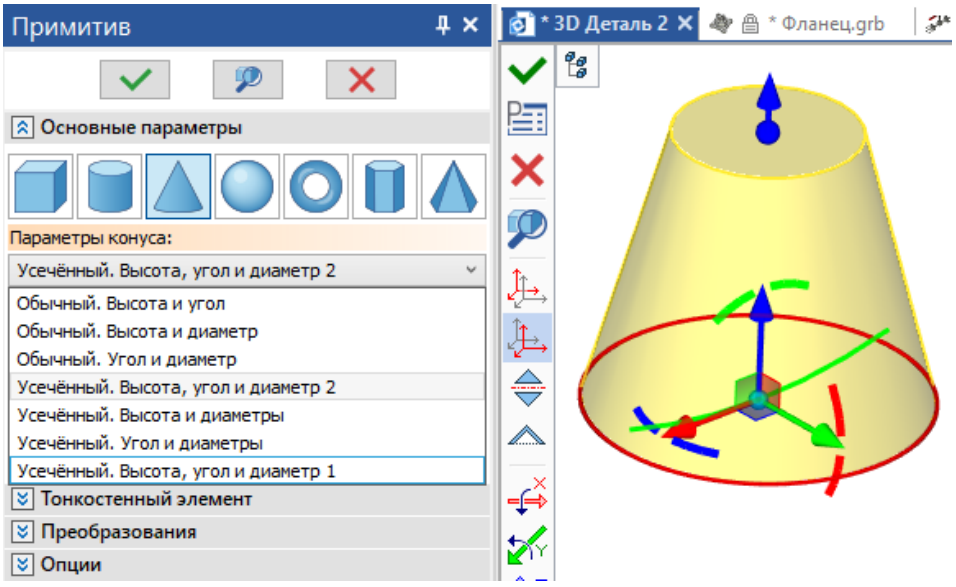
Примитив

Расширены возможности по формированию более сложной геометрии с помощью примитивов, добавлены манипуляторы, управляющие заданием толщин стенок.

Для примитивов **Сфера**, **Цилиндр**, **Конус**, **Тор** стали доступны параметры **Угол** и **Начальный угол**, позволяющие создавать примитивы с неполным углом вращения.

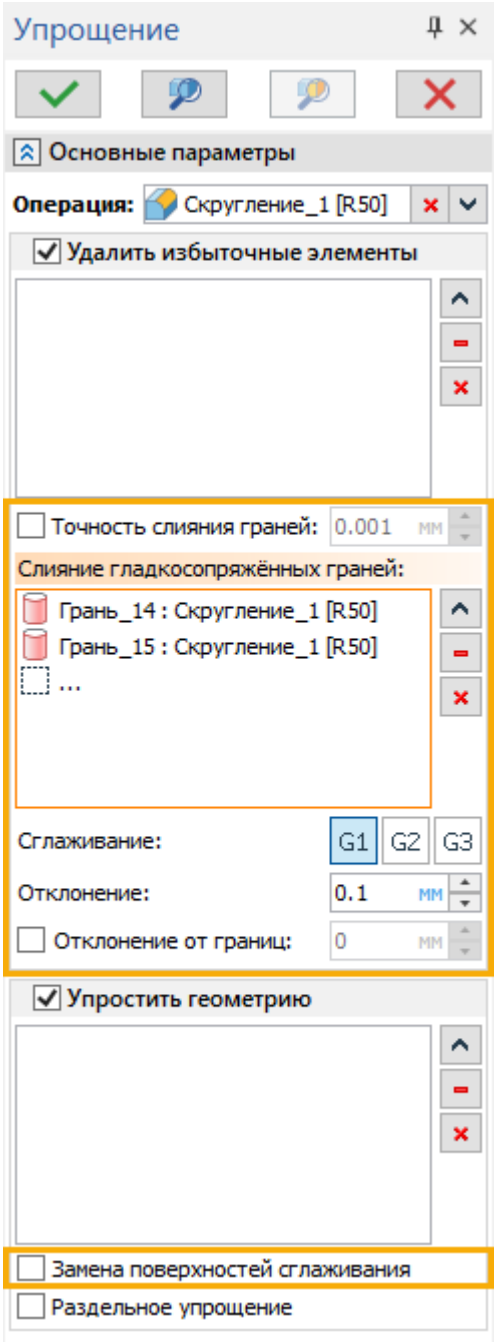


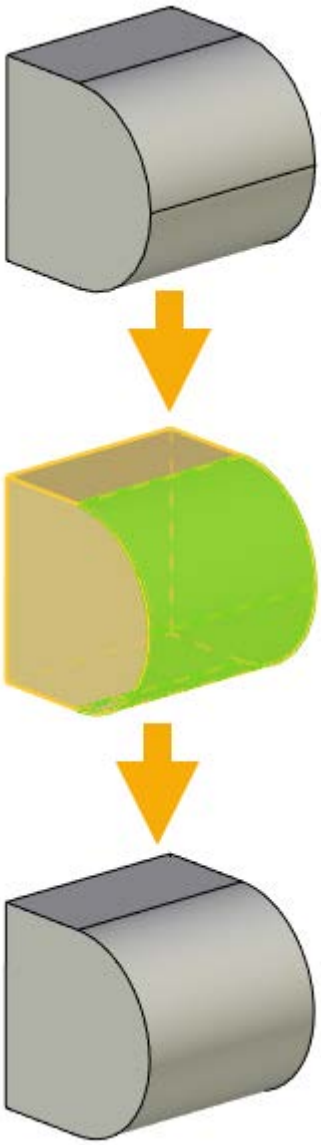
Для **Конуса** добавлен выпадающий список, в котором можно выбрать набор параметров, используемых для построения.



Упрощение

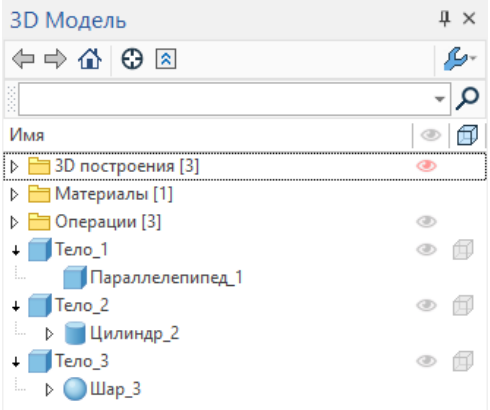
Обновлён интерфейс команды **Упрощение**. Добавлены новые возможности по упрощению топологии тел и упрощению геометрии. Появилась возможность напрямую указать набор гладко сопряжённых граней для преобразования в одну сплайновую грань и настроить параметры результирующей грани. Добавлена настройка точности слияния граней и возможность включать/выключать опцию замены поверхностей сглаживания аналитическими поверхностями.

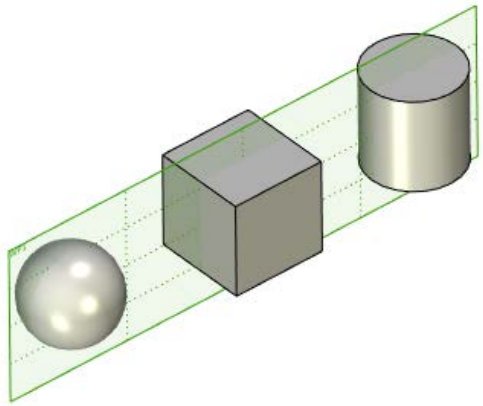




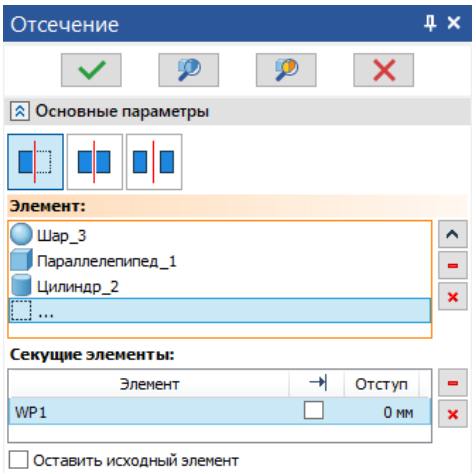
Отсечение

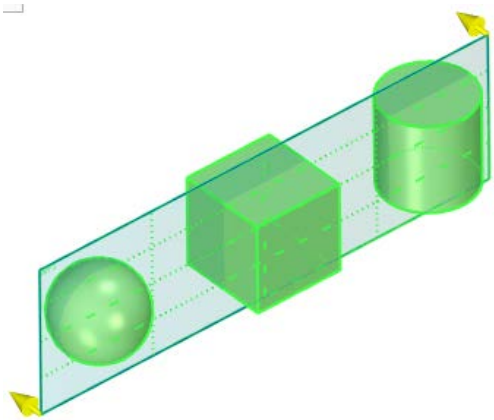
В команде **Отсечение** теперь стал доступным выбор нескольких исходных элементов. Результат отсечения каждого из элементов остаётся независимым.



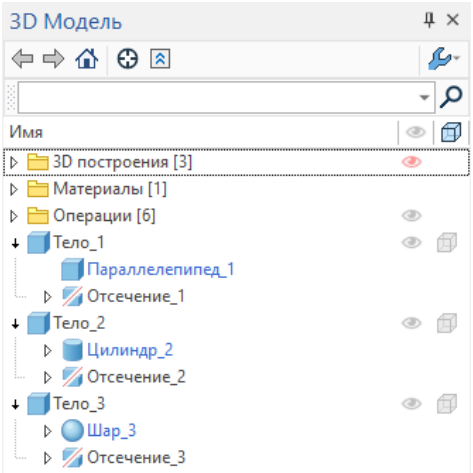


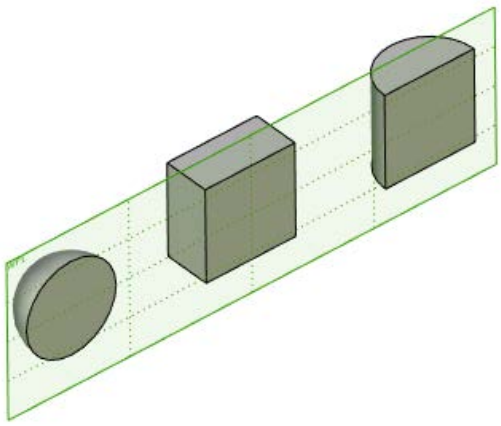
Исходные элементы





Параметры отсечения





Результат отсечения

Гибридное моделирование

В системе появилась возможность работы как с сеточными (фасетными), так и с гибридными телами. Сеточные тела могут получаться в результате импорте, а также при выполнении ряда других операций. Над сеточными телами могут выполняться различные операции 3D моделирования. В результате могут получаться гибридные тела, имеющие часть сеточных граней, часть аналитических.

Сеточные и гибридные тела могут полноценно использоваться в качестве твердотельной или поверхностной геометрии. В частности, использоваться в проектах T-FLEX CAM, использоваться в командах измерения, участвовать в составе элементов проекций.

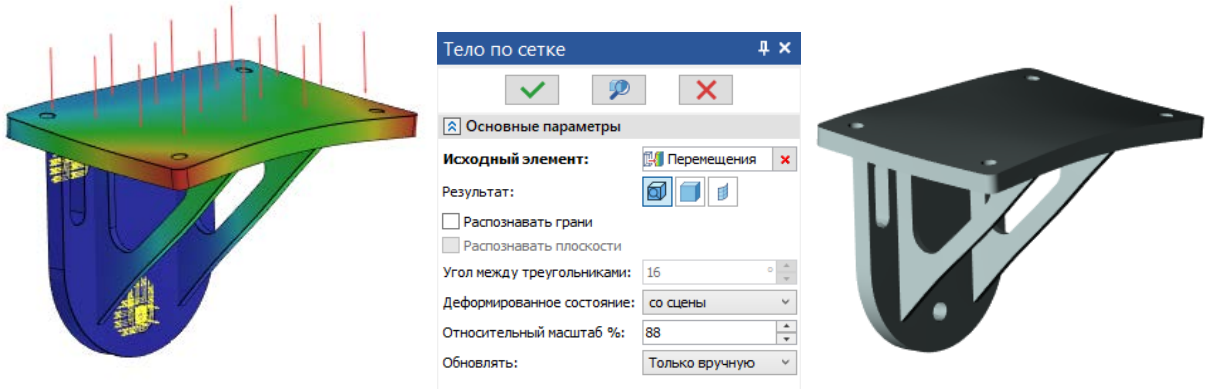
Внешняя модель

Выполнены доработки операции **Внешняя модель**. Добавлена возможность открытия сеточных форматов (DXF, DWG, STL и т.д.). В результате создаются сеточные тела.

Тело по сетке

Команда **Тело по сетке** позволяет преобразовать в твердое тело или тело-поверхность исходные элементы следующих типов:

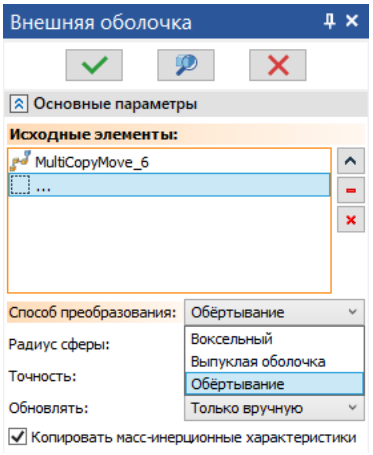
- 3D изображение;
- расчётная сетка задач конечно-элементного анализа, в т.ч. в деформированном состоянии (см. приложение T-FLEX Анализ);
- воксельное тело (см. приложение T-FLEX CAM).

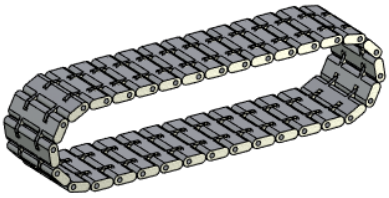


После выполнения преобразования, полученные тела могут полноценно использоваться при дальнейшем моделировании.

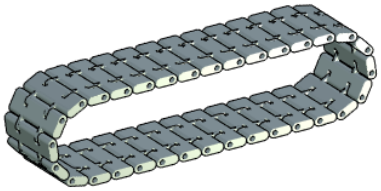
Внешняя оболочка

Команда **Внешняя оболочка** позволяет создать упрощённое представления сложной сборки в виде единого сеточного тела, которое можно использовать для дальнейшего моделирования. В зависимости от заданных пользователем способа преобразования и точности, операция позволяет исключить мелкие отверстия и полости.

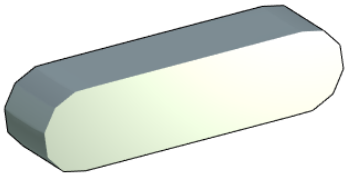




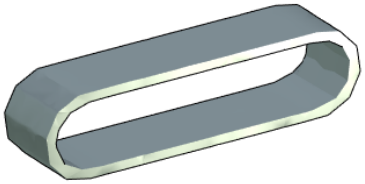
Исходная твердотельная модель



Воксельный способ преобразования



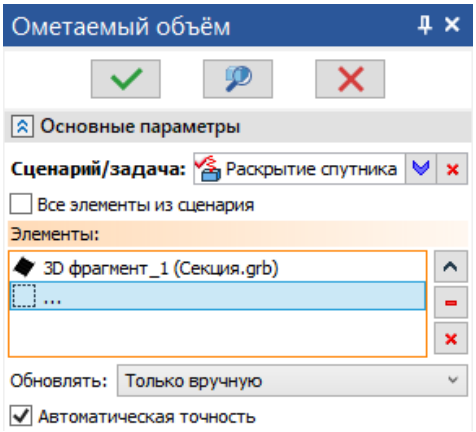
Выпуклая оболочка

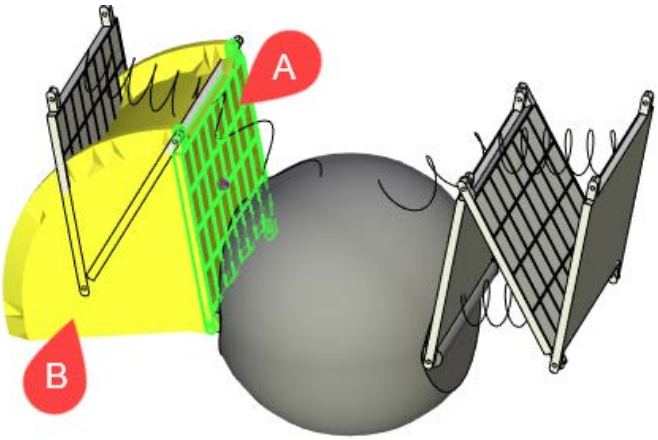


Обёртывание

Ометаемый объём

Команда **Ометаемый объём** позволяет позволяет создать след от движения тела или набора тел. В качестве элементов, для которых будет генерироваться тело ометаемого объёма, могут быть выбраны элементы сценария анимации и задачи динамического анализа, а также дополнительные тела и 3D фрагменты. В результате выполнения операции создаётся единое сеточное тело, которое можно в дальнейшем использовать в измерениях и операциях 3D моделирования. У созданного тела сохраняется ассоциативная связь со сценарием/задачей, но так как процесс генерации тела ометаемого объёма является ресурсозатратным, то есть занимает много времени и памяти, то по умолчанию в команде выставлен параметр обновления **Только вручную**. В этом случае геометрия тела не обновляется ни при оптимальном, ни при полном пересчёте модели.

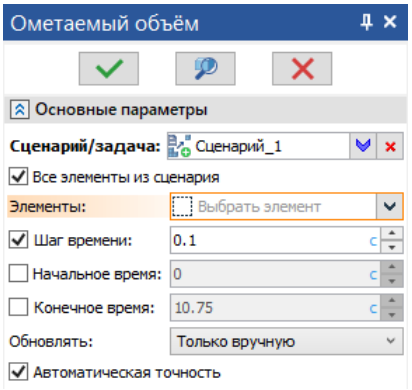


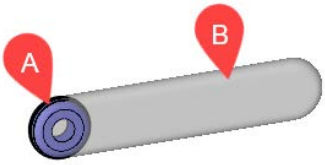


A - исходный элемент

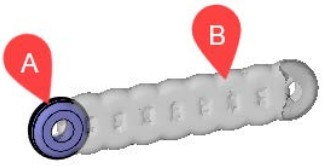
B - ометаемый объём

При выборе сценария анимации можно также задать интервал времени выполнения сценария и шаг времени, с которым выполняется сценарий для генерации тела.





Шаг времени = 0.1с



Шаг времени = 1с

A - исходный элемент

B - ометаемый объём

Поверхностное моделирование

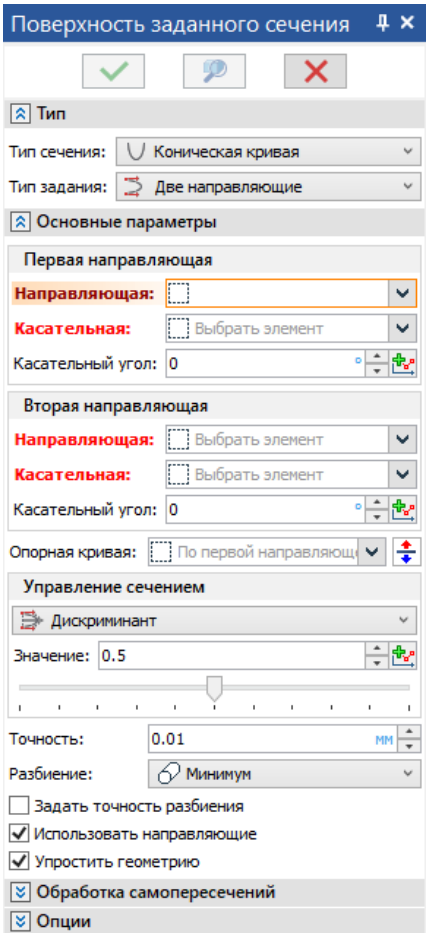
Поверхность заданного сечения

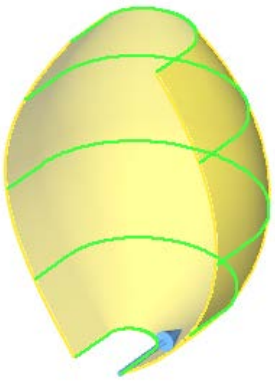
Команда **Переходная поверхность** заменена новой командой **Поверхность заданного сечения** с расширенными возможностями.

Поверхность строится путём протягивания сечения заданной формы вдоль выбранных направляющих в пределах области построения, определяемой совокупностью выбранных исходных объектов.

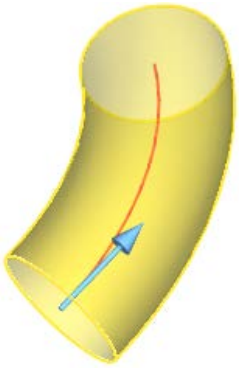
Ориентация сечений в пространстве определяется опорной кривой: в каждой точке опорной кривой можно построить касательную, которая будет задавать нормаль плоскости сечения.

Сечение создаваемой поверхности может представлять собой коническую кривую (параболу, гиперболу или дугу эллипса), окружность или дугу окружности, прямую или уже имеющийся в модели контур произвольной формы. В команду встроен инструментарий диагностики и устранения самопересечений.

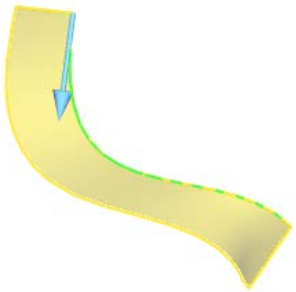




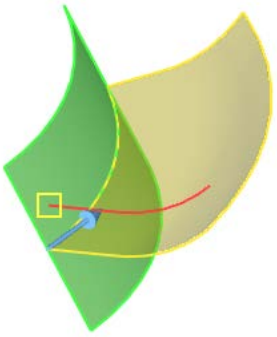
Сечение - Коническая кривая



Сечение - Окружность

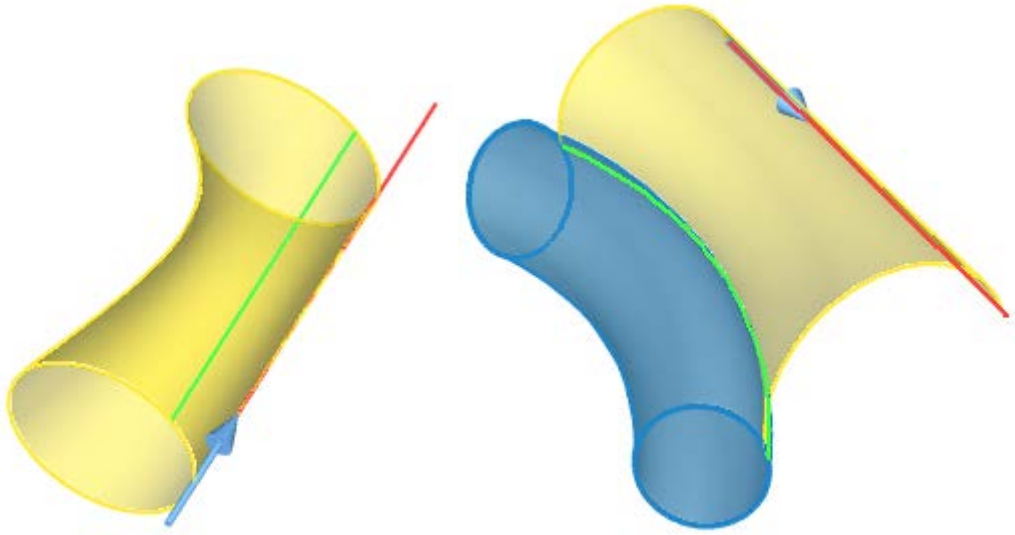


Сечение - Прямая



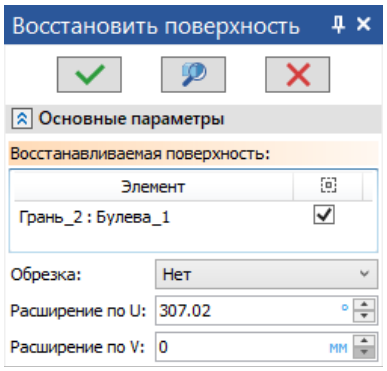
Сечение - Контур

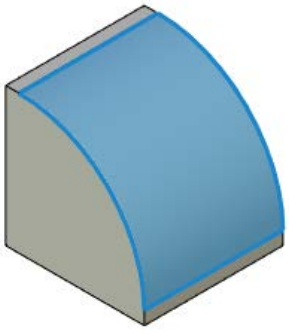
Дополнительно можно задать условия касания создаваемой поверхности к имеющимся элементам модели и/или закон изменения геометрических параметров сечения по длине опорной кривой.



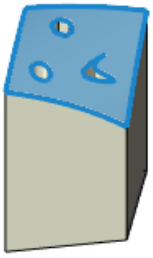
Восстановление поверхности

Новая команда **Восстановление поверхности** позволяет создать тело-поверхность на основе имеющейся грани. Создаваемая поверхность повторяет форму и размеры выбранной грани без учета выполненных в грани вырезов. Если грань ранее была обрезана по краям, можно также расширить создаваемую поверхность до исходных габаритов, которые грань имела до обрезки. Если грань является аналитической поверхностью, результат операции можно дополнительно расширить сверх исходных габаритов.



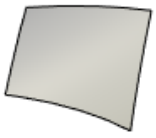


Исходная форма грани

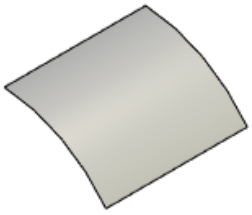


Форма грани перед восстановлением

Результаты восстановления данной грани с разными опциями обрезки показаны ниже



Обрезка - По границам

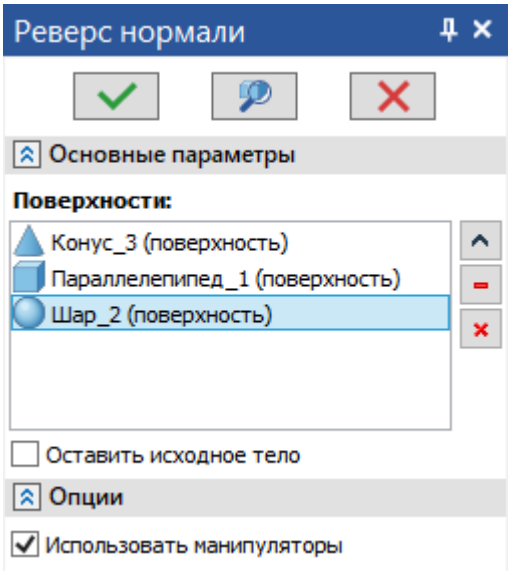


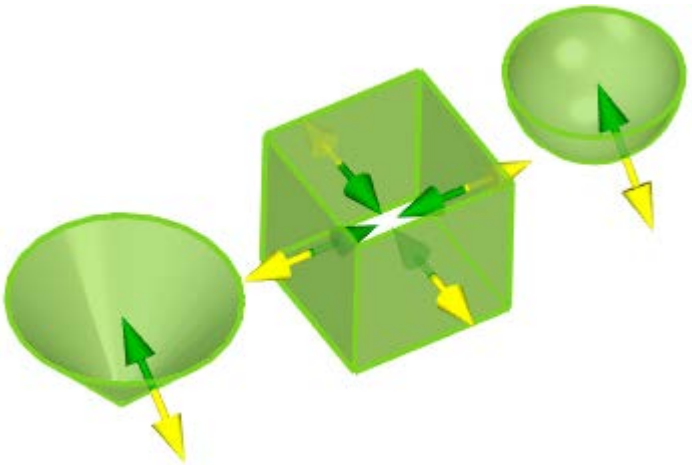
Обрезка - По габаритам

Обрезка - Нет

Реверс нормали

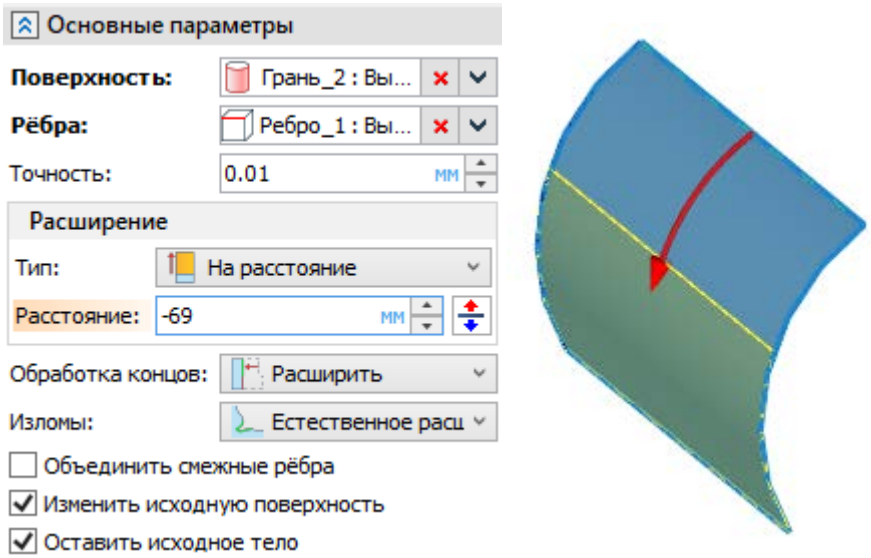
Новая команда **Реверс нормали** позволяет поменять направления нормалей тела-поверхности на противоположные. Изменение направления нормали не влияет на внешний вид тела в T-FLEX CAD, но имеет значение при использовании поверхности в качестве исходной геометрии для других операций, а также при экспорте в другие форматы.



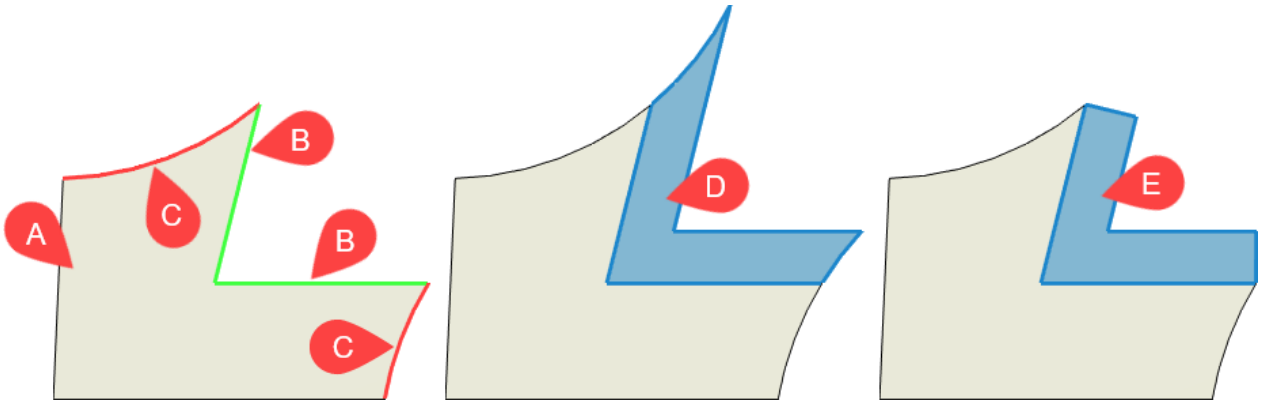


Расширение поверхности

Обновлён интерфейс и расширены возможности команды **Расширение поверхности**. Добавлены возможности отрицательного расширения (т.е. обрезки), расширения до заданного элемента, управления граничными условиями (направлением боковых кромок) и опция объединения смежных рёбер.



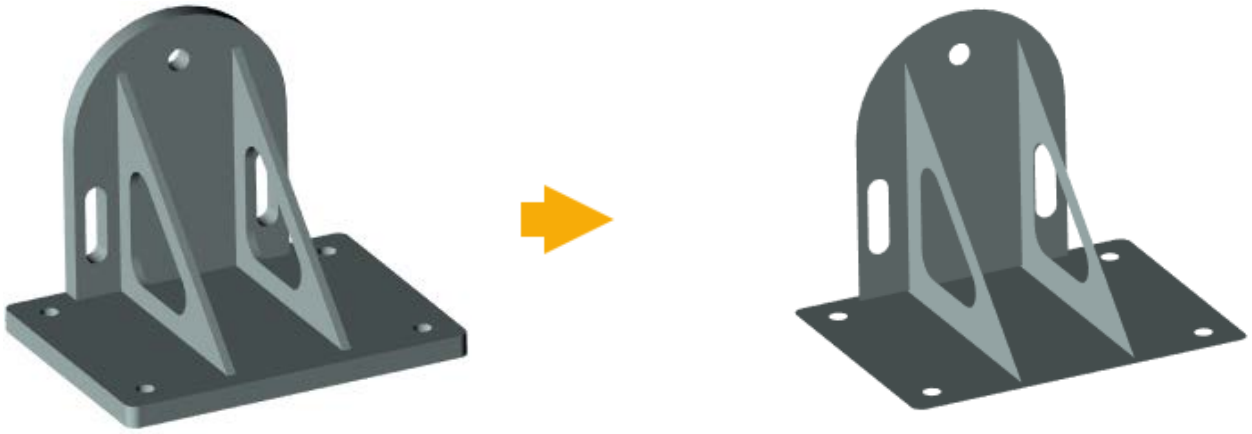
Отрицательное расширение



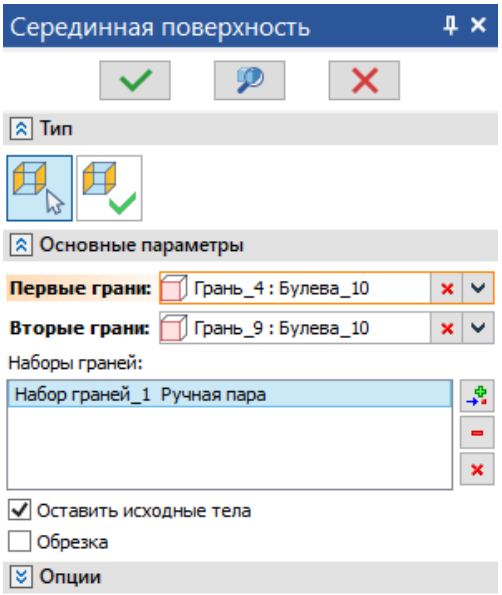
A – исходная поверхность; B – перемещаемые рёбра; C – боковые кромки;
D - расширение с направлением боковых кромок по касательной;
E – расширение с перпендикулярным направлением боковых кромок.

Серединная поверхность

Новая команда **Серединная поверхность** позволяет строить поверхность, проходящую между гранями или наборами граней тела, что может быть полезным как для решения задач, связанных с поверхностным моделированием, так и в качестве одной из подготовительных операций при выполнении расчётов в модуле T-FLEX Анализ.

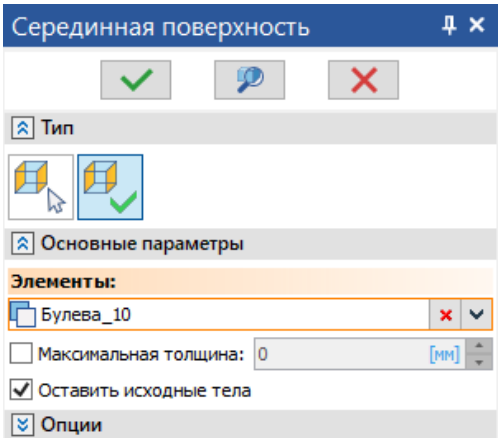


Доступны два режима работы команды:



Ручной

Пары граней для создания поверхности указываются вручную пользователем.

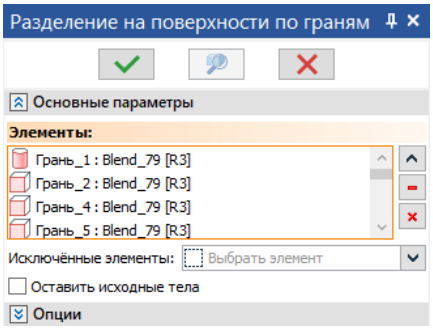


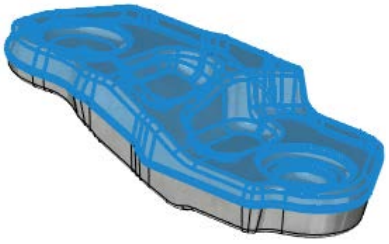
Автоматический

Пользователь указывает тело, на основе которого необходимо создать поверхность, после чего система автоматически ищет пары противоположных граней, толщина тела между которыми минимальна, и распределяет их по парам.

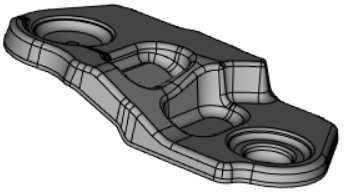
Разделение на поверхности по граням

Новая команда **Разделение на поверхности по граням** позволяет создавать поверхности, повторяющие форму указанных граней. В качестве исходного элемента можно выбрать тело целиком или набор граней. В результате на основе каждой грани создаётся отдельное тело-поверхность. Если выбрано тело целиком, можно указать грани, которые не будут учитываться.





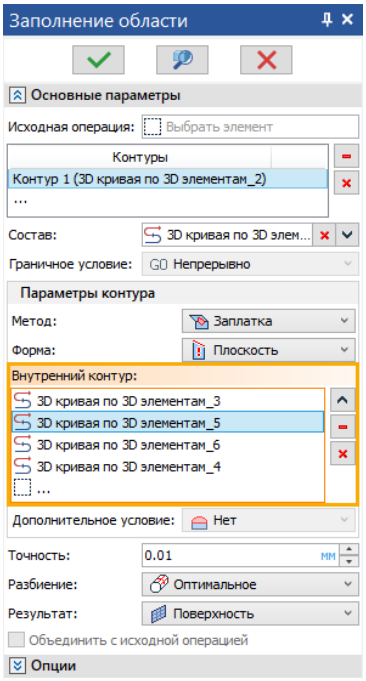
Грани тела, по которым создаются поверхности

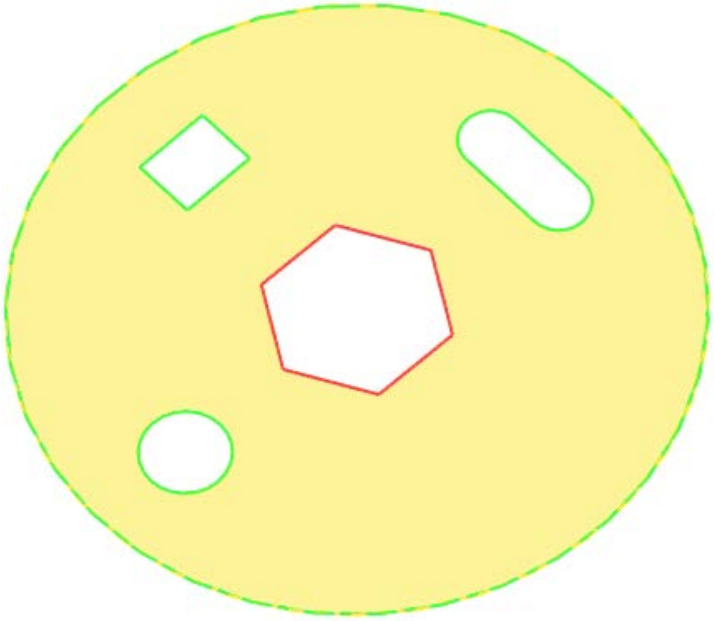


Результат создания поверхностей по граням

Заполнение области

В команде **Заполнение области** теперь можно выбирать внутренние контуры.

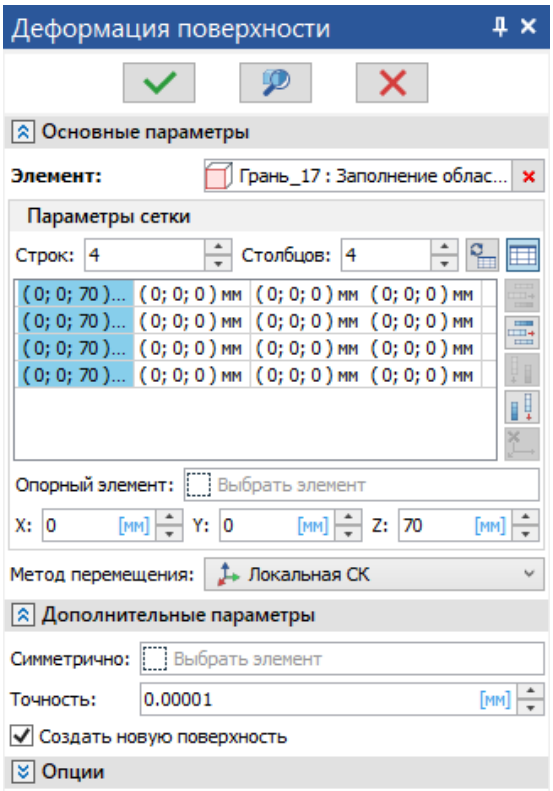


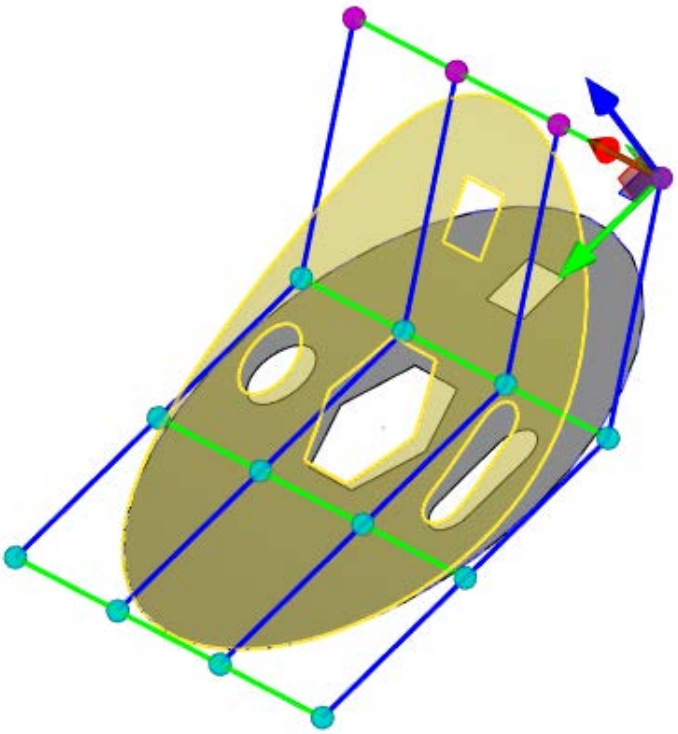


Деформация поверхности

Новая команда **Деформация поверхности** позволяет изменить форму поверхности путём перемещения управляющих точек сплайна. Если исходная поверхность не является сплайновой, то она автоматически преобразуется в сплайновую. Для сплайна строится управляющий многогранник, представляющий собой сетку точек с заданным числом строк и столбцов. Пользователь имеет возможность деформировать этот многогранник, перемещая произвольным образом точки этой сетки при помощи манипуляторов преобразований или указанием смещений в окне параметров команды. В результате изменения положения вершин многогранника, происходит изменение формы поверхности. Возможно одновременное перемещение нескольких точек. Выбор точек осуществляется путём выбора манипуляторов в 3D окне или ячеек таблицы в окне параметров. Для выбора нескольких произвольных точек используется +**<Ctrl>**. Для выбора всех точек между текущей и указанной - +**<Shift>**

Исходной поверхностью может быть тело-поверхность, состоящее из одной грани (в т.ч. замкнутое), либо отдельная грань твердого или поверхностного тела, состоящего из нескольких граней. В зависимости от состояния опции **Создать новую поверхность**, в результате операции либо создаётся новое тело, либо модифицируется исходное. При необходимости выполняется расширение или обрезка граней, смежных с деформируемой.



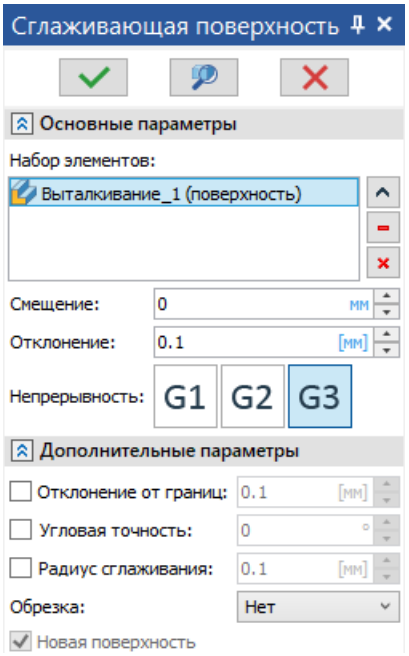


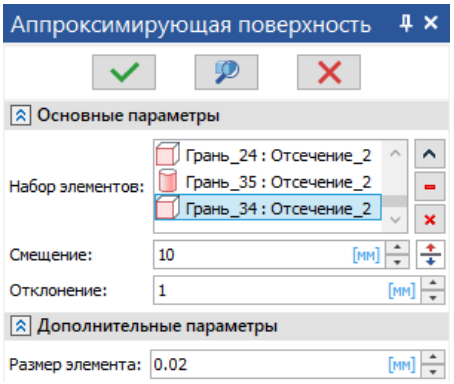
Сглаживающая и Аппроксимирующая поверхности

Новые команды **Сглаживающая поверхность** и **Аппроксимирующая поверхность** позволяют создавать эквидистантные сглаженные поверхности по выбранным граням, либо по всех граням выбранного тела-поверхности. Основное отличие между этими командами состоит в использовании разных внутренних алгоритмов для решения одной и той же задачи: **Сглаживающая поверхность** реализована на основе стандартных функций графического ядра Parasolid, **Аппроксимирующая поверхность** - на собственных алгоритмах T-FLEX CAD. В зависимости от характера исходной геометрии тот или алгоритм может давать более предпочтительный результат. В обоих случаях исходные грани смещаются по нормали на указанную величину (параметр **Смещение**), затем к ним применяется сглаживание таким образом, чтобы итоговое отклонение результирующей поверхности от исходной в любом направлении не превышало указанного значения (параметр **Отклонение**). Для **Сглаживающей поверхности** доступен выбор условия непрерывности: **G1** - гладкость по касательной, **G2** - гладкость по кривизне, **G3** - гладкость по потоку. Для **Аппроксимирующей поверхности** всегда применяется гладкость по кривизне (**G2**).

Исходная поверхность

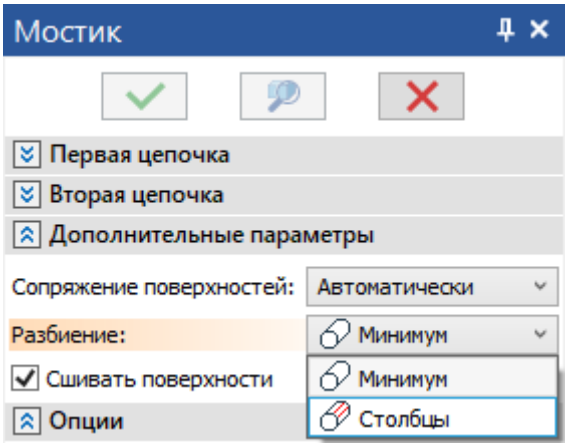
Результирующая поверхность





Мостик

Интерфейс команды **Мостик** обновлён. Добавлена возможность выбрать один из следующих вариантов разбиения создаваемой поверхности на грани:

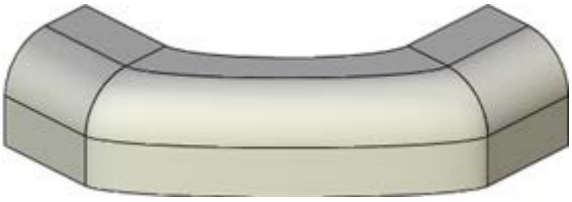


Минимум

Поверхность строится с минимально возможным количеством граней.

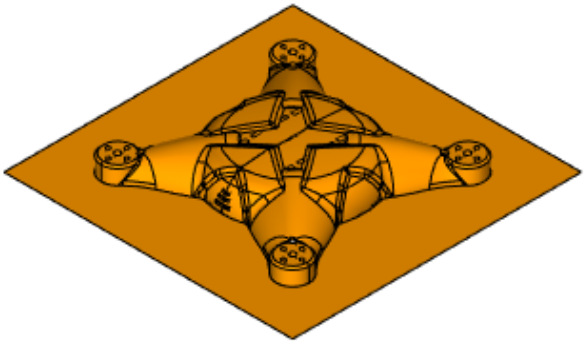
Столбцы

Поверхность разбивается на грани по рёбрам исходных цепочек путём сопоставления вершин по направлению обхода.



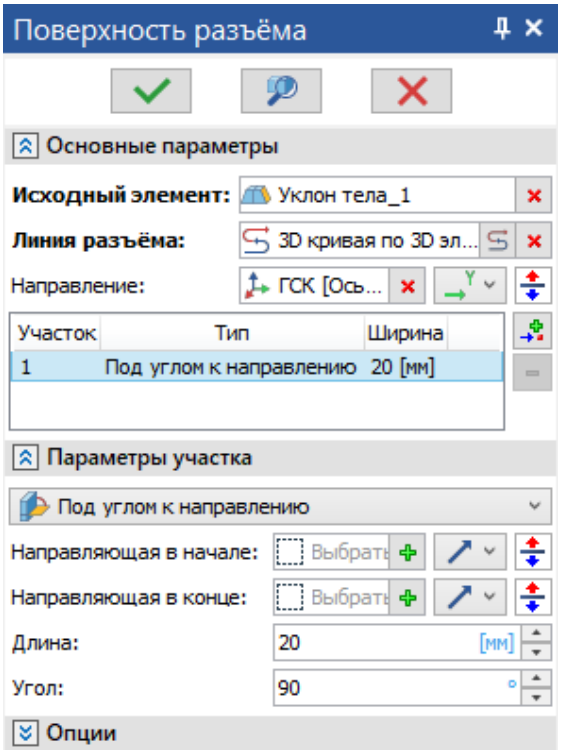
Проектирование пресс-форм

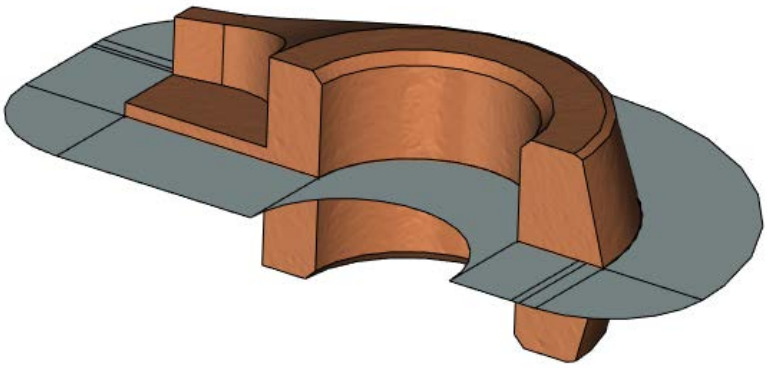
Добавлены новые специализированные команды для решения различных задач по проектированию штампов и пресс-форм. Расширены возможности анализа разнимаемости формы.



Поверхность разъёма пресс-формы

Новая команда **Поверхность разъёма** обеспечивает создание поверхности, которая может в дальнейшем использоваться для разделения пресс-формы на матрицу и пуансон в процессе проектирования технологической оснастки (пресс-формы).





Пользователь должен выбрать тело и разделяющую кривую (линию разъёма), которая лежит на его гранях. По умолчанию выбранная линия разъёма представляет собой один участок. При

необходимости линию разъёма можно разбить на несколько участков, для каждого из которых задаются индивидуальные параметры формирования поверхности разъёма. Для каждого участка строится своя часть поверхности разъёма, а между частями поверхности при наличии разрывов автоматически формируется переходная линейчатая поверхность. Доступные способы формирования поверхности:

Нет

Построение поверхности для участка не происходит. Данный способ может использоваться для пропуска определённых участков линии разъёма.

Плоскость

Для участка строится плоскость заданных габаритов. Данная плоскость вместе с заданными дополнительными параметрами определяют форму и размеры результирующей поверхности разъёма, построенной для участка. Режим доступен в списке только для плоского участка линии разъёма.

Расширение поверхности

Для участка строится поверхность путём расширения поверхностей граней либо матрицы (верхней полуформы), либо пуансона (нижней полуформы).

Выталкивание

Для участка строится поверхность путём выталкивания рёбер участка в заданном направлении на заданную длину.

По траектории

Для участка строится поверхность путём перемещения рёбер участка вдоль заданных направляющих в начале и конце участка.

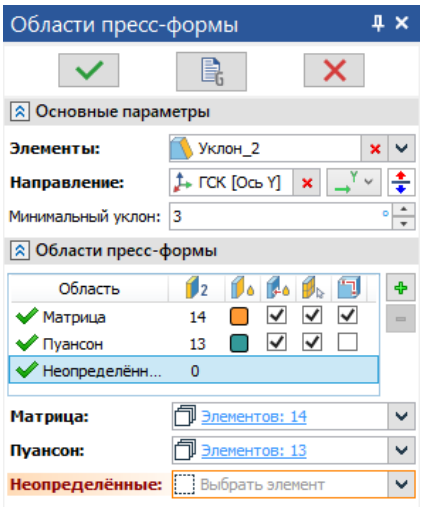
Под углом к направлению

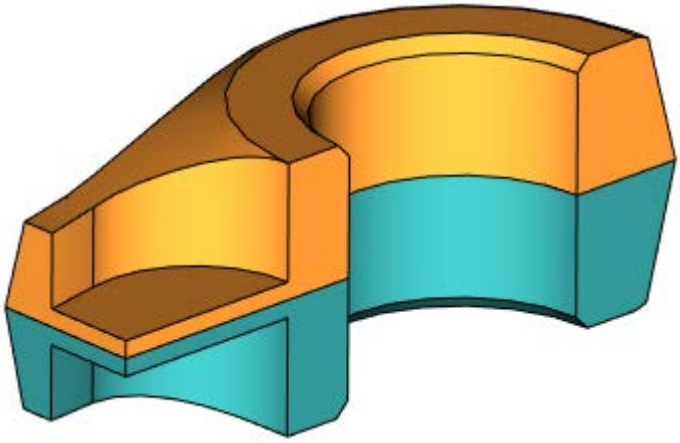
Для участка строится поверхность смещения под заданным углом к направлению разъёма.

Области пресс-формы

Команда **Области пресс-формы** обеспечивает возможность оптимального разделения модели на область матрицы и область пуансона при проектировании пресс-форм. Система автоматически распределяет грани выбранных тел по областям, но пользователь также может переносить грани между областями вручную. Помимо матрицы и пуансона возможно задание пользовательских областей. По результатам распределения граней команда позволяет:

- назначить граням цвет, соответствующий их области;
- создать тела-поверхности путём объединения всех граней, входящих в область;
- создать кривые, являющиеся границами областей.





Анализ разнимаемости формы

Существенно доработана команда **Анализ разнимаемости формы**. Она позволяет раскрасить все грани выбранного тела разными цветами в соответствии с принадлежностью группам по отношению к выбранному направлению: **С углом уклона более заданного значения в положительном направлении**, **С углом уклона в диапазоне от 0 до заданного значения в положительном направлении, С нулевым углом уклона, С углом уклона в диапазоне от 0 до заданного значения в отрицательном направлении, С углом уклона более заданного значения в положительном направлении, Перекрывающиеся, Области подрезки.**

Команда позволяет задать конкретные точки измерения углов уклона, расставляя соответствующие маркеры, и создавая список измерений. Список измеренных значений может быть сохранён в файл или скопирован в буфер обмена.

В результате работы команды может быть создан специальный элемент модели – измеритель, имеющий ассоциативную связь с исходными элементами, и автоматически обновляющийся при их изменении или обновлении.

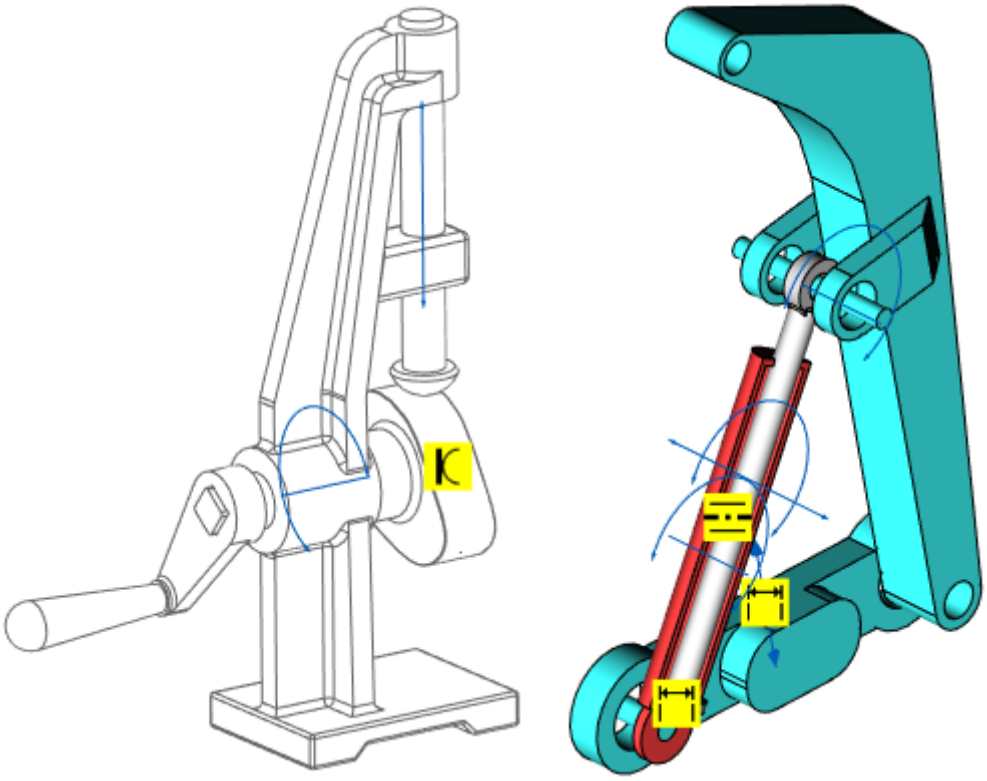
Сборки

Отображение степеней свободы и сопряжений

В 3D окне стало доступным отображение сопряжений и степеней свободы. По умолчанию они не отображаются, чтобы показать их воспользуйтесь командой **Погасить/показать сопряжения,** доступной на панели **Вид**. При включении видимости сопряжений, они отображаются рабочем окне, и помечаются при их пометке в дереве модели.

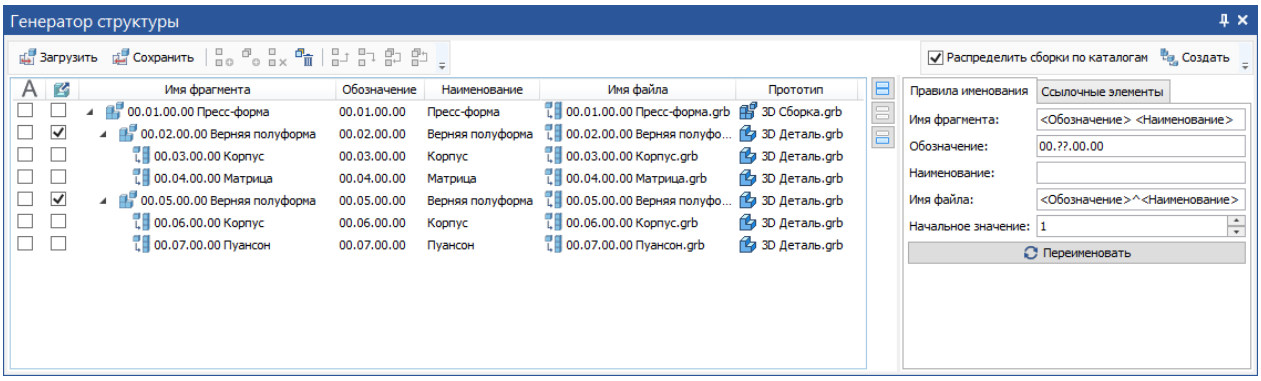
Сопряжения показываются в виде стрелок, соединяющих сопряжённые элементы. В центре стрелки отображается иконка, соответствующая типу сопряжения. Степени свободы показываются в виде стрелок, указывающих направления, в которых тело может перемещаться и вращаться.

Под степенями свободы в данном контексте подразумеваются степени, указанные в параметрах фрагмента.



Генератор структуры сборки

Новая команда **Генератор структуры сборки** позволяет создавать и редактировать шаблоны структуры 3D сборки, а также создавать сборки по таким шаблонам. Шаблон описывает набор фрагментов, входящих в сборку, их иерархию, прототипы, правила именования файлов и соответствующих элементов состава изделия. При создании сборки по шаблону можно автоматически импортировать в создаваемые фрагменты ссылочные элементы из текущего документа.



Аннотации и Элементы оформления

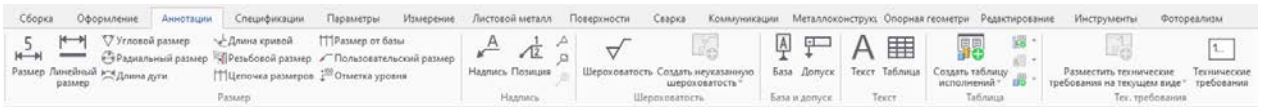
Введено разделение понятий "аннотации" и "элементы оформления чертежа":

Элементы оформления чертежа - это элементы, содержащие общую информацию об изображённом на чертеже изделии, положение которых определяется стандартами относительно границ страницы (основная надпись, технические требования на чертеже, неуказанная шероховатость).

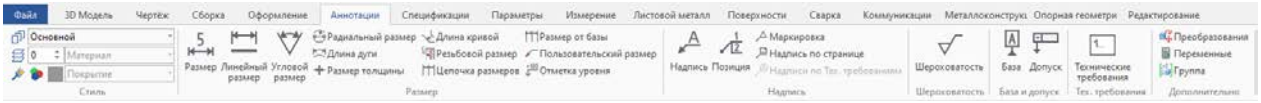
Аннотации - это элементы, используемые для отображения различной информации на чертеже и в 3D модели (размеры, тексты и таблицы, обозначения баз и допусков формы и расположения поверхностей, надписи, шероховатости), положение которых произвольно определяется пользователем.

Обозначения видов и картинки считаются отдельными типами элементов, не относящимися ни к аннотациям, ни к элементам оформления чертежа.

Для работы с аннотациями добавлена отдельная вкладка ленты. Содержимое вкладки зависит от типа активного окна: для 3D окна отображаются только команды, применимые к 3D модели.



Содержимое вкладки для 2D окна (группы команд **Стиль** *и* **Дополнительно** *не показаны)*



Содержимое вкладки для 3D окна

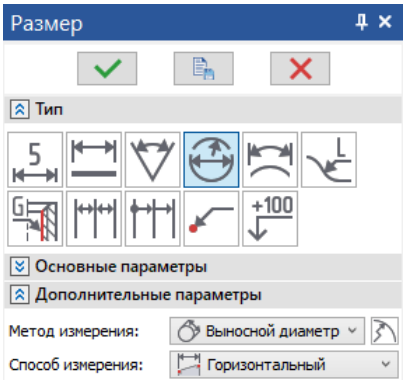
Размер

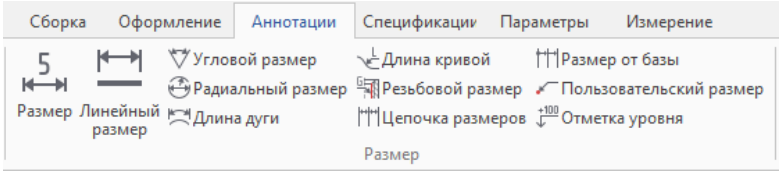
Интерфейс команды обновлён, добавлены новые типы размера, и множество новых возможностей по управлению параметрами размера.

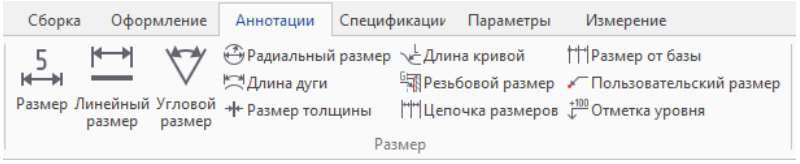
Помимо функционала, описанного в данном разделе, для размера также добавлены нововведения, общие для аннотаций всех типов.

Тип размера, метод и способ измерения

Пересмотрен набор типов размеров, доступных в системе, и механизм управления ими. Выбор типа перемещён из автоменю в новый раздел окна параметров. Кроме того, создание размера нужного типа можно напрямую запустить из ленты. Набор доступных типов зависит от активного окна (2D или 3D). Для ряда типов также доступен выбор **Метода** и **Способа** измерения. Метод определяет общий принцип измерения, Способ определяет либо направление измерения, либо конфигурацию размерных и выносных линий. Метод и способ измерения переключаются с помощью автоменю или раздела **Дополнительные параметры** окна параметров.

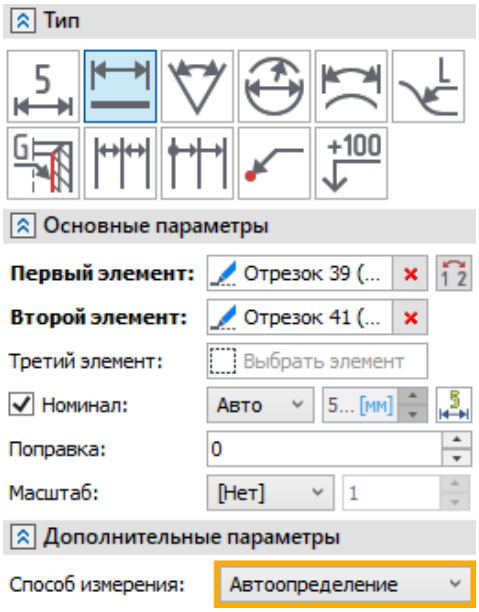


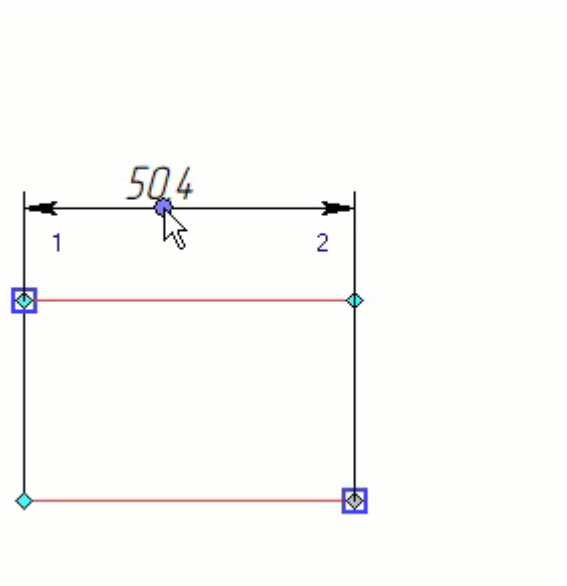


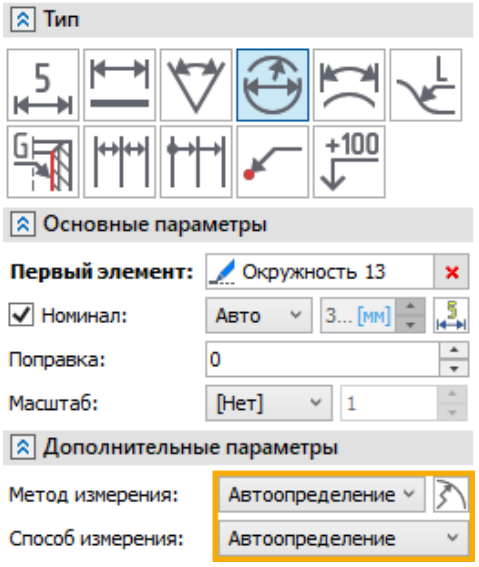


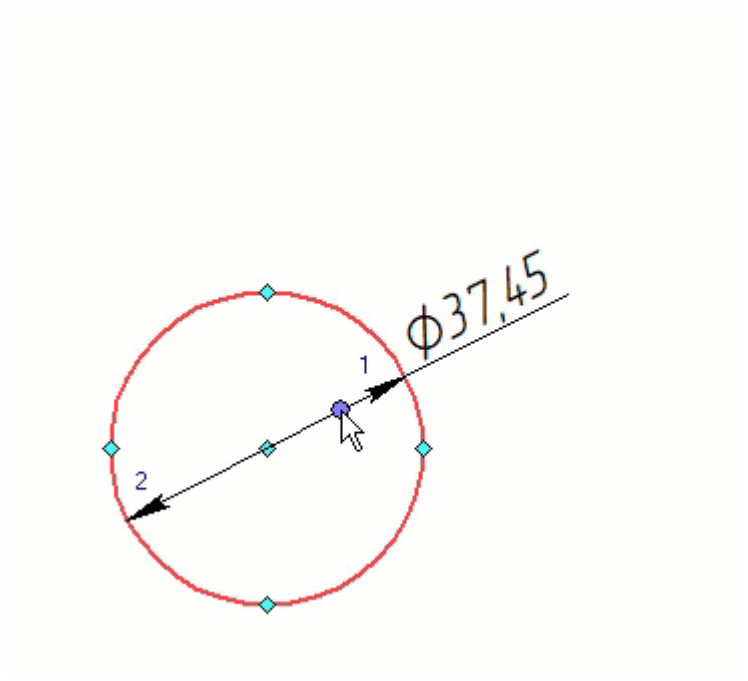
Общая команда **Размер** запускает режим авторазмера, в котором тип создаваемого размера определяется системой автоматически, исходя из типа выбранных элементов.

Для некоторых типов также доступно **Автоопределение** метода и способа измерения, в зависимости от положения курсора при размещении размерной линии.





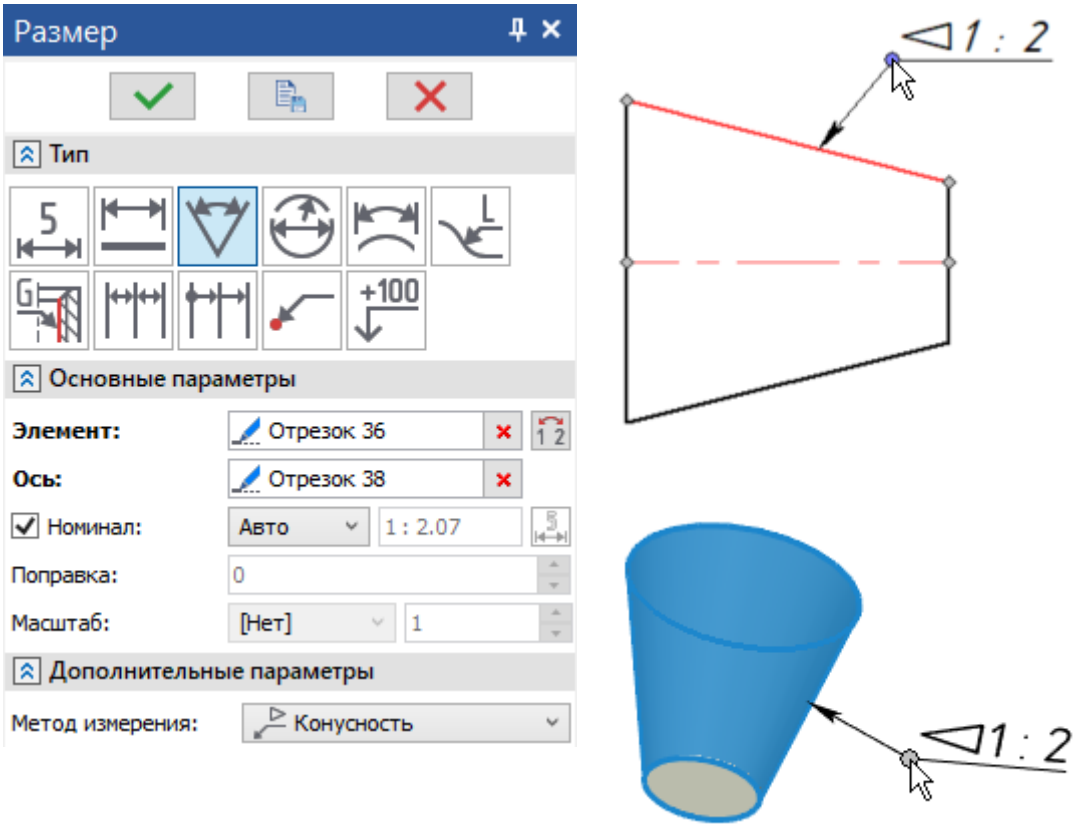




Конусность

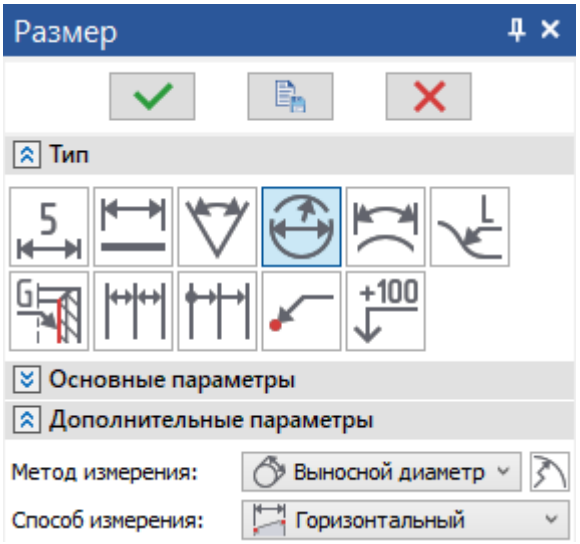
Добавлена возможность создания размера, обозначающего величину конусности, т.е. отношение разности диаметров в двух поперечных сечениях конуса к расстоянию между этими сечениями. Для этого необходимо в режиме **Угловой размер** выставить в окне параметров команды метод измерения **Конусность** и выбрать соответствующие элементы:

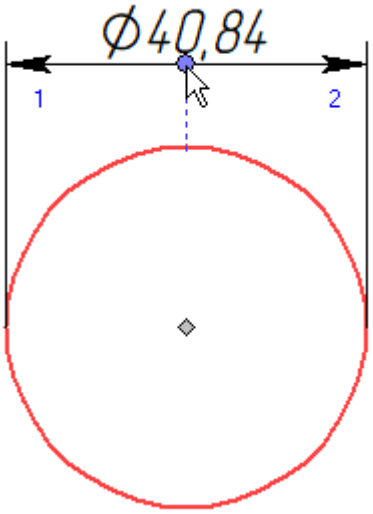
- в 2D - сначала прямую, обозначающую стенку конуса, затем прямую, обозначающую ось конуса;
- в 3D - коническую поверхность.

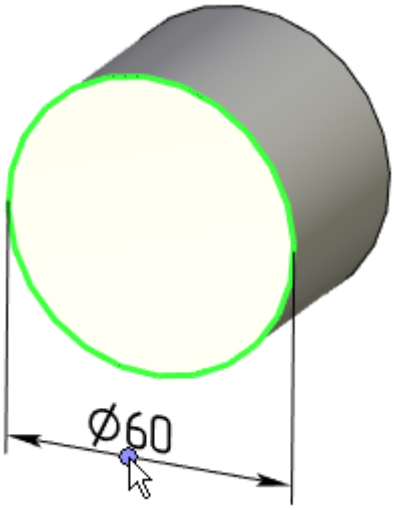


Выносной диаметр

Добавлена возможность обозначения диаметра в выносном виде. Для быстрого создания такого диаметра выберите окружность чертежа или круглое ребро 3D модели путём нажатия со смещением курсора в режиме **Авторазмер** или **Радиальный размер**.





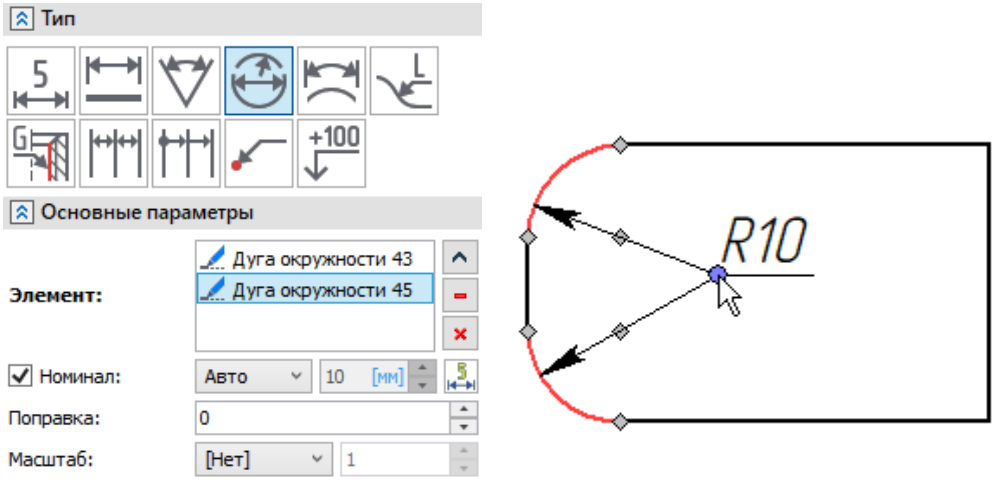


Множественный радиус

Добавлена возможность обозначать радиус нескольких элементов одним размером на общей полке. Для создания такого размера после выбора первого элемента активируйте список элементов в окне параметров или связанную с ним опцию в автоменю:

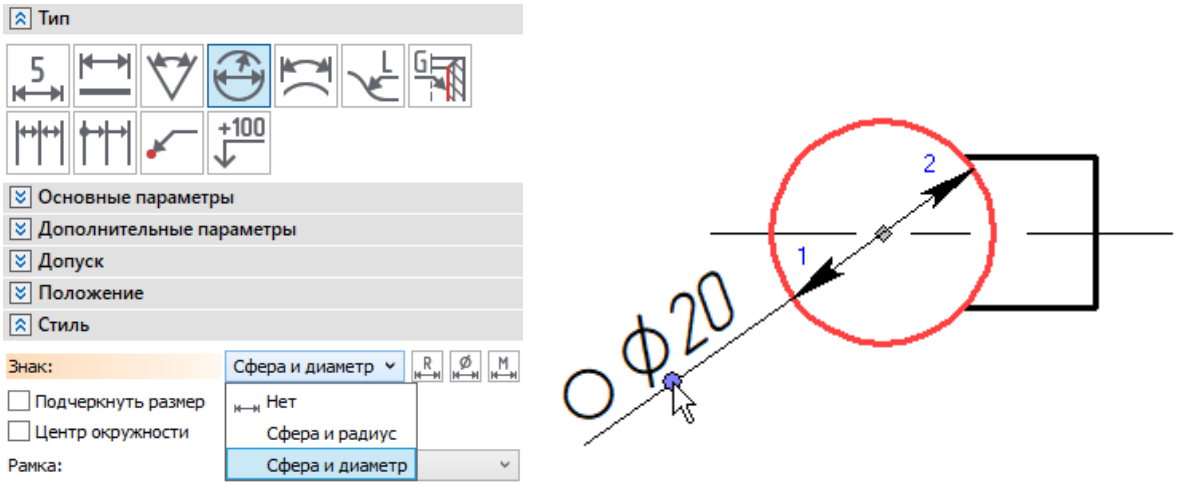
<E> Продолжить выбор элементов

Далее выберите желаемые элементы в окне чертежа и подтвердите ввод ✔ для выхода из режима выбора элементов.



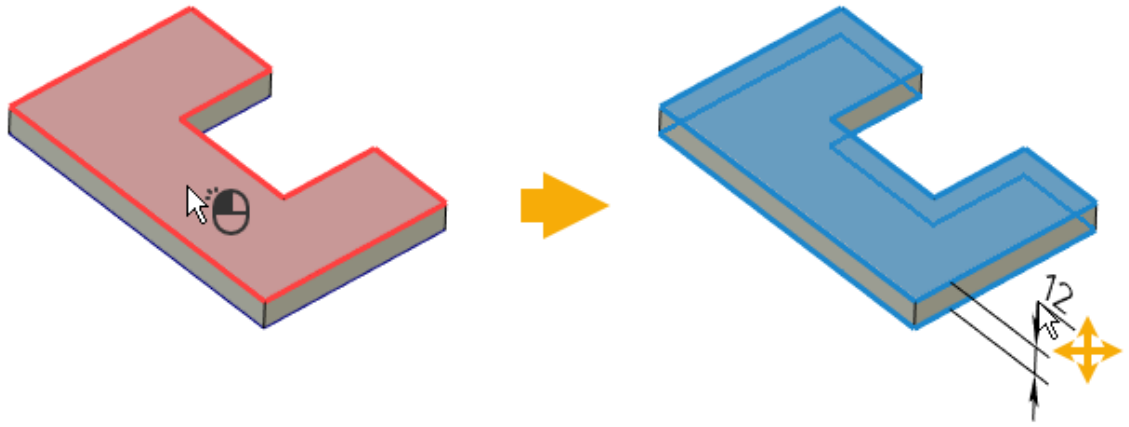
Знаки размера

Добавлена возможность использования двойных знаков размеров для сфер.

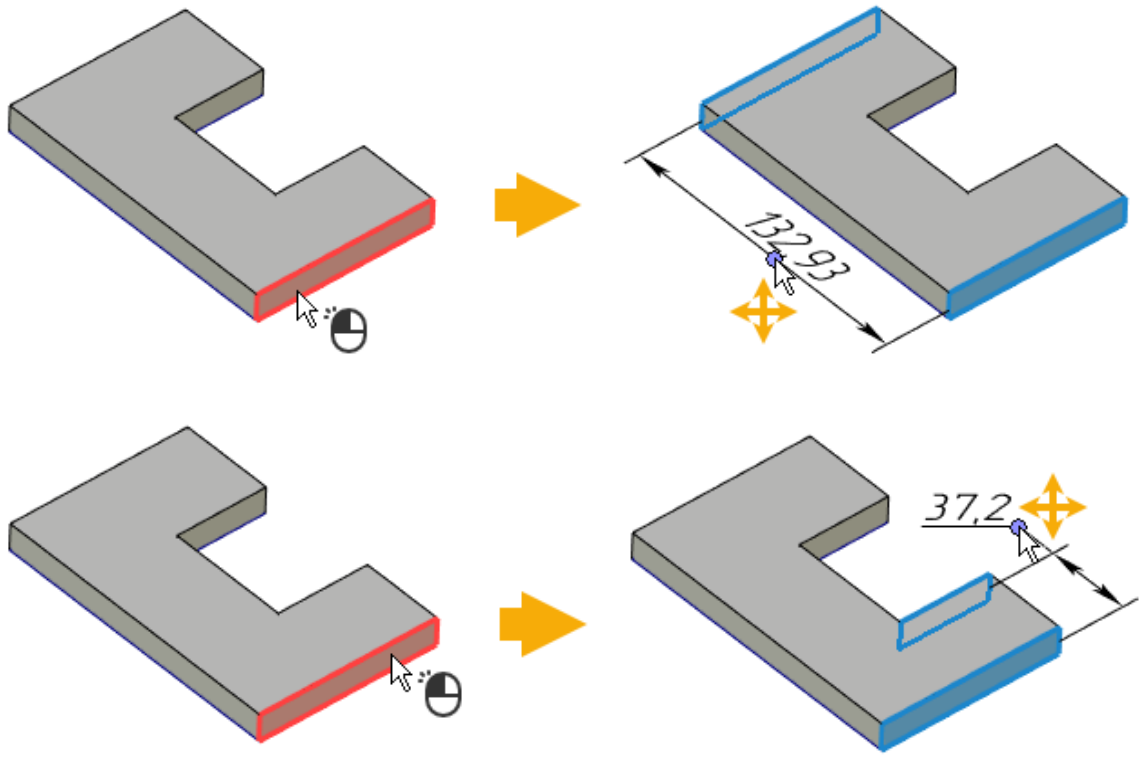


Размер толщины

В 3D теперь доступен новый тип размера - **Размер толщины**. Его удобно использовать для обозначения толщины тонкостенных элементов. Чтобы создать такой размер, необходимо выбрать грань твёрдого тела. Система рассчитает направление нормали к этой грани в точке, в которой находился курсор в момент выбора, и найдет ближайшую следующую грань этого же тела вдоль этой нормали.

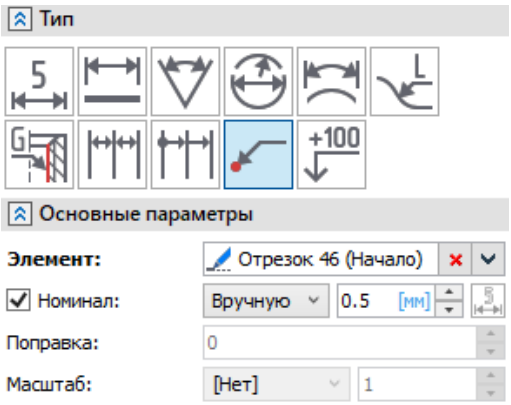


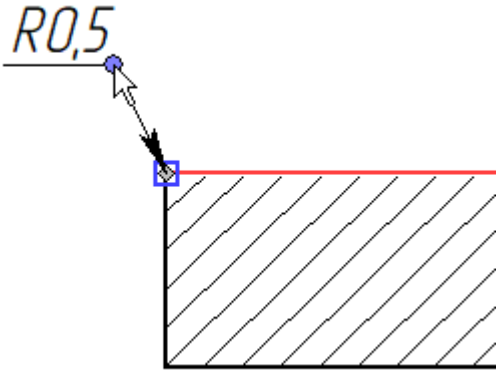
В зависимости от точки измерения, выбор одной и той же грани может приводить к созданию разных размеров.



Пользовательский размер

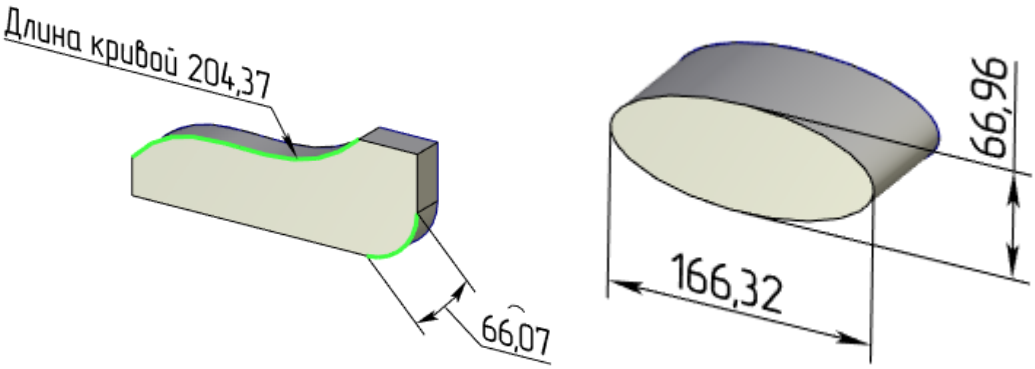
Пользовательский размер - новый тип размера, который не имеет автоматически рассчитанного значения и служит для обозначения элементов, детальное изображение которых отсутствует на чертеже/в модели. По своему внешнему виду пользовательский размер аналогичен текстовой надписи. При этом, в отличие от надписи, он распознаётся системой именно как размер, что может иметь значение в ряде случаев (например при использовании макросов или конвертации документа в сторонние форматы).

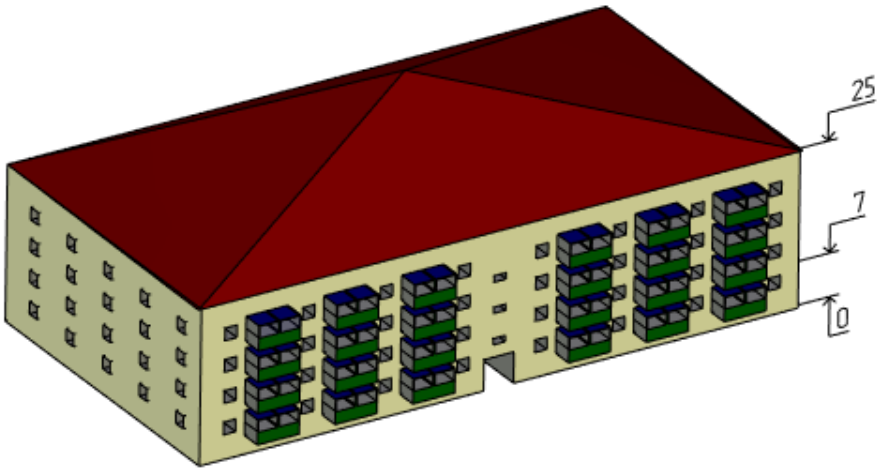




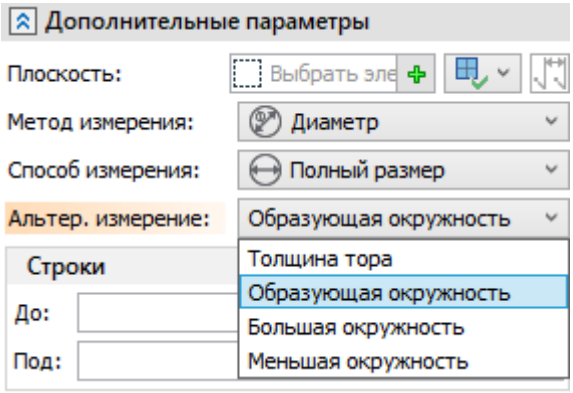
Расширенная номенклатура 3D размеров

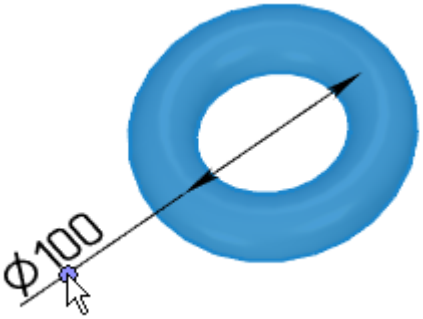
Ряд размеров, ранее доступных только в 2D, теперь можно создавать и в 3D.





Добавлены альтернативные измерения для тора.



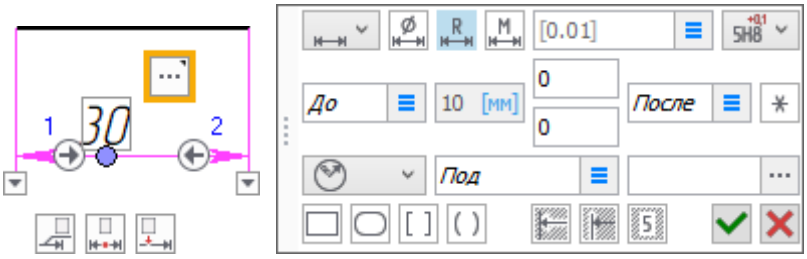


Точка пересечения касательных скругления

При создании 2D элементов теперь можно привязываться к точке пересечения касательных скругления. При простановке размеров по таким точкам автоматически добавляются выноски.

Панель параметров размера

К имевшимся ранее кнопкам, быстрого редактирования, позволяющим изменять конфигурацию размерной и выносных линий добавлена новая кнопка ⋯, вызывающая панель параметров размера. Панель позволяет изменять ключевые параметры размера непосредственно в окне чертежа/модели.



Кнопки изменения направления стрелок

Для размеров в 2D окне добавлены кнопки, позволяющие быстро сменить направление стрелок на противоположное.

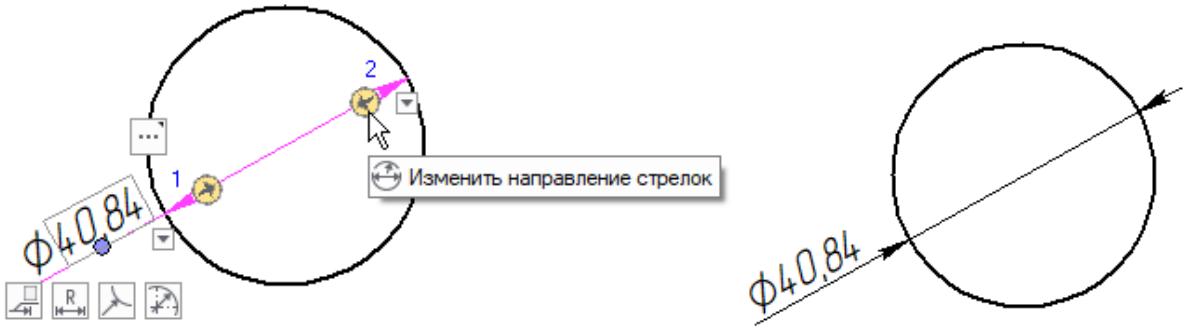
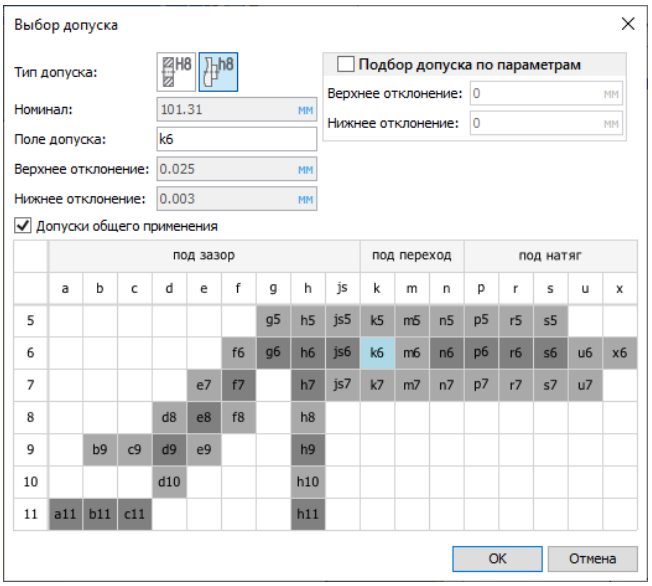
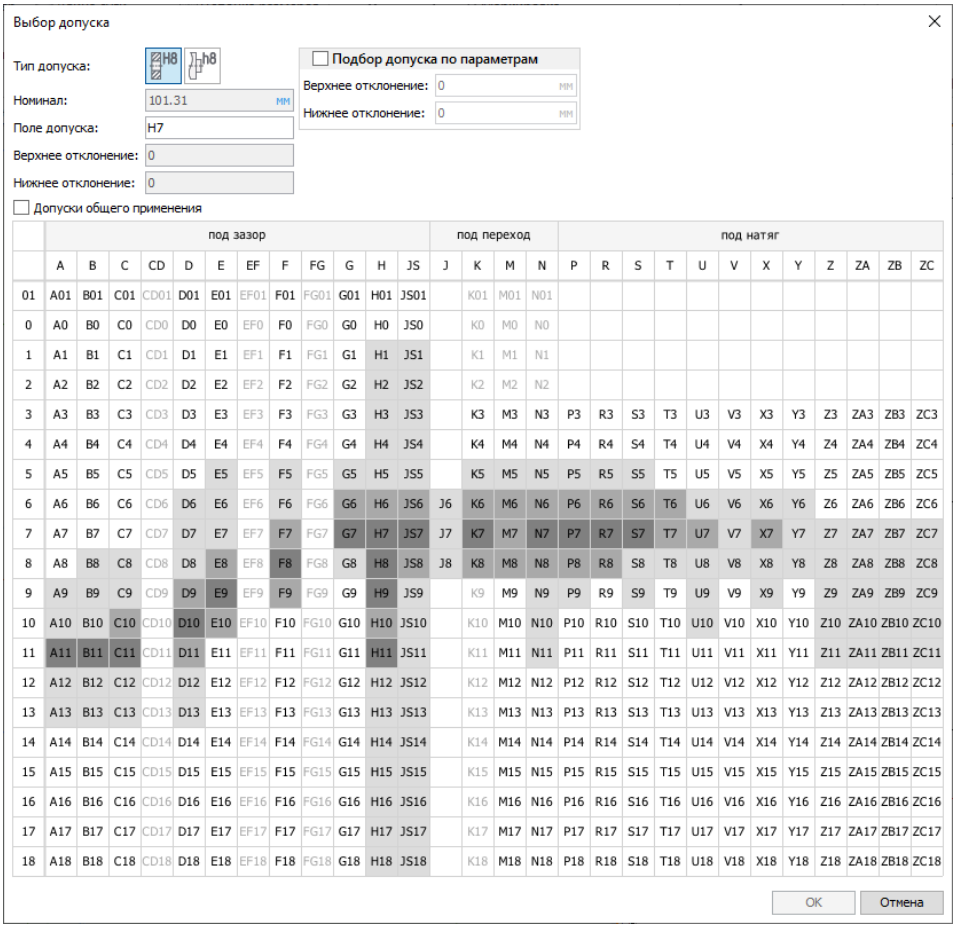


Таблица допусков

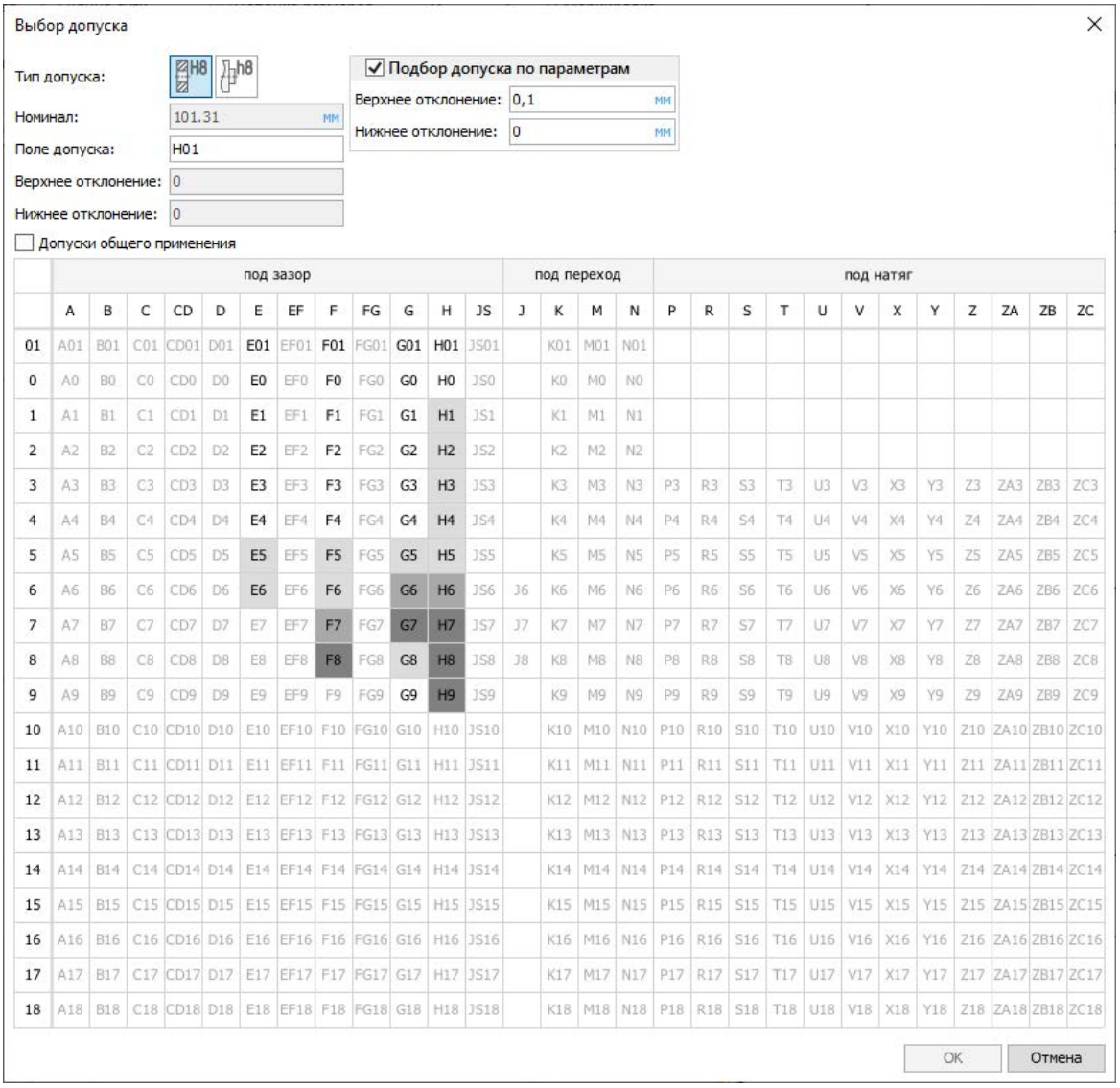
Переработан диалог выбора допуска в системе отверстие/вал.



Новый диалог содержит полную таблицу допусков. По умолчанию отображаются только допуски общего применения. При необходимости можно показать всю таблицу.



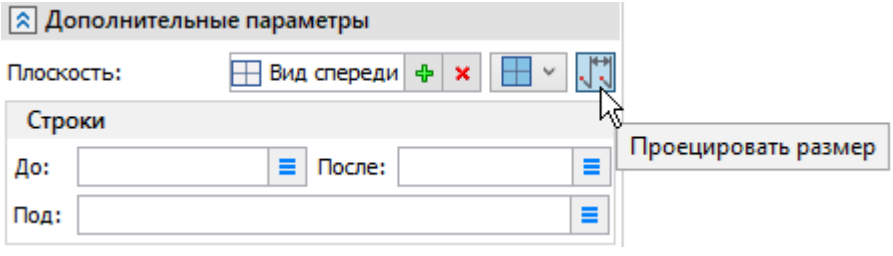
Добавлена опция подбора допуска по параметрам: пользователь вводит желаемый диапазон отклонений, и система фильтрует содержимое таблицы, оставляя допуски, укладывающиеся в указанный диапазон.

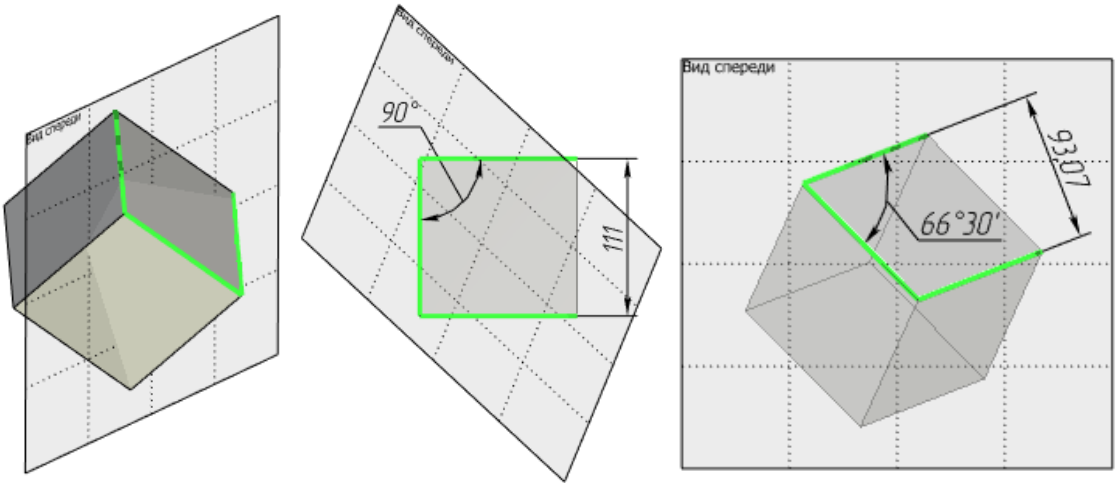


	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
01	A01	B01	C01	CD01	D01	E01	EF01	F01	FG01	G01	H01	JS01		K01	M01	N01												
0	A0	B0	C0	CD0	D0	E0	EF0	F0	FG0	G0	H0	JS0		K0	M0	N0												
1	A1	B1	C1	CD1	D1	E1	EF1	F1	FG1	G1	H1	JS1		K1	M1	N1												
2	A2	B2	C2	CD2	D2	E2	EF2	F2	FG2	G2	H2	JS2		K2	M2	N2												
3	A3	B3	C3	CD3	D3	E3	EF3	F3	FG3	G3	H3	JS3		K3	M3	N3	P3	R3	S3	T3	U3	V3	X3	Y3	Z3	ZA3	ZB3	ZC3
4	A4	B4	C4	CD4	D4	E4	EF4	F4	FG4	G4	H4	JS4		K4	M4	N4	P4	R4	S4	T4	U4	V4	X4	Y4	Z4	ZA4	ZB4	ZC4
5	A5	B5	C5	CD5	D5	E5	EF5	F5	FG5	G5	H5	JS5		K5	M5	N5	P5	R5	S5	T5	U5	V5	X5	Y5	Z5	ZA5	ZB5	ZC5
6	A6	B6	C6	CD6	D6	E6	EF6	F6	FG6	G6	H6	JS6	J6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	U6	V6	X6	Y6	Z6	ZA6	ZB6	ZC6
7	A7	B7	C7	CD7	D7	E7	EF7	F7	FG7	G7	H7	JS7	J7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7	V7	X7	Y7	Z7	ZA7	ZB7	ZC7
8	A8	B8	C8	CD8	D8	E8	EF8	F8	FG8	G8	H8	JS8	J8	K8	M8	N8	P8	R8	S8	T8	U8	V8	X8	Y8	Z8	ZA8	ZB8	ZC8
9	A9	B9	C9	CD9	D9	E9	EF9	F9	FG9	G9	H9	JS9		K9	M9	N9	P9	R9	S9	T9	U9	V9	X9	Y9	Z9	ZA9	ZB9	ZC9
10	A10	B10	C10	CD10	D10	E10	EF10	F10	FG10	G10	H10	JS10		K10	M10	N10	P10	R10	S10	T10	U10	V10	X10	Y10	Z10	ZA10	ZB10	ZC10
11	A11	B11	C11	CD11	D11	E11	EF11	F11	FG11	G11	H11	JS11		K11	M11	N11	P11	R11	S11	T11	U11	V11	X11	Y11	Z11	ZA11	ZB11	ZC11
12	A12	B12	C12	CD12	D12	E12	EF12	F12	FG12	G12	H12	JS12		K12	M12	N12	P12	R12	S12	T12	U12	V12	X12	Y12	Z12	ZA12	ZB12	ZC12
13	A13	B13	C13	CD13	D13	E13	EF13	F13	FG13	G13	H13	JS13		K13	M13	N13	P13	R13	S13	T13	U13	V13	X13	Y13	Z13	ZA13	ZB13	ZC13
14	A14	B14	C14	CD14	D14	E14	EF14	F14	FG14	G14	H14	JS14		K14	M14	N14	P14	R14	S14	T14	U14	V14	X14	Y14	Z14	ZA14	ZB14	ZC14
15	A15	B15	C15	CD15	D15	E15	EF15	F15	FG15	G15	H15	JS15		K15	M15	N15	P15	R15	S15	T15	U15	V15	X15	Y15	Z15	ZA15	ZB15	ZC15
16	A16	B16	C16	CD16	D16	E16	EF16	F16	FG16	G16	H16	JS16		K16	M16	N16	P16	R16	S16	T16	U16	V16	X16	Y16	Z16	ZA16	ZB16	ZC16
17	A17	B17	C17	CD17	D17	E17	EF17	F17	FG17	G17	H17	JS17		K17	M17	N17	P17	R17	S17	T17	U17	V17	X17	Y17	Z17	ZA17	ZB17	ZC17
18	A18	B18	C18	CD18	D18	E18	EF18	F18	FG18	G18	H18	JS18		K18	M18	N18	P18	R18	S18	T18	U18	V18	X18	Y18	Z18	ZA18	ZB18	ZC18

Проецирование 3D размера на плоскость

Добавлена возможность проецирования 3D размера на плоскость ориентации. По умолчанию проецирование отключено, в результате чего выбор плоскости ориентации влияет только на отображение размера, а измерение производится непосредственно по измеряемым элементам. При включении проецирования измерение будет производиться по проекциям измеряемых элементов на плоскость ориентации.

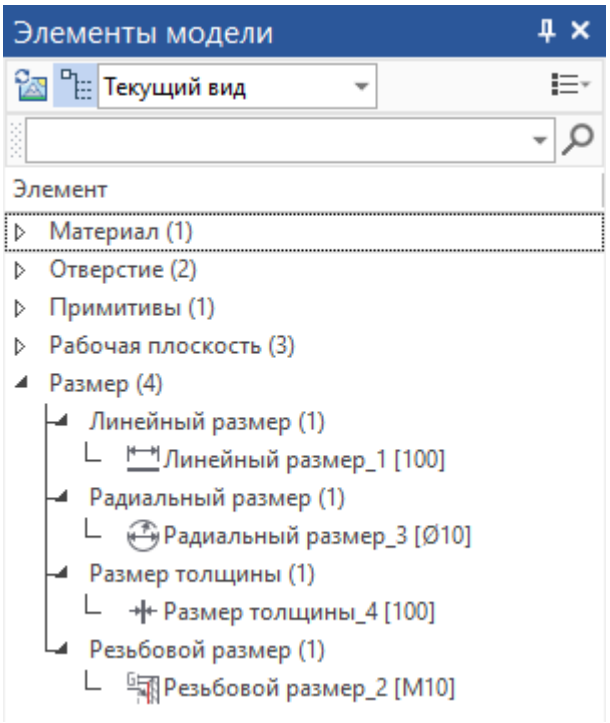




Слева - взаимное расположение измеряемых элементов и плоскости,
По центру - размеры без проецирования,
Справа - размеры с проецированием на плоскость.

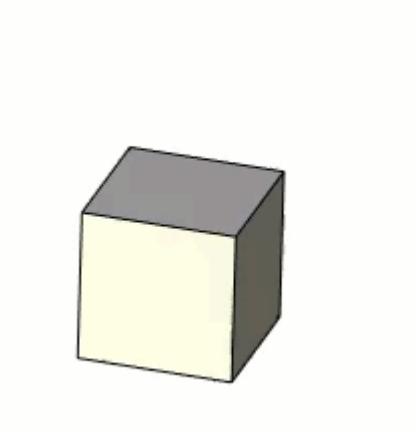
Отображение размеров в служебных окнах

Номинальные значения размеров теперь отображаются в дереве модели и окне элементов модели в квадратных скобках и с учётом знака размера. Каждому типу размера теперь соответствует своя иконка. Группировка размеров в окне **Элементы модели** соответствует изменившейся номенклатуре типов.

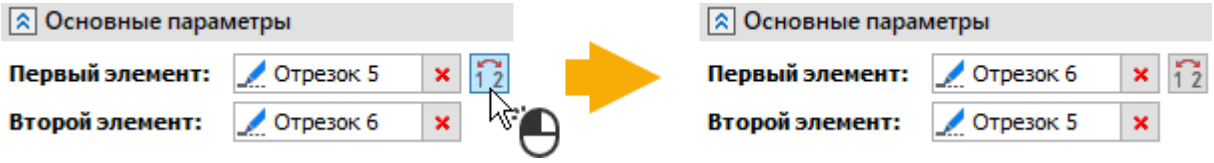


Прочие изменения размеров

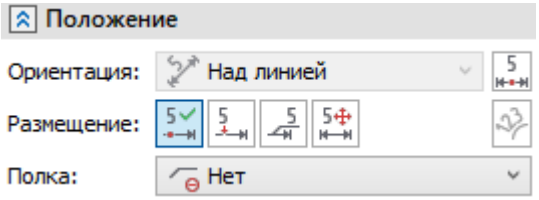
Выбор измеряемого элемента путём нажатия со смещением курсора, в результате чего создаётся размер, обозначающий тот или иной параметр выбранного элемента (длина, диаметр), теперь доступен не только в 2D, но и в 3D.



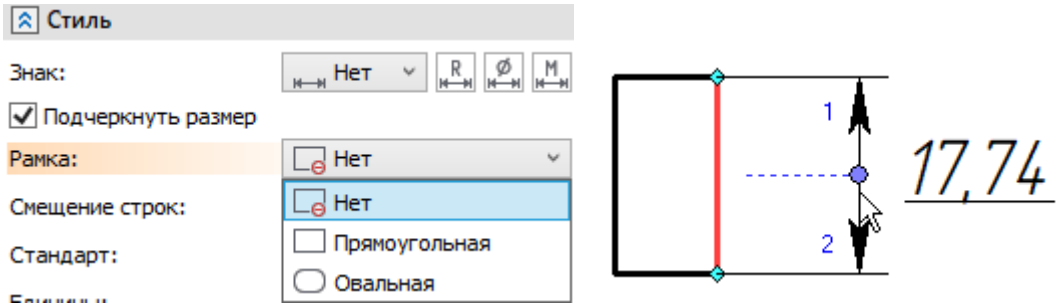
Если размер строится по двум элементам, для каждого из которых предусмотрено отдельное поле в окне параметров, то можно **Поменять элементы местами** с помощью кнопки, расположенной справа от поля выбора первого элемента. В результате первый элемент станет вторым, а второй - первым. Для размеров некоторых типов это может влиять на результат измерения или конфигурацию размерных и выносных линий.



Параметры, управляющие положением значения, вынесены в новый раздел окна параметров - **Положение**.

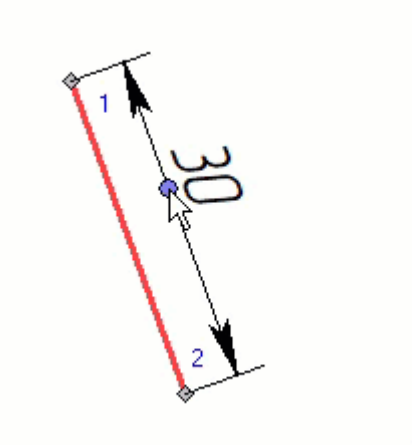


Для подчеркивания и рамки значения размера добавлены отдельные элементы управления в окне параметров.



Раздел окна параметров **Альтернативный размер** переименован в **Двойной размер**.

Добавлена опция **Игнорировать "мёртвые" зоны размеров**, при использовании которой значения размеров с наклонной размерной линией не будут по умолчанию располагаться на полке в случаях, когда наклон находится за пределами допустимого стандартами диапазона.

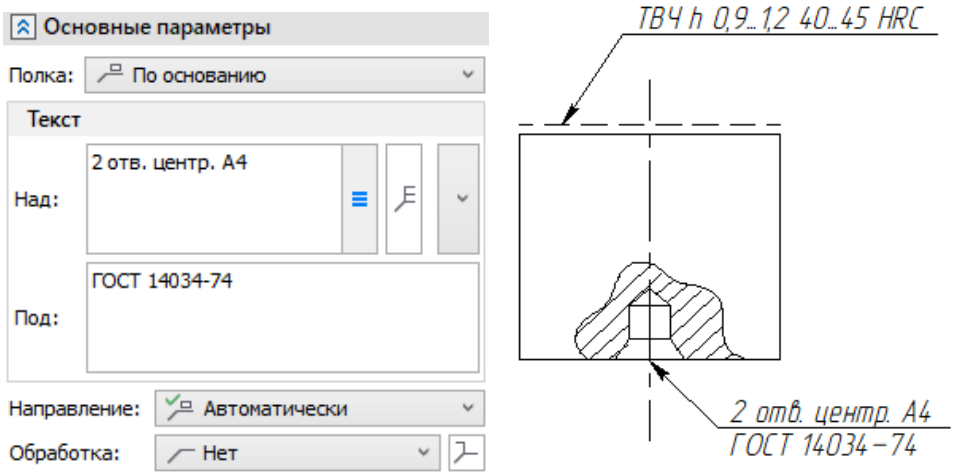


Надпись

Команда **Надпись** теперь поддерживает разные типы надписей, отличающиеся друг от друга формой и содержимым полок. Прочие параметры и принцип создания надписи являются общими для всех типов. Доступны следующие типы:

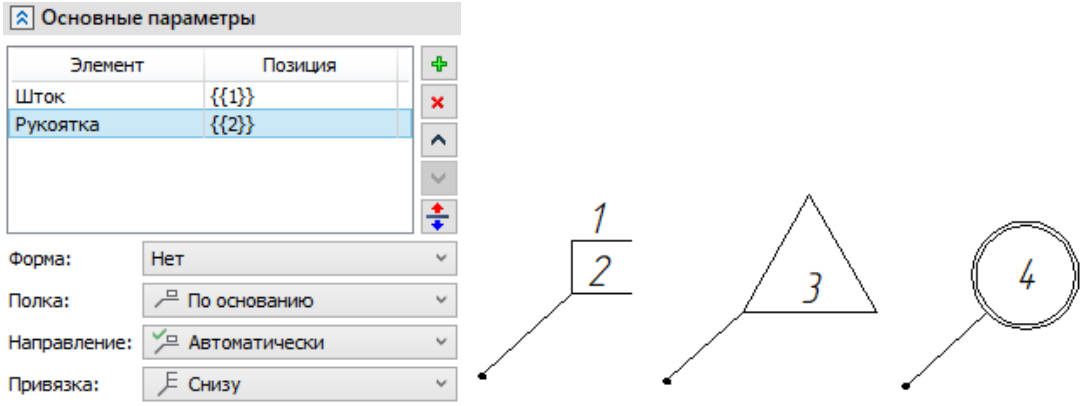
Текстовая надпись

Полка представляет собой прямую линию с произвольным текстом на ней или рядом с ней. При необходимости отображение линии полки можно отключить, оставив только текст. В отличие от других типов, на стрелке текстовой надписи можно разместить специальные знаки, используемые для обозначения различных соединений, а в корне полки - обозначения обработки сварных швов.



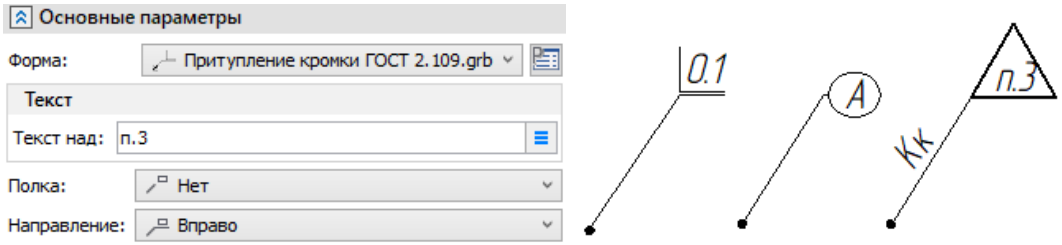
Позиция

Полка содержит номер позиции выбранной записи состава изделия. Полка может представлять собой представляет собой прямую линию с номером позиции на ней или рядом с ней, либо стандартную геометрическую фигуру с номером позиции внутри. При необходимости отображение линии полки можно отключить, оставив только номер позиции.



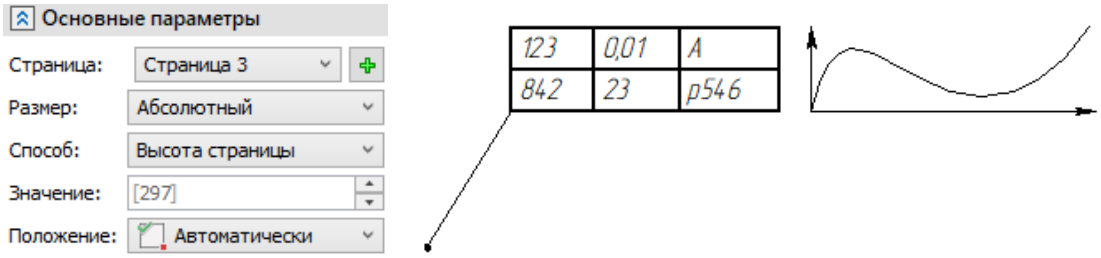
Маркировка

Полка маркировки представляет собой стандартную геометрическую фигуру или пользовательский 2D фрагмент с произвольным текстом внутри.

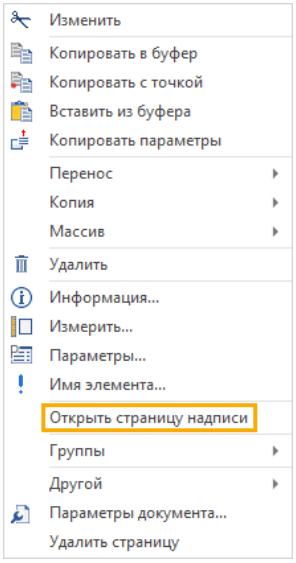


Надпись по странице

Полка надписи по странице представляет собой изображение выбранной страницы текущего документа, масштабируемое до указанного размера или масштаба. Таким образом можно использовать любое произвольное изображение в качестве полки.

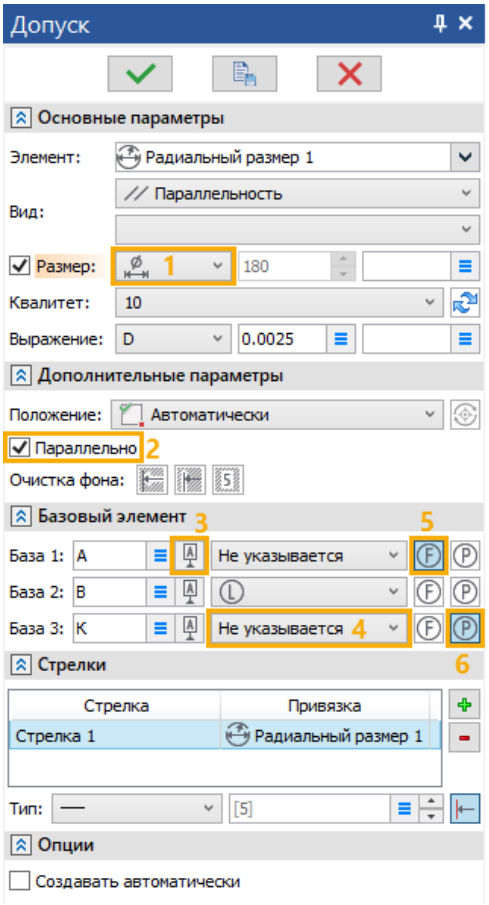


В контекстном меню надписи по странице доступна команду **Открыть страницу надписи**, позволяющая быстро перейти к странице, используемой в качестве полки.



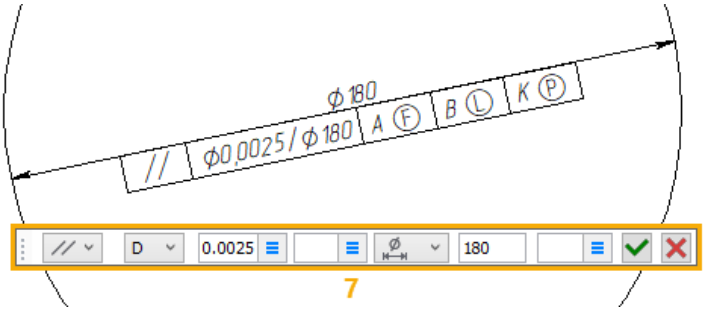
База и Допуск

База и **Допуск** теперь являются отдельными командами, не зависящим друг от друга. Интерфейс обеих команд обновлён.



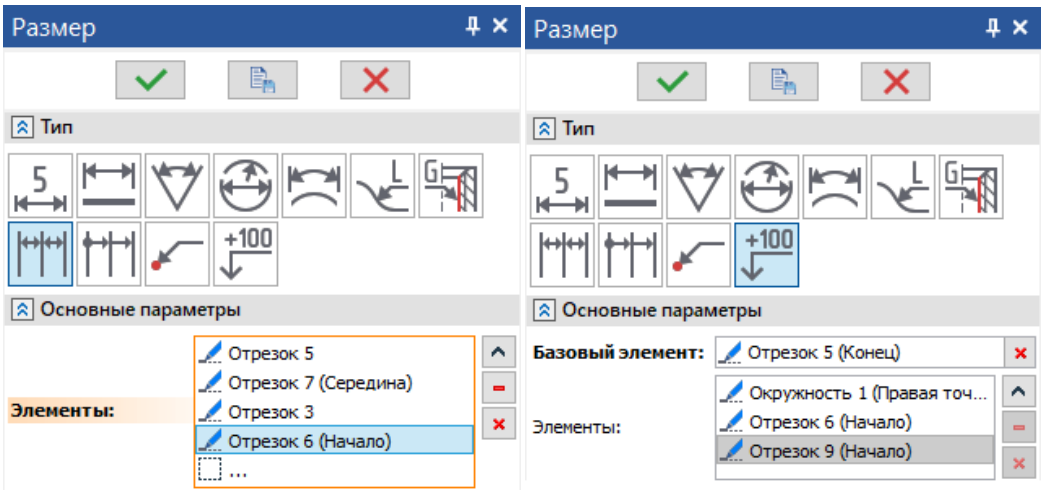
Помимо нововведений, общих для аннотаций разных типов, в команде **Допуск** добавлены следующие новые элементы:

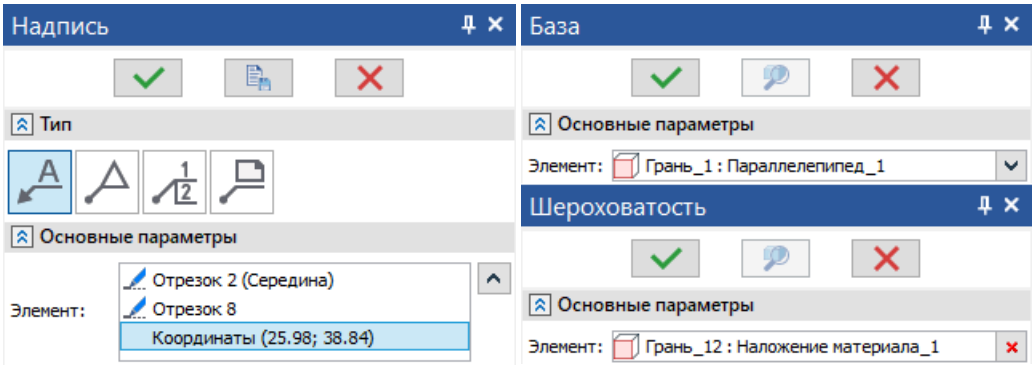
1. Выпадающий список, позволяющий добавить знак радиуса, диаметра или квадрата перед значением размера, на который даётся допуск, если включено отображение этого значения в рамке допуска.
2. Опция размещения рамки допуска параллельно размерной линии связанного размера. Также доступна для **Базы.**
3. Кнопка выбора имеющегося обозначения базы, с которого будет наследоваться имя базы в обозначении допуска.
4. Выпадающий список свойств материала. Позволяет добавить знак Ⓛ, Ⓜ или Ⓢ после имени базы.
5. Кнопка знака свободного состояния. Позволяет добавить знак Ⓕ после имени базы.
6. Кнопка знака выступающего поля допуска. Позволяет добавить знак Ⓟ после имени базы.
7. Панель параметров. Позволяет изменять ключевые параметры обозначения непосредственно в окне чертежа/модели.



Поля выбора элементов привязки аннотаций

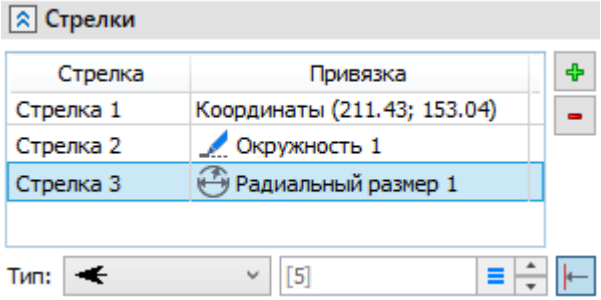
В верхней части раздела **Основные параметры** окна параметров команд **Размер** (все типы), **Надпись** (все типы), **Допуск**, **База**, **Шероховатость** теперь есть поля выбора элементов привязки. В зависимости от типа аннотации и количества стрелок поля могут поддерживать выбор одного или нескольких элементов. Для размера это измеряемые элементы, для прочих аннотаций со стрелками - элементы привязки начальных узлов стрелок, для прочих аннотаций без стрелок - элементы привязки основной части аннотации. При привязке к произвольной точке чертежа в том же поле отображаются координаты этой точки.





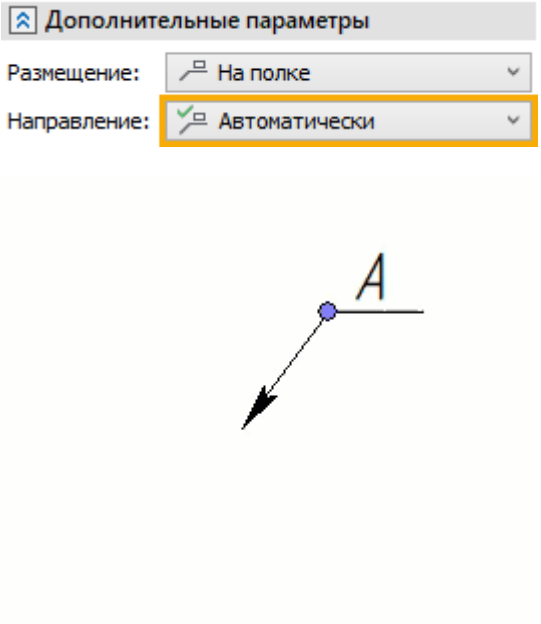
Управление стрелками аннотаций

В командах **Надпись** (все типы), **Допуск**, **База**, **Шероховатость** унифицирован интерфейс управления параметрами стрелок. Раздел **Стрелки** окна параметров содержит список всех стрелок текущего элемента. Для каждой стрелки показан элемент привязки, при привязке к произвольной точке указаны координаты. Под списком можно настроить параметры стрелки, выбранной в списке.



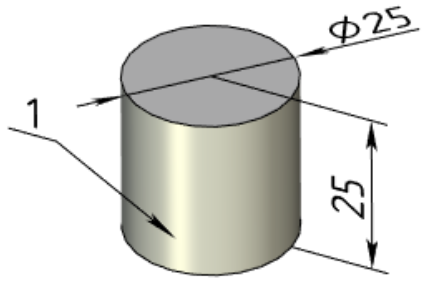
Автоподбор направления полки

При создании всех аннотаций, имеющих полку, теперь по умолчанию автоматически подбирается оптимальное направление полки таким образом, чтобы угол между полкой и линией, с которой соединена полка, составлял не менее 90°.

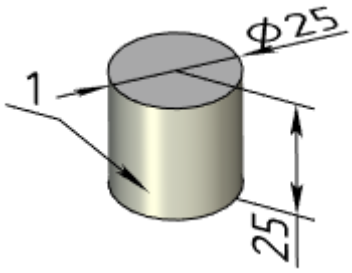


Автомасштабирование аннотаций

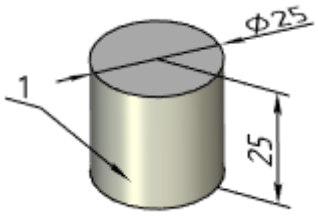
В нижней части панели **Вид** добавлена новая команда **Автомасштабирование аннотаций,** включающая/выключающая альтернативный режим отображения, в котором размер шрифта и стрелок аннотаций соблюдается относительно размеров экрана и не зависит от приближения/отдалении камеры.



Реальный размер



Отдаление камеры с автомасштабированием аннотаций



Отдаление камеры без автомасштабирования аннотаций

Шрифты

Обновлены шрифты по ГОСТ, включая символьные. Добавлены новые символы, улучшена визуализация. Доработан механизм создания 3D профилей на основе текстов, размещённых на рабочей плоскости: профили теперь создаются по всем символам шрифта, в т.ч. имеющим внутренние контуры.

Размер шрифта аннотаций по умолчанию

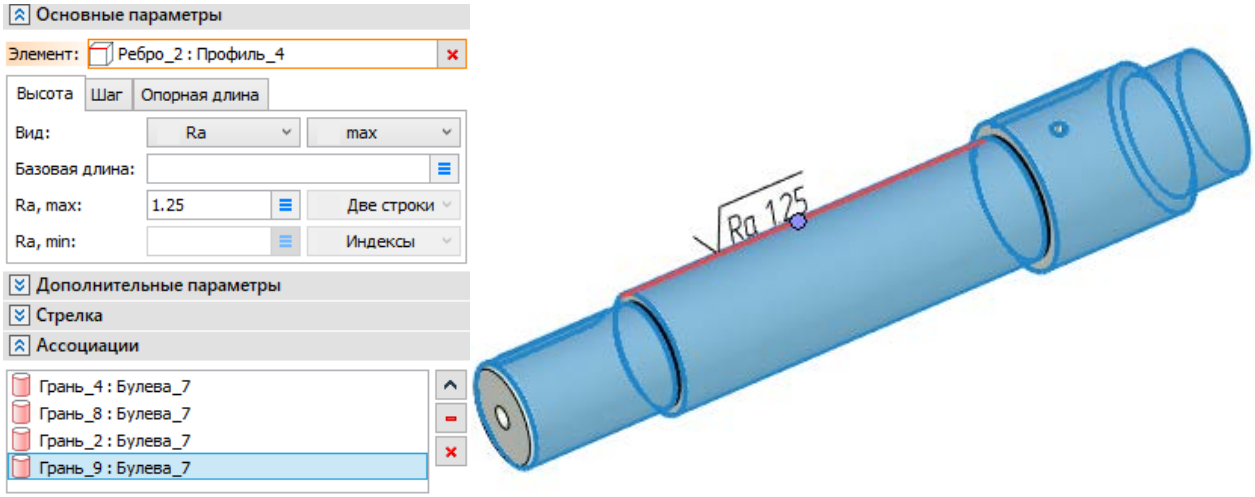
На вкладку **Параметры документа** > **Страница** > **Шрифт** добавлены параметры, позволяющие управлять абсолютным размером шрифта по умолчанию для аннотаций и обозначений видов, а также относительным размером шрифта индексов, дробей и радикалов.

Размер	
Размеры	5
Шероховатости	5
Неуказанные шероховатости	7
Надписи	5
Текст	5
Допуски форм, базы	5
Виды, разрезы, сечения	10
Позиции для спецификации	7

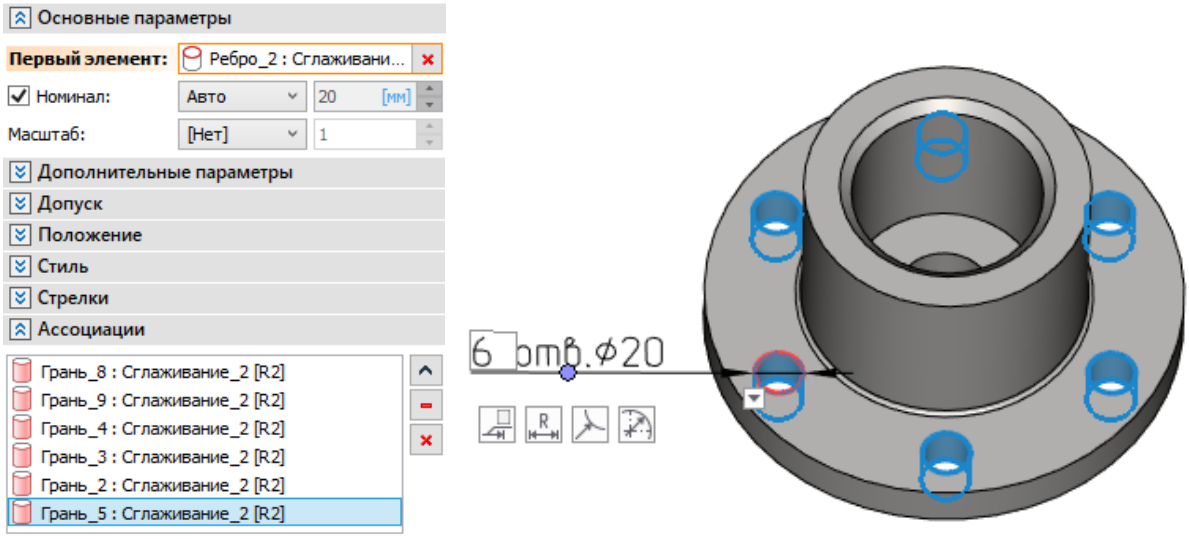
Прочее	
Текст	0.5
Дробь	0.5
Радикал	0.5

Ассоциации 3D аннотаций

При создании и редактировании 3D аннотаций можно указать элементы, которые будут ассоциированы с аннотацией, но при этом не будут использоваться для её привязки. Таким образом можно, например, разместив обозначение шероховатости на одной из граней, дополнительно указать в качестве ассоциированных элементов остальные грани с такими же параметрами шероховатости или ассоциировать типовой размер со всеми элементами, к которым он применим.



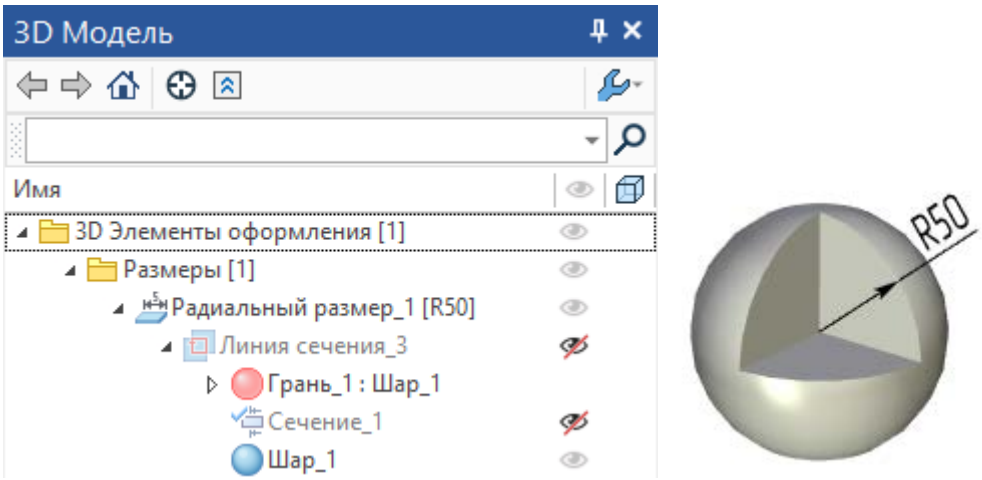
Использование ассоциаций для обозначения шероховатости



Использование ассоциаций для обозначения размера отверстий

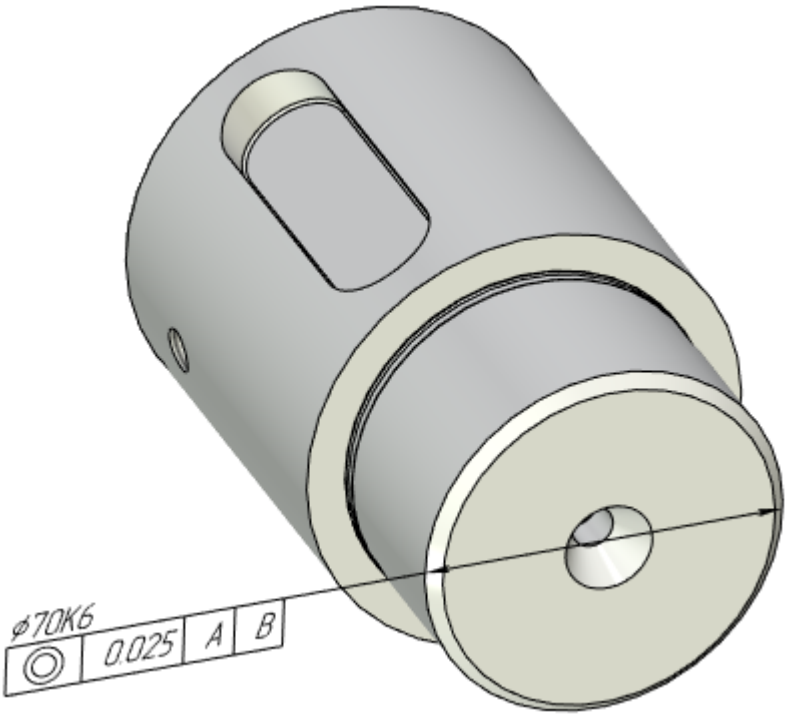
Привязка 3D аннотаций к линиям сечения

В качестве опорной геометрии при создании аннотаций в 3D теперь можно выбирать не только существующие элементы модели, но также рёбра и вершины, образованные пересечением тел модели с плоскостями сечения.



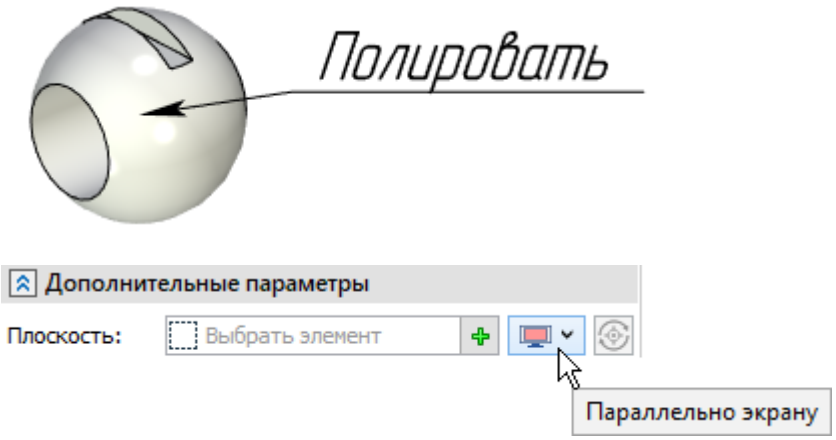
Привязка 3D аннотаций к 3D размерам

Добавлена возможность привязки аннотаций к 3D размерам.



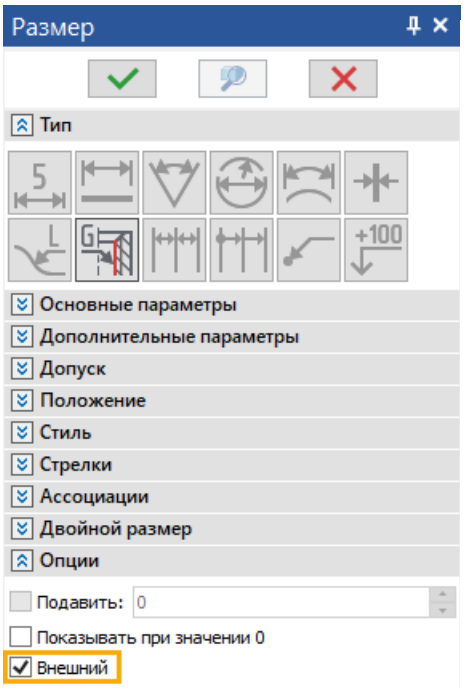
Ориентация 3D аннотаций

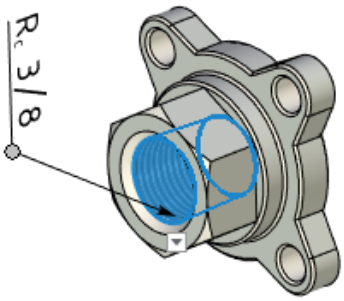
Для всех 3D аннотаций введён единый механизм управления ориентацией аннотации в пространстве. Поле **Плоскость** в разделе **Дополнительные параметры** окна параметров команды позволяет выбрать плоский элемент модели, в плоскости которого будет располагаться аннотация, или ЛСК, в одной из плоскостей которой будет располагаться аннотация. Выпадающий список справа позволяет переключаться между плоскостями выбранной ЛСК, а также выбрать в качестве плоскости ориентации одну из плоскостей глобальной системы координат (непосредственно указанную пользователем или ближайшую), связать ориентацию с плоскостью активной сцены, или сделать аннотацию всегда параллельной экрану. Кнопка справа от списка позволяет **Повернуть** любую аннотацию, кроме размера, **на 90 градусов** в плоскости ориентации вокруг элемента привязки.

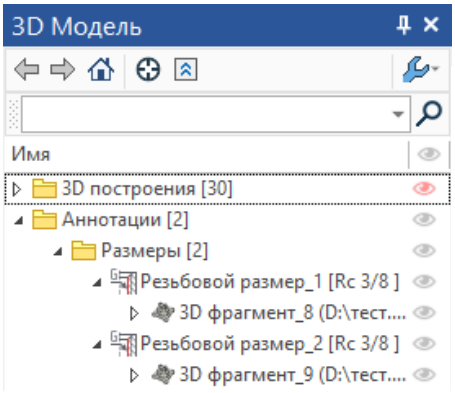


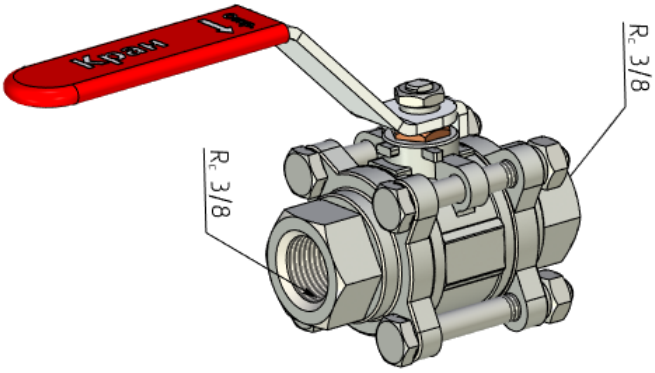
Внешние 3D аннотации

Для 3D аннотаций в разделе **Опции** окна параметров теперь доступен флаг **Внешний/Внешняя**. Если его установить, то аннотация будет отображаться в 3D сборках, фрагментом которых является текущий документ, аналогично внешним 3D построениям.







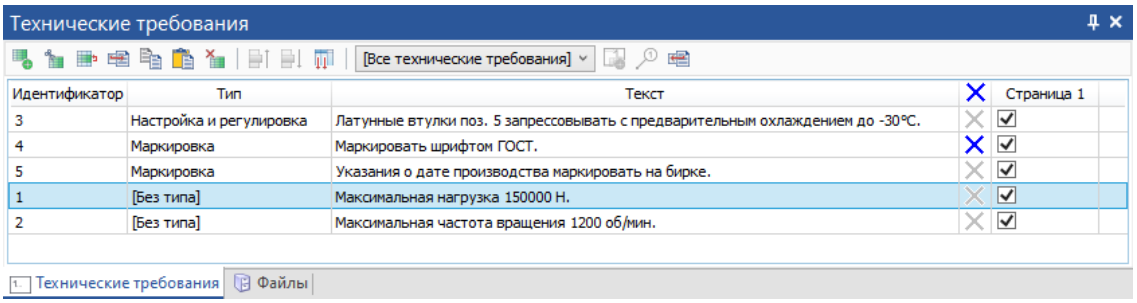


Технические требования

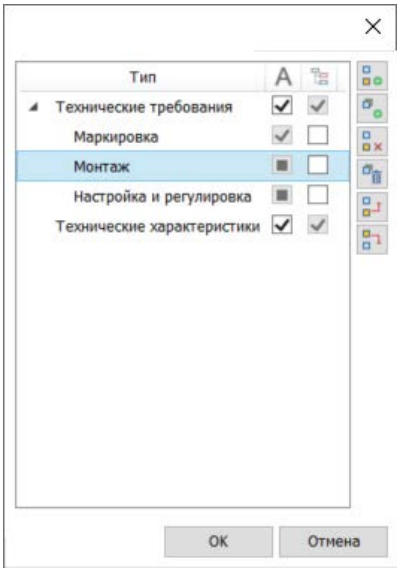
Существенно доработаны инструменты управления текстовыми техническими требованиями модели и их размещением в различных представлениях документа.

Каждое техническое требование теперь является отдельным элементом документа.

Для управления составом технических требований документа предусмотрено новое служебное окно **Технические требования**. Окно обеспечивает выполнение функций по созданию, редактированию текстовых технических требований документа. Инструменты в окне обеспечивают возможности по размещению текстовых технических требований на страницах документа. При редактировании текста требований на страницах документа он также изменяется в окне технических требований и в соответствующих элементах документа.



Требования могут группироваться по типам. Для создания и редактирования типов используется специальный редактор.



Текстовые технические требования теперь могут создаваться в T-FLEX DOCs, и автоматически добавляться в состав технических требований редактируемого документа T-FLEX CAD.

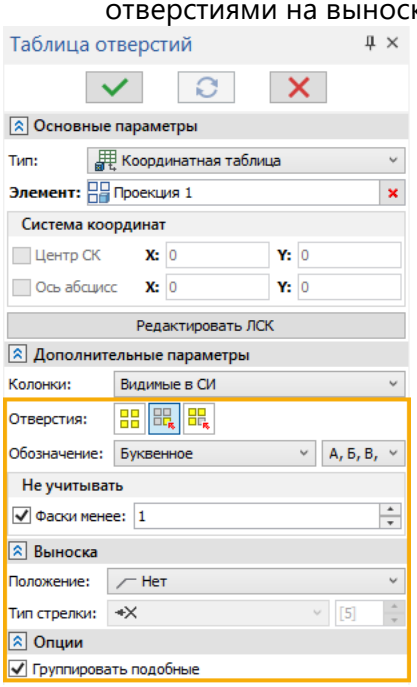
Таблица отверстий

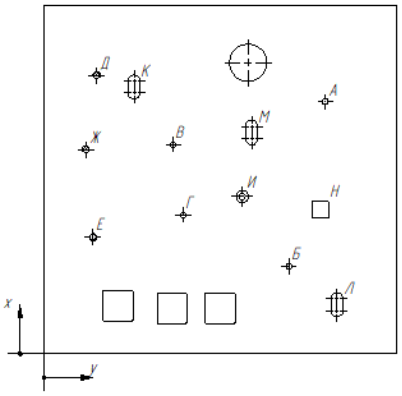
В команде **Таблица отверстий** добавлен ряд новых возможностей.
Для таблиц обоих типов:

- Возможность вручную выбрать записи состава изделия, по которым будет построена таблица.
- Опция игнорирования фасок меньше указанного размера.

Проигнорированные фаски исключаются из состава изделия для таблицы отверстий
Для координатной таблицы:

- Учёт продолговатых и квадратных отверстий, созданных как командой **Отверстие**, так и другими операциями 3D моделирования.
- Опция группировки подобных отверстий.
- Опция генерации цифровых, буквенных или комбинированных обозначений. Обозначения автоматически расставляются на выбранной проекции рядом с соответствующими им отверстиями на выноске или без нее.





Проекция 1

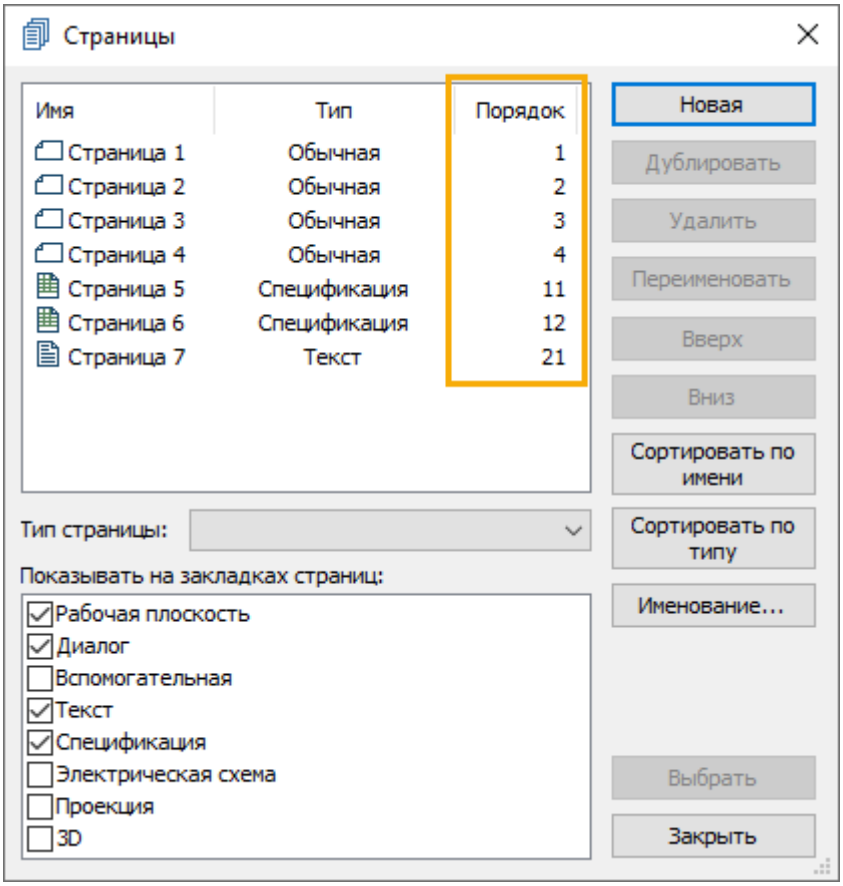
Обозначение	X	Y	Диаметр
⌀ 10			
А	416.45	465.95	10
Б	144.17	405.05	10
В	345.67	213.61	10
Г	229.54	230.24	10
⌀ 10/1x45°			
Д	460.26	86.47	10
Е	192.61	80.96	10
Ж	337.41	69.27	10
⌀ 10/5x45°			
И	259.62	328.04	10
40x20			
К	441.28	149.03	20
Л	80.39	484.75	20
М	365.56	343.9	20
□ 28			
Н	237.99	457.24	28

Обозначение	Размер	X	Y	Фаска			
	Ø10	416.447	465.95	мм		☑	☑
	Ø10	345.671	213.613	мм		☑	☑
	Ø10	229.539	230.236	мм		☑	☑
	Ø10	144.172	405.046	0.1x45° мм		☑	☑
	Ø10	460.258	86.471	1x45° мм		☑	☑
	Ø10	192.614	80.955	1x45° мм		☑	☑
	Ø10	337.41	69.274	1x45° мм		☑	☑
	Ø10	259.619	328.041	5x45° мм		☑	☑
	40x20	441.28	149.028	мм		☑	☑
	40x20	80.391	484.747	мм		☑	☑
	40x20	365.559	343.896	мм		☑	☑
	□28	237.987	457.236	мм		☑	☑
	□50	74.702	212	мм		☑	☑
	□50	74.212	291	мм		☑	☑
	□50	78.762	121.822	мм		☑	☑
	Ø62.3	481.35	337.34	мм		☑	☑

Нумерация страниц чертежа

В диалог команды **Страницы** добавлено поле **Порядок**, позволяющее вручную указать порядковый номер страницы. По умолчанию номера, введённые вручную, влияют только на порядок страниц в данном списке и порядок закладок страниц. В основных надписях при этом указываются автоматически рассчитанные фактические порядковые номера. Опцию использования в основных надписях порядковых номеров, указанных вручную, можно включить в параметрах документа (**Параметры документа > Документ > Видимость страниц > Порядок страниц > Использовать порядковые номера страниц**).

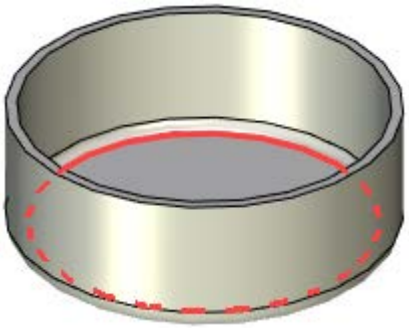
Состояние данной опции можно передавать в шаблон основной надписи с помощью нового аргумента функции getv(,) Выражение getv (**IS_PAGE_ORDER_USED, 0)** в шаблоне будет равно 0 или 1, если этот флаг снят или установлен соответственно в документе, в который шаблон вставлен, что позволяет управлять содержимым шаблона основной надписи в зависимости от используемого принципа нумерации страниц.



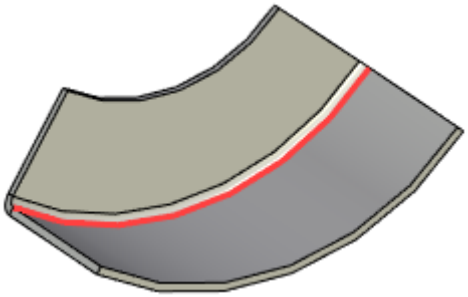
Листовой металл

Гибка по кривым базовым линиям

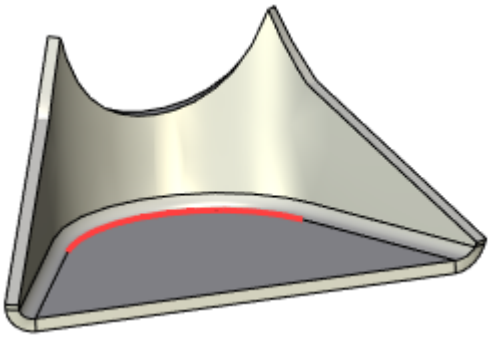
Реализована гибка по кривым базовым линиям и получение развёрток по таким телам.



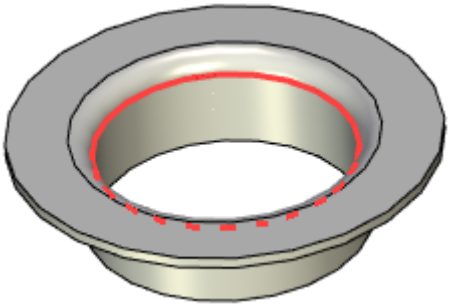
Задание базовой линии замкнутым кривым ребром плоской заготовки



Задание базовой линии незамкнутым кривым ребром неплоской заготовки



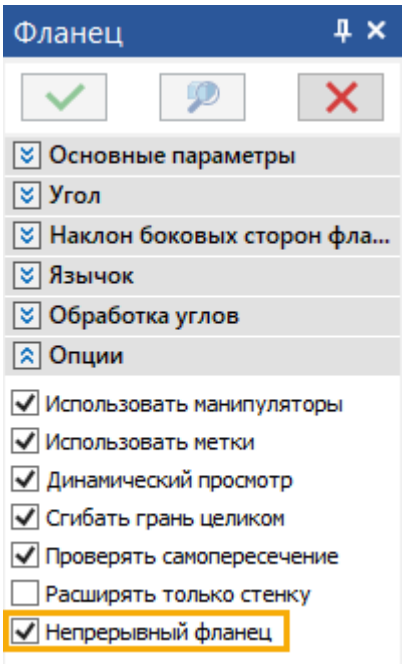
Задание базовой линии кривым 3D профилем

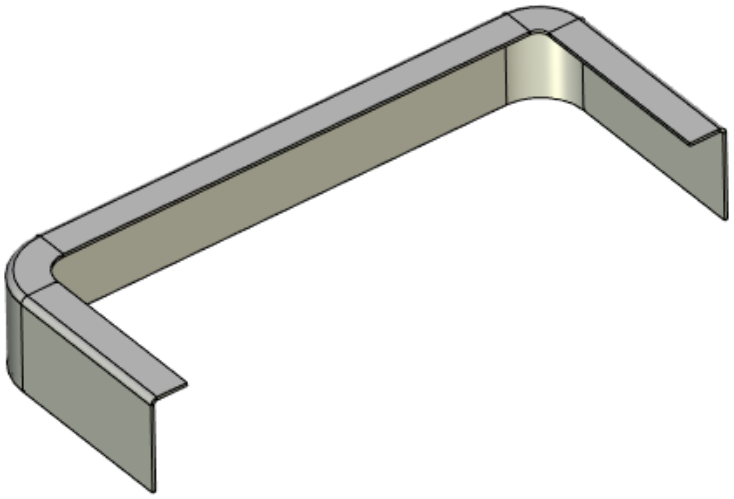


Задание базовой линии замкнутым ребром торца трубы

Непрерывный фланец

Для всех команд гибки добавлена опция **Непрерывный фланец**, позволяющая создать единую операцию без угловых ослаблений по базовой линии, образованной последовательностью гладко сопряжённых рёбер.

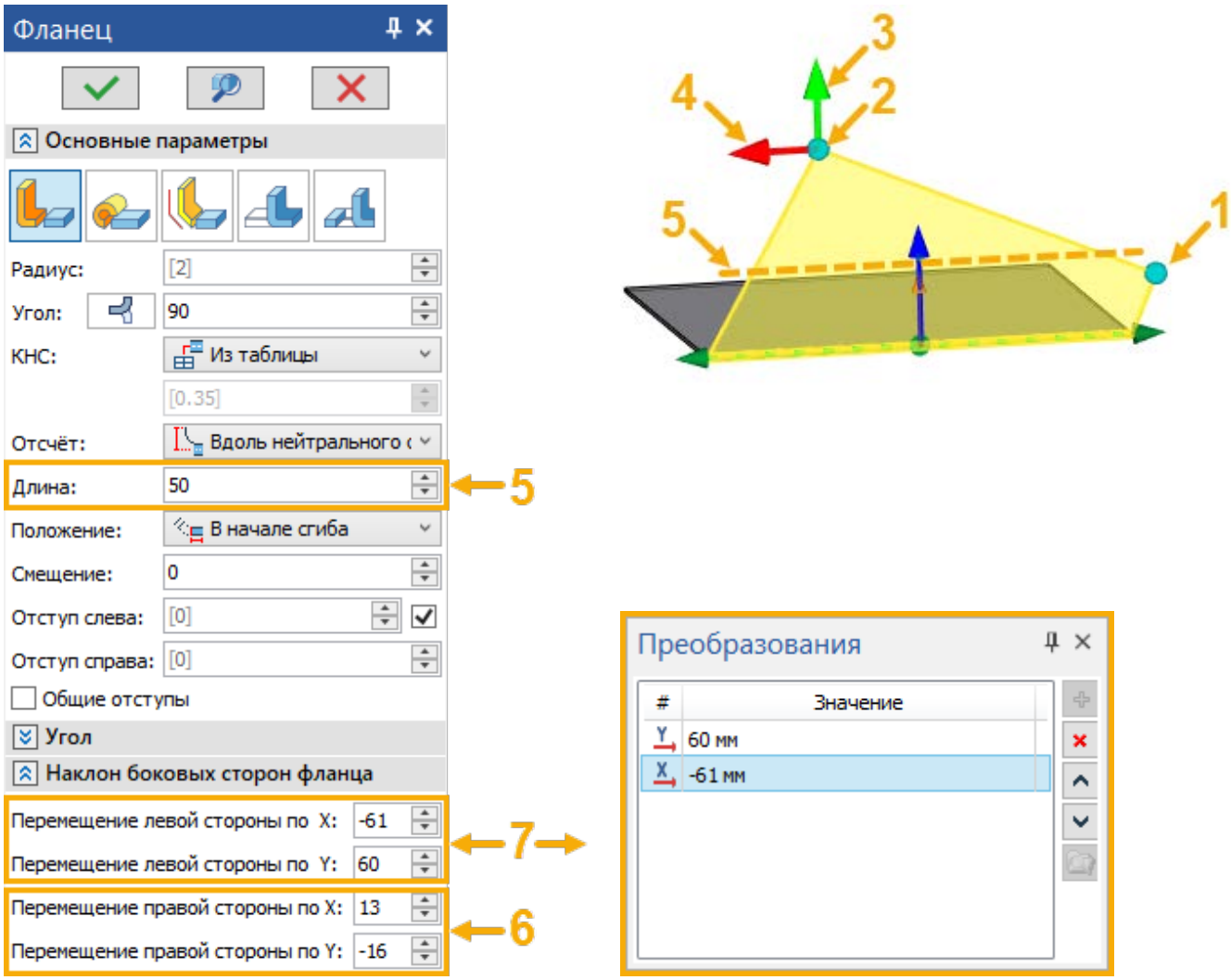




Наклон боковых сторон фланца

Для **Фланца** теперь можно задать смещения угловых точек. Смещения задаются путем применения преобразований к точкам с помощью манипуляторов в 3D окне или вводом значений в окне параметров.

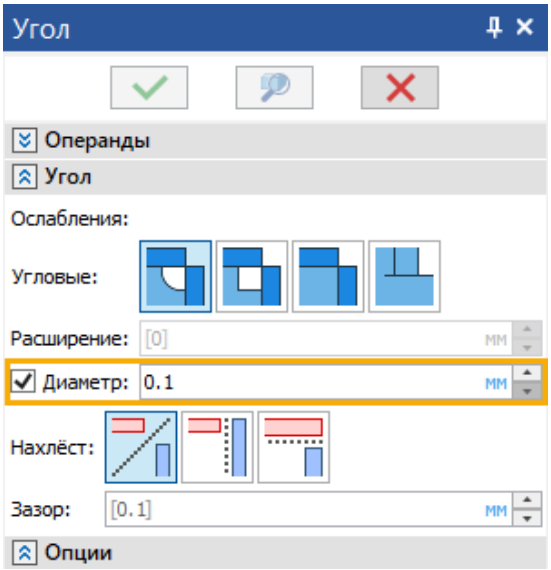
Для фланца на основе кривой базовой линии смещения угловых точек недоступны.



1 - Маркер правой угловой точки
2 - Маркер левой угловой точки
3 - Манипулятор перемещения левой угловой точки по Y
4 - Манипулятор перемещения левой угловой точки по X
5 - Номинальная длина фланца
6 - Итоговые смещения правой угловой точки
7 - Преобразования и итоговые смещения левой угловой точки

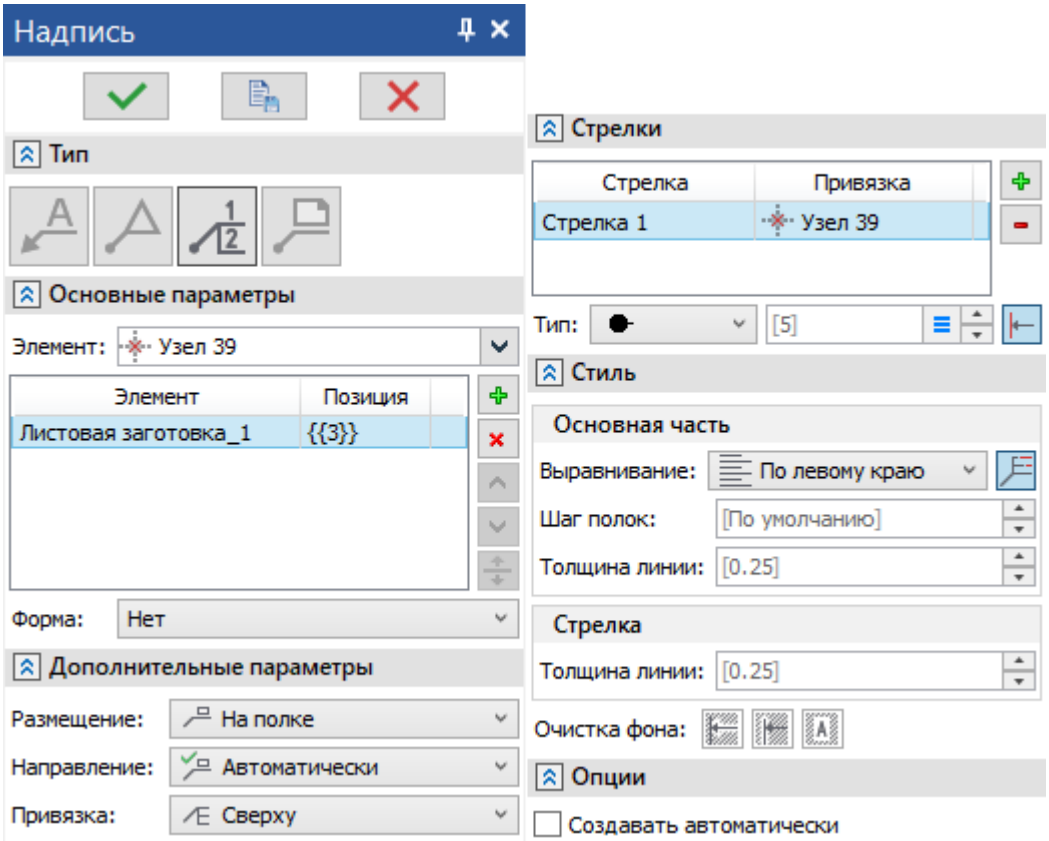
Угол

Для **Угла** теперь можно непосредственно указать диаметр ослабления.



Чертежи деталей из листового металла

Обозначения, создаваемые командой **Обозначение сварного шва,** унифицированы с обозначениями, создаваемыми новой командой Позиция.



Для таких обозначений теперь доступны нововведения, общие для аннотаций различных типов:

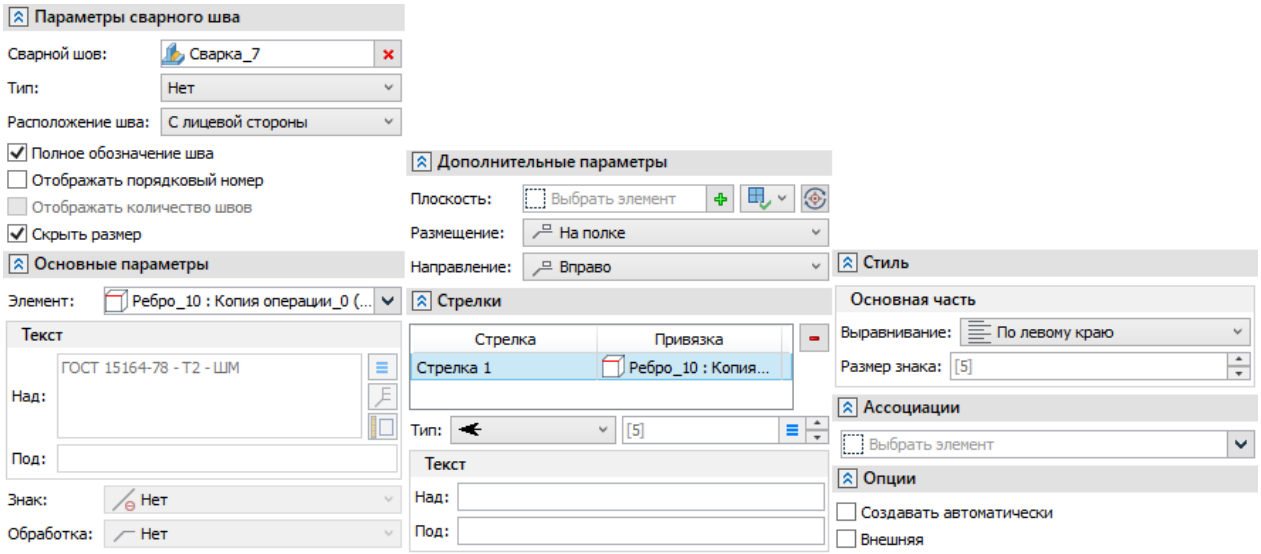
- поля выбора элементов привязки;
- единый механизм управления стрелками;
- автоподбор направления полки;
- автомасштабирование.

Для **Проекции развёртки** теперь доступны нововведения, общие для проекций различных типов (см. Проекция).

Сварка

Обозначение сварного шва

Интерфейс команды обновлён и унифицирован с обновлённой командой создания текстовых надписей.

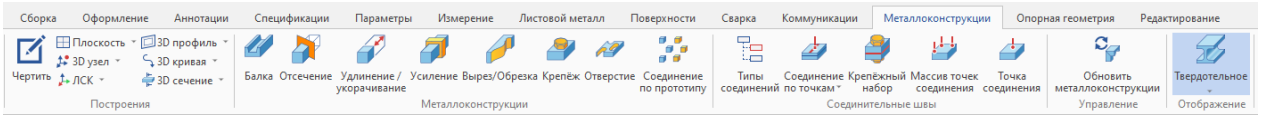


Добавлены нововведения, общие для аннотаций различных типов:

- поля выбора элементов привязки;
- единый механизм управления стрелками;
- автоподбор направления полки;
- автомасштабирование;
- ассоциации;
- единый механизм управления ориентацией в пространстве 3D модели;
- возможность делать аннотацию внешней.

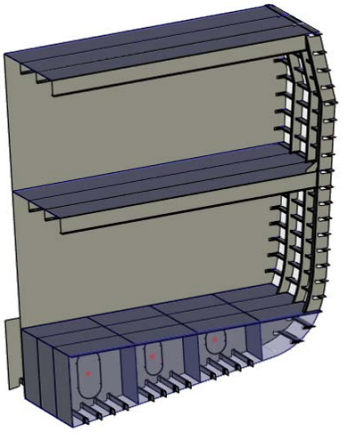
Металлоконструкции и Соединительные швы

Разработаны новые модули для работы с металлоконструкциями и соединительными швами. Входящие в них команды доступны в новой вкладке ленты - **Металлоконструкции**.

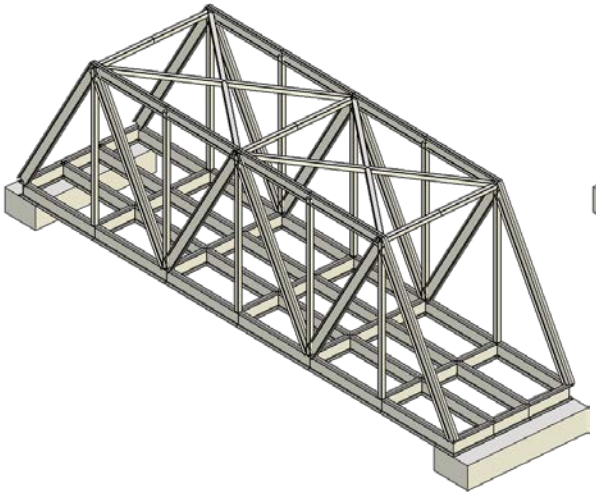


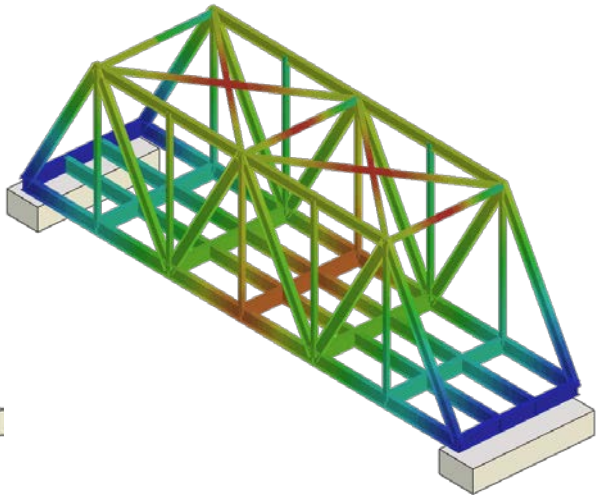
Металлоконструкции

Модуль металлоконструкций позволяет выполнять работы по проектированию балочных конструкций в общем машиностроении и строительстве, а также решать отдельные задачи по проектированию каркаса в авиа- и судостроении.



После создания сборки средствами модуля металлоконструкций над ней можно производить расчёты с использованием специальной 1D расчётной сетки в приложении T-FLEX Анализ (подробнее см. описание новых возможностей приложения T-FLEX Анализ).

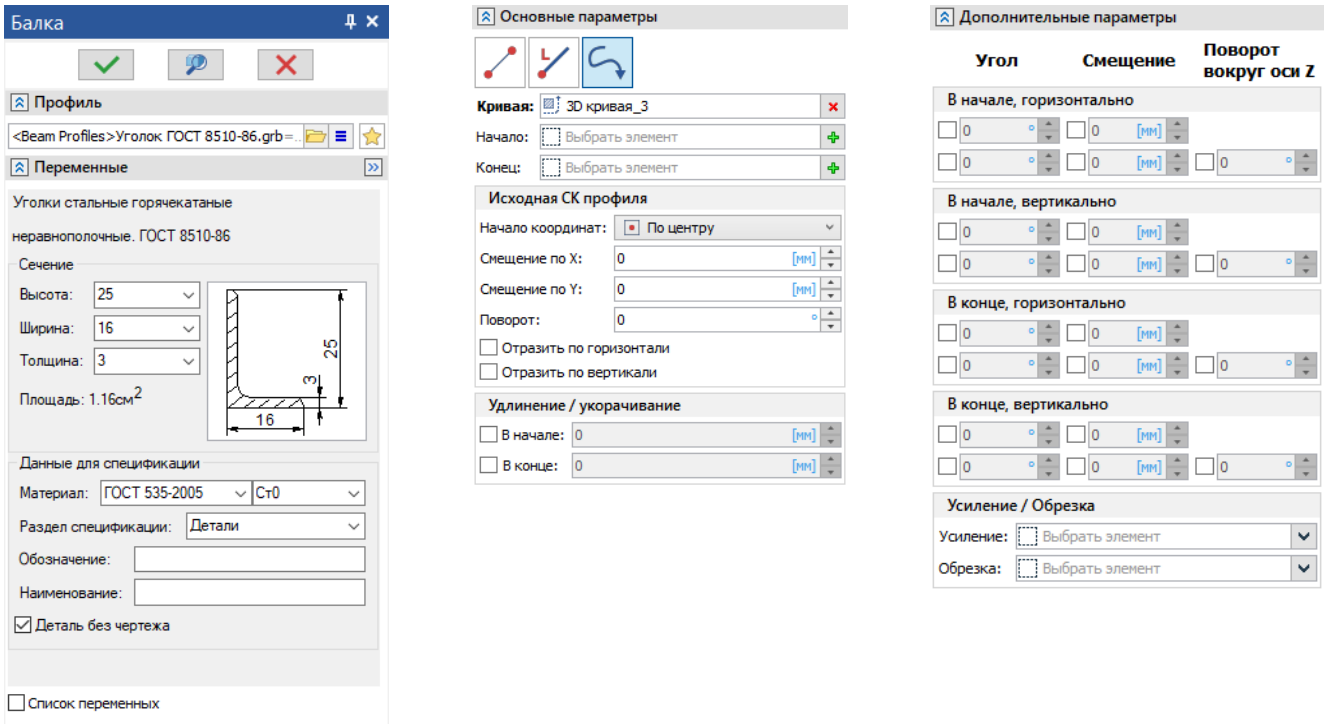


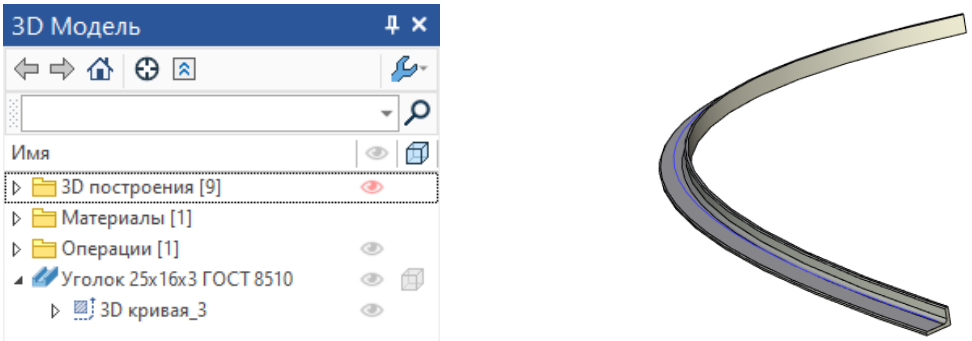


Балка

Реализован новый тип 3D элемента модели **Балка**.

Балка создаётся на основе профиля, лежащего во внешнем файле. В качестве профилей можно использовать как стандартные элементы, входящие в поставку T-FLEX CAD, так и пользовательские элементы. Профиль вытягивается по точкам или кривым. Дополнительно для балок могут быть заданы параметры удлинения, укорачивания, подрезки торцов под заданными пользователям углами.



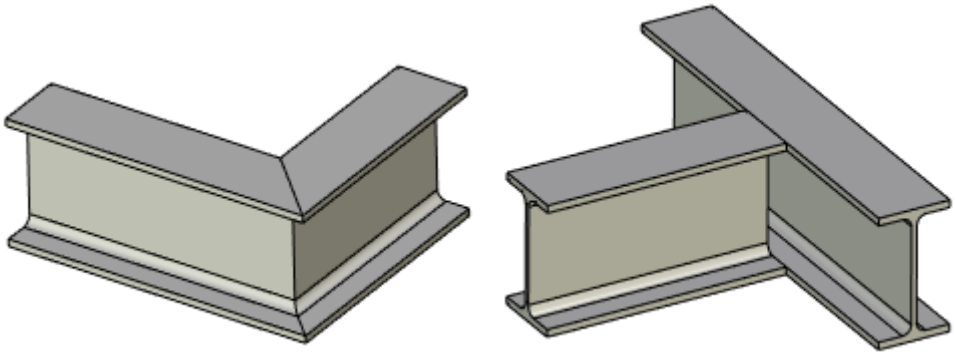


Обработки балок

Разработан ряд команд для выполнения различных модифицирующих операций над балками:

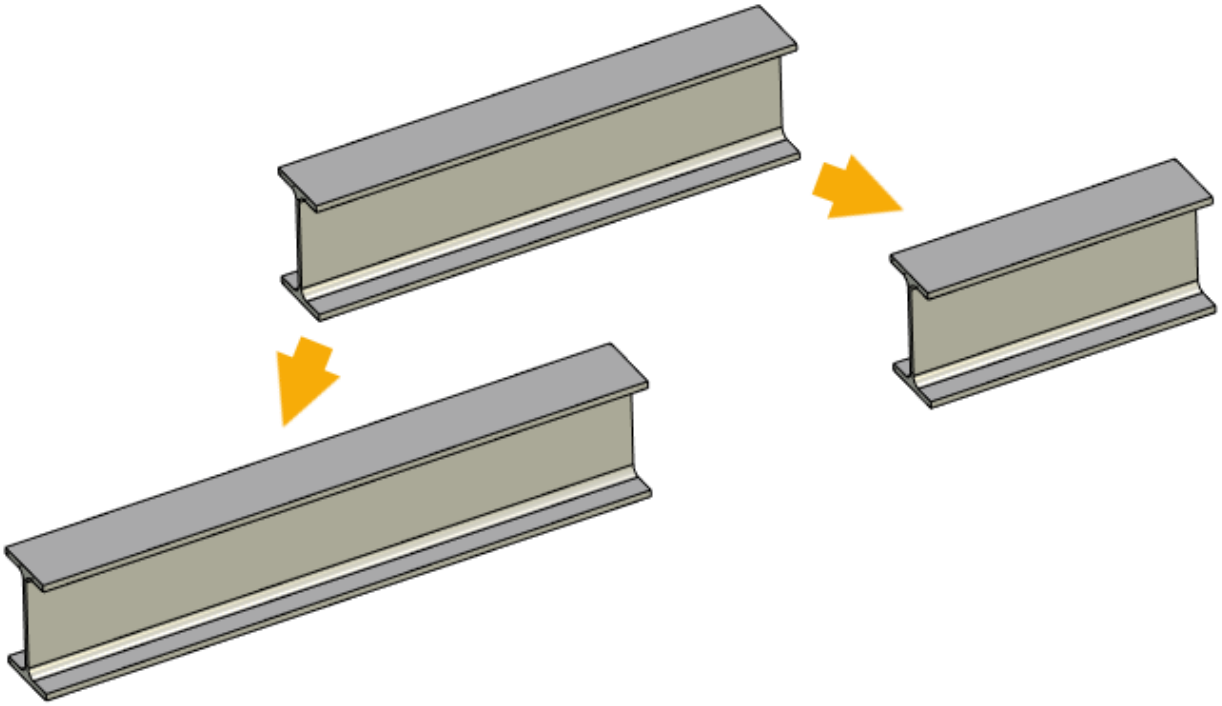
Отсечение

Две пересекающиеся балки отсекаются плоскостью, делящей пополам угол между ними, либо одна из балок отсекается плоскостью, ограничивающей профиль второй. Для секущих плоскостей можно задать дополнительные отступы.



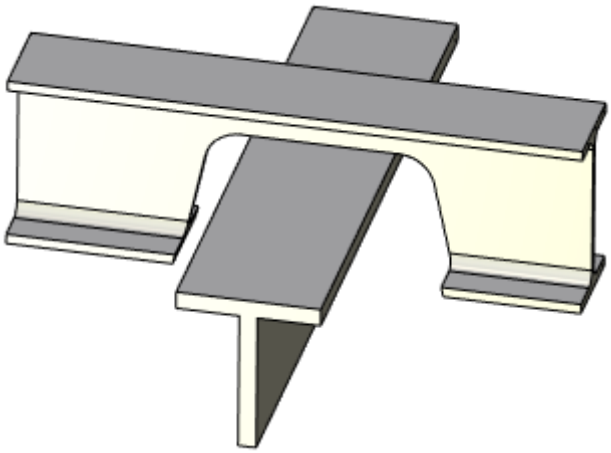
Удлинение/Укорачивание

Длина балки изменяется на указанное значение в начале и/или в конце.



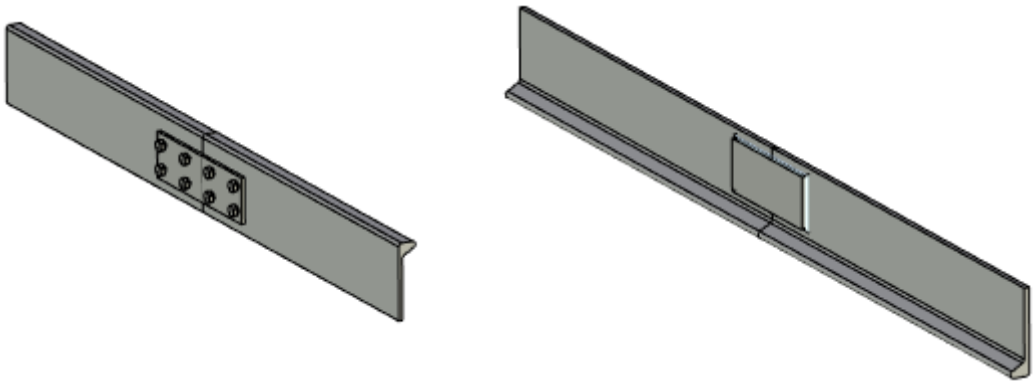
Вырез/Обрезка

Балка обрезается по контуру пересекающихся с ней элементов (других балок или прочих тел), либо по одному из 3D профилей, содержащихся во фрагменте пересекающейся балки (файл, используемый в качестве профиля балки, может содержать дополнительные профили стандартных вырезов, выполняемых в пересекающейся с этой балкой элементах). При этом можно задать дополнительный зазор.



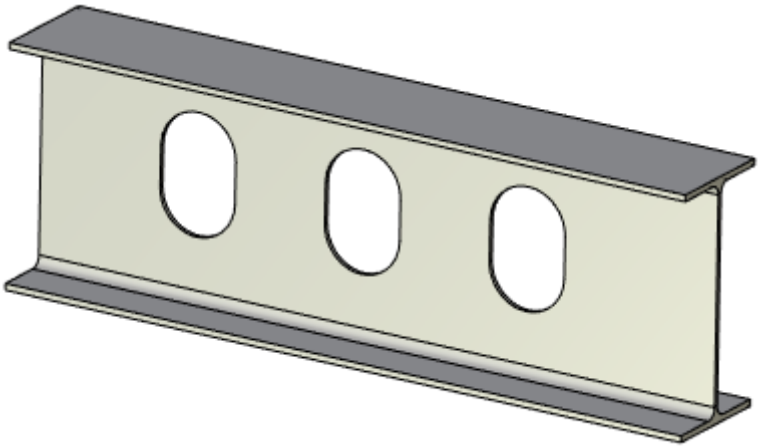
Крепёж

На стыке балок добавляются тела элементов крепежа на основе 3D фрагментов. В качестве крепежа могут выступать как собственно крепёжные изделия (болты, гайки, заклёпки и т.п.), так и элементы усиления (накладки, косынки и т.п., в т.ч. крепящиеся сваркой). В качестве фрагментов, определяющих номенклатуру крепежа, можно использовать как стандартные элементы, входящие в поставку T-FLEX CAD, так и пользовательские элементы.



Отверстие

В указанной точке балки добавляется вырез по контуру 3D фрагмента. Сам 3D фрагмент при этом может не входить в текущую сборку. В качестве фрагментов, определяющих форму отверстия, можно использовать как стандартные элементы, входящие в поставку T-FLEX CAD, так и пользовательские элементы.



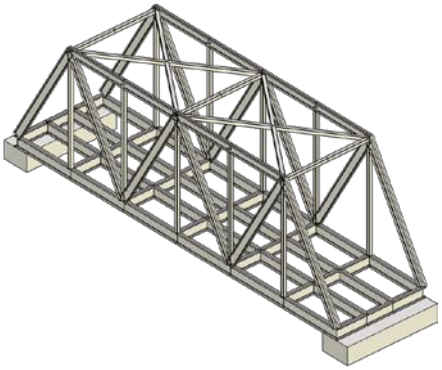
Соединение по прототипу

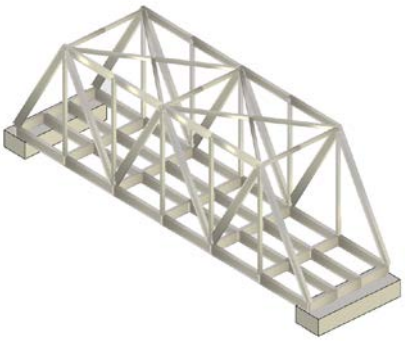
Команда позволяет создать новую обработку путем копирования параметров любой из имеющихся обработок.

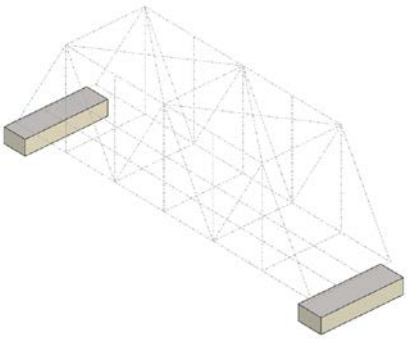
Система также поддерживает возможность разработки дополнительных программных модулей, обеспечивающих формирование пользовательских обработок.

Отображение металлоконструкций

Для металлоконструкций доступно три способа отображения в 3D окне:





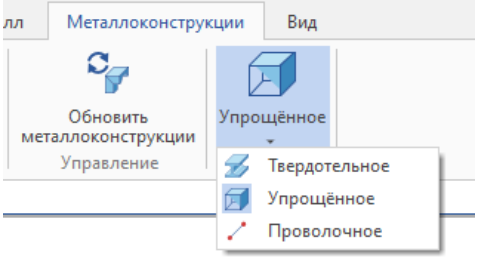


Твердотельное
(по умолчанию)

Упрощённое
Упрощённое сеточное представление. Может не учитывать тип профиля и изменения геометрии, вносимые различными обработками.

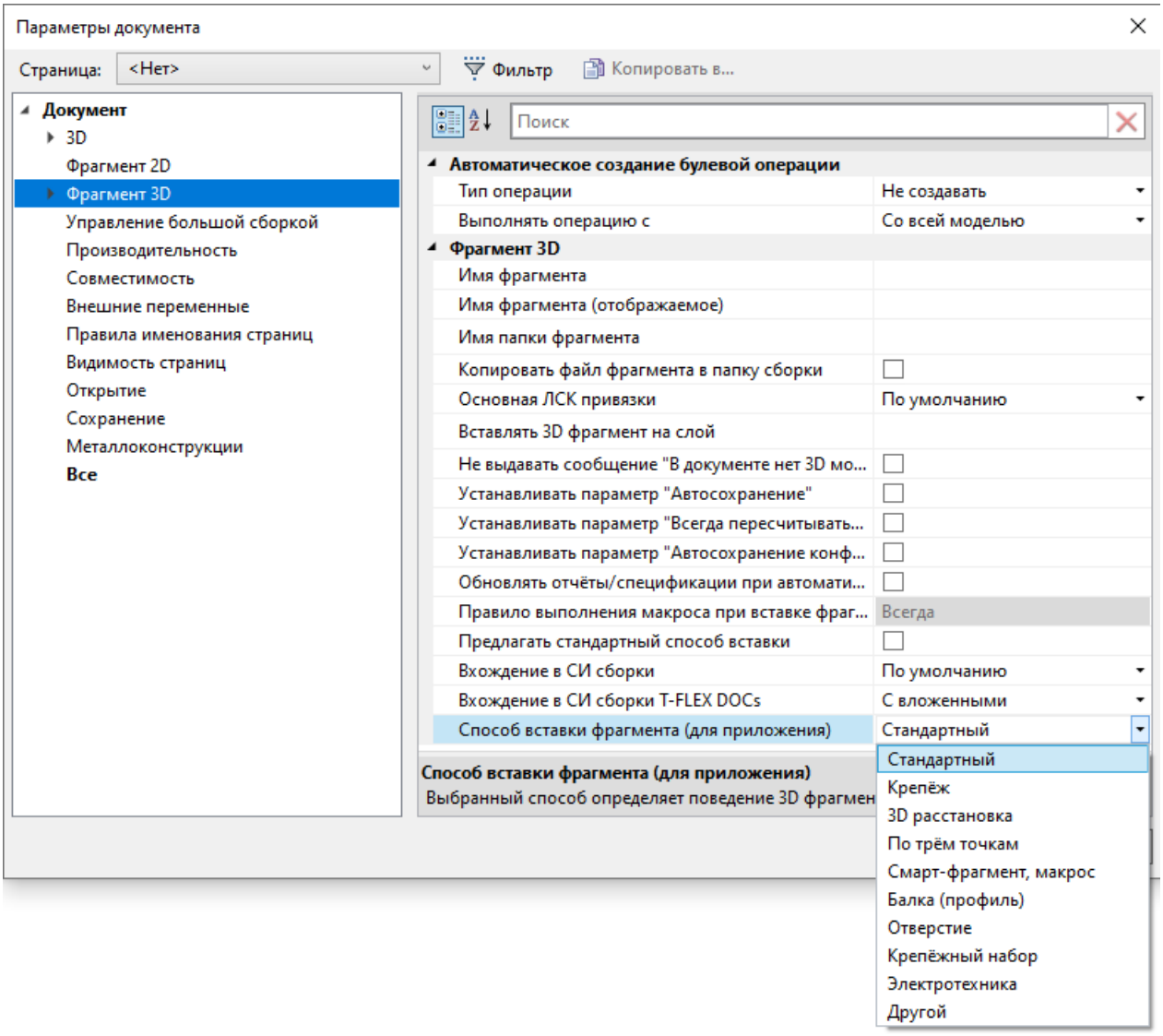
Проволочное
Условное проволочное представление, в котором отображаются только оси балок.

Переключение между ними осуществляется с помощью специальной команды.



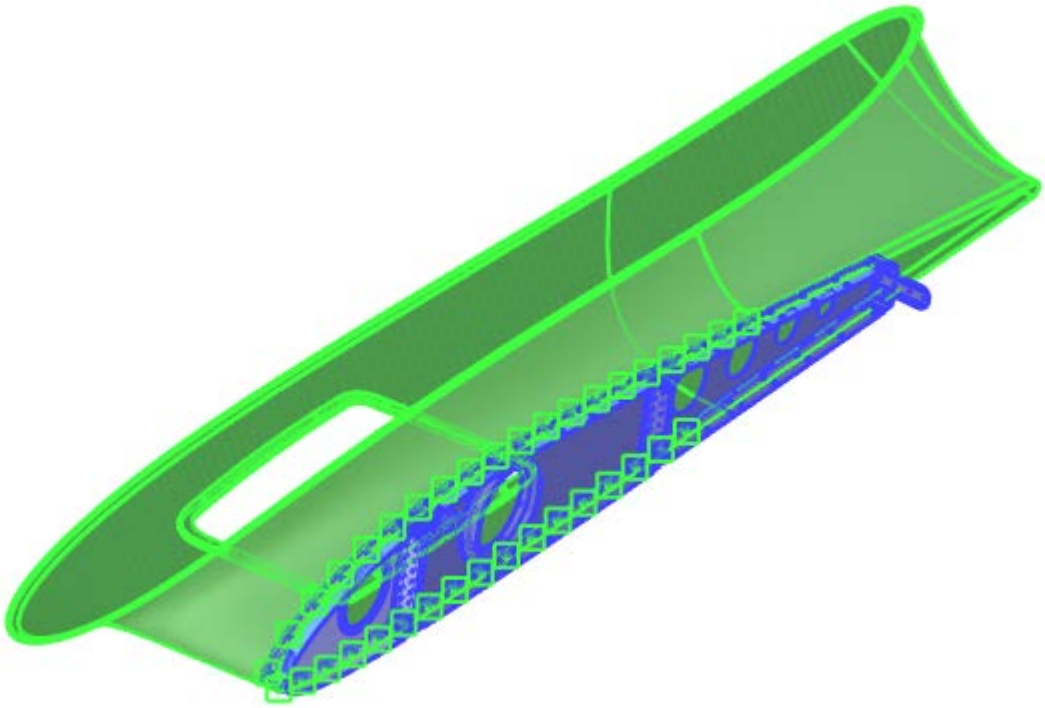
Способы вставки фрагментов

В параметрах документа расширены возможности для задания способа вставки данного документа в качестве фрагмента. Кроме режимов вставки, которые были доступны ранее, появились режимы **Балка (профиль)**, **Отверстие**, **Крепёжный набор**. В случае выбора одного из этих режимов, при вставке такого документа в сборку вместо стандартной команды вставки фрагмента используются специализированные команды модуля **Металлоконструкции**, соответственно: **Балка**, **Отверстие**, **Крепёж**.



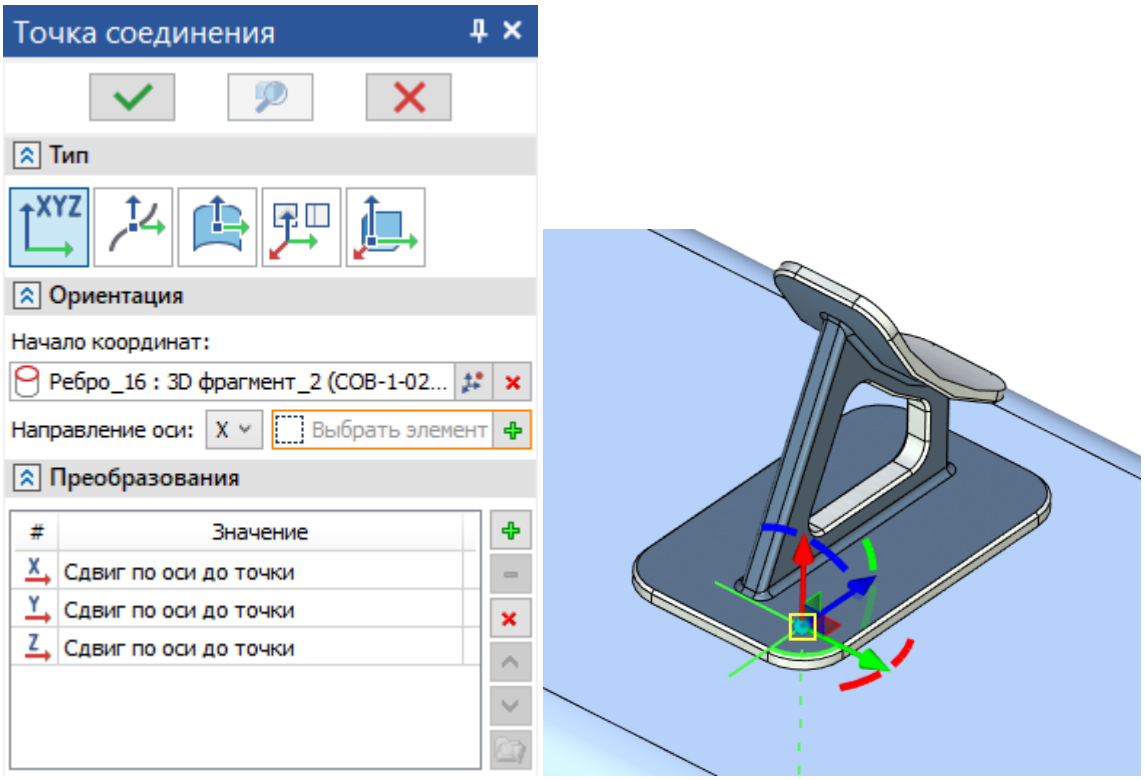
Соединительные швы

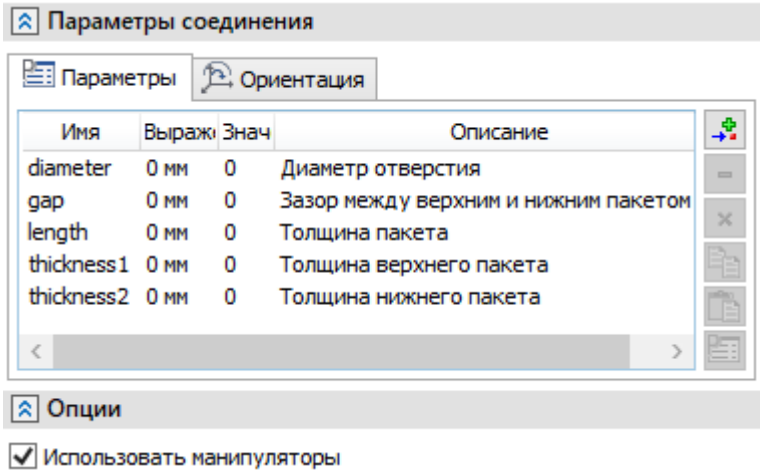
Модуль соединительных швов позволяет автоматизировать расстановку крепежных изделий, выполнение отверстий под крепеж, а также расстановку точек сварки пайки и склейки, в том числе по сложным криволинейным поверхностям (например в соединениях элементов каркаса летательных аппаратов).



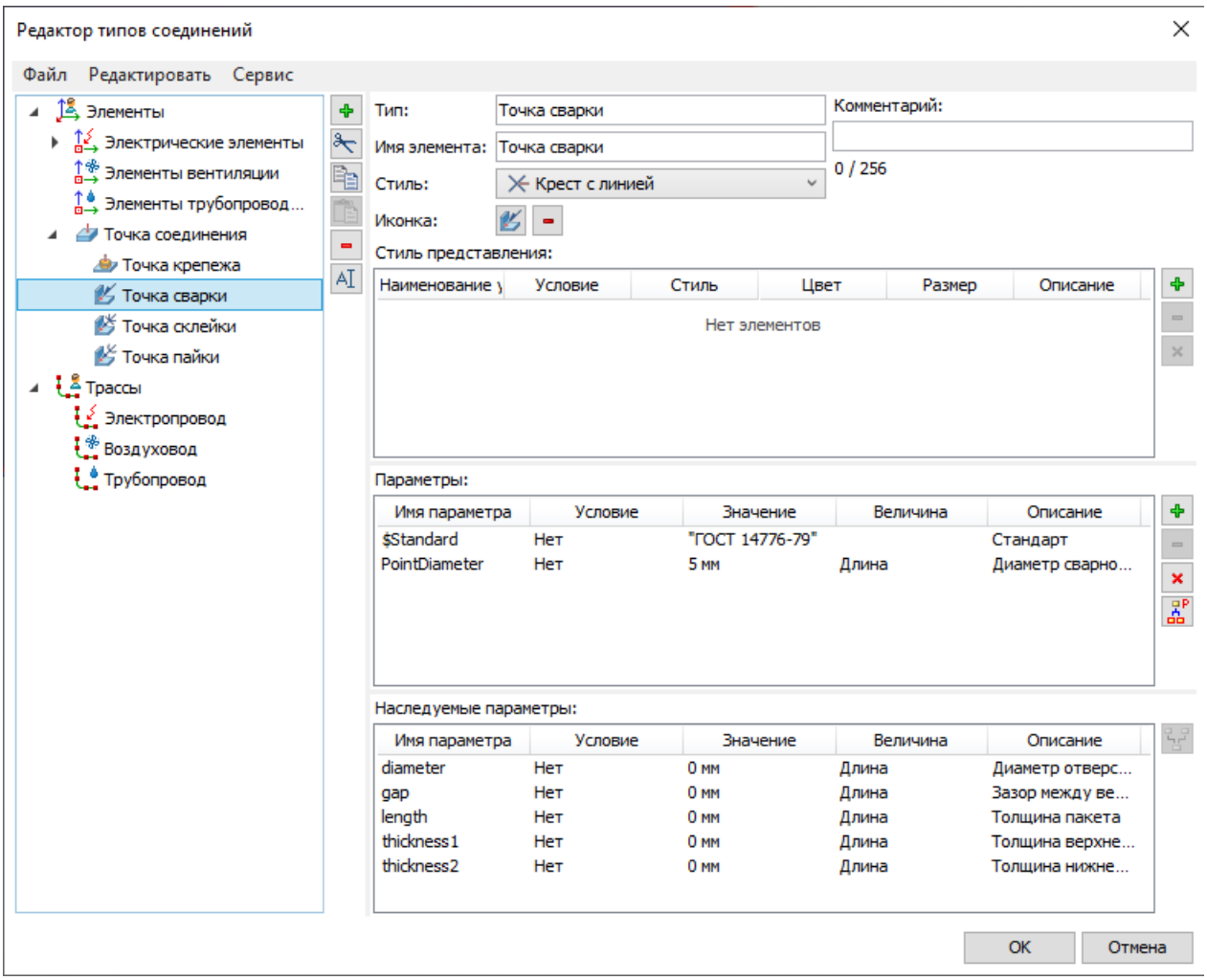
Точка соединения

Реализован новый тип элемента модели **Точка соединения**. Он обеспечивает хранение положения, состава элементов, а также других геометрических параметров элементов соединительных швов. **Точка соединения** создаётся одноимённой новой командой, основанной на команде **ЛСК**. Доступны те же способы построения точек, что и для ЛСК (**В абсолютных координатах, На кривой, На поверхности, По двум проекциям, На пересечении трёх плоскостей**).

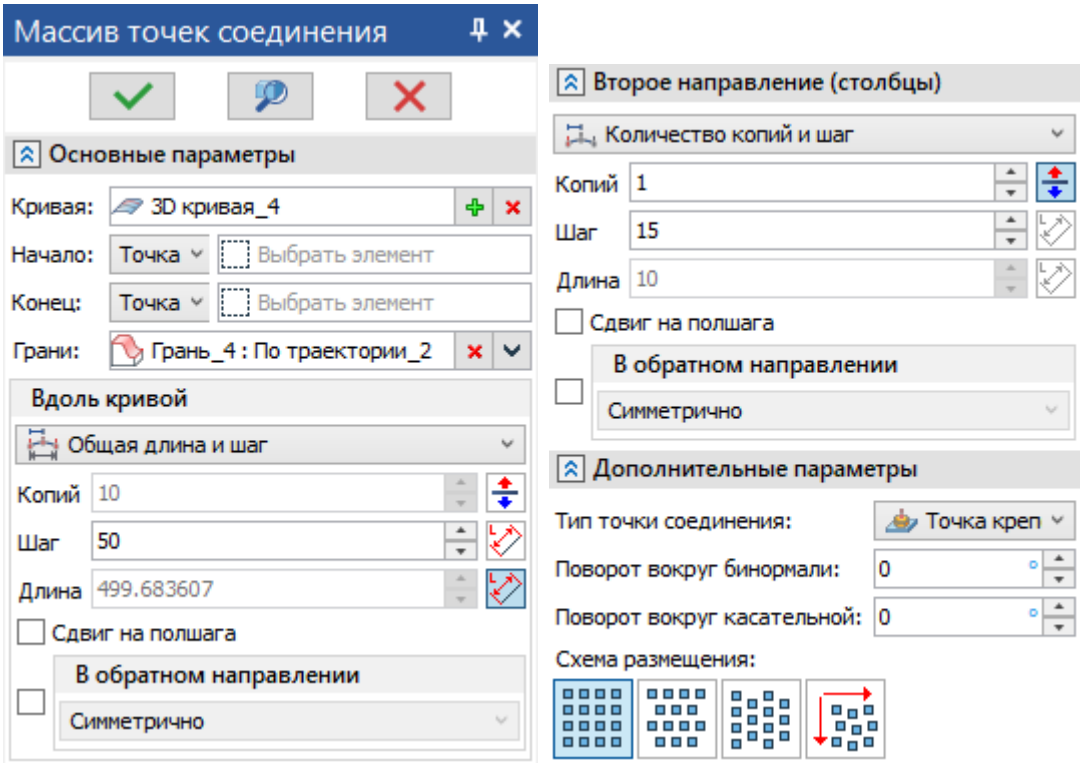


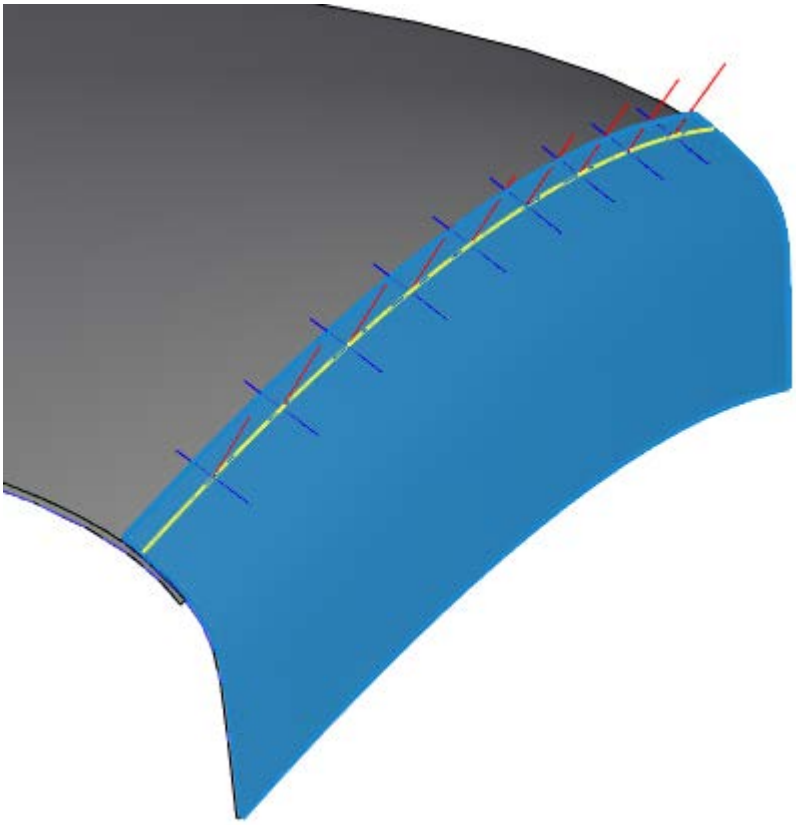


Реализованы специализированные типы точек соединения: **Точка крепежа, Точка сварки, Точка склейки, Точка пайки**. Управление типами точек осуществляется с помощью того же **Редактора типов соединений**, что и управление типами элементов коммуникаций.


Редактор типов соединений
Файл
Редактировать
Сервис
Элементы
Электрические элементы
Элементы вентиляции
Элементы трубопровод...
Точка соединения
Точка крепежа
Точка сварки
Точка склейки
Точка пайки
Трассы
Электропровод
Воздуховод
Трубопровод
Тип:
Точка сварки
Имя элемента:
Точка сварки
Стиль:
Крест с линией
Иконка:
Комментарий:
0 / 256
Стиль представления:
Наименование
Условие
Стиль
Цвет
Размер
Описание
Нет элементов
Параметры:
Имя параметра
Условие
Значение
Величина
Описание
$Standard
Нет
"ГОСТ 14776-79"
Стандарт
PointDiameter
Нет
5 мм
Длина
Диаметр сварно...
Наследуемые параметры:
Имя параметра
Условие
Значение
Величина
Описание
diameter
Нет
0 мм
Длина
Диаметр отверс...
gap
Нет
0 мм
Длина
Зазор между ве...
length
Нет
0 мм
Длина
Толщина пакета
thickness1
Нет
0 мм
Длина
Толщина верхне...
thickness2
Нет
0 мм
Длина
Толщина нижне...
OK
Отмена

Для быстрого создания набора точек, соответствующего крепёжному шву, предназначена новая команда **Массив точек соединения**, основанная на **Массиве по кривой**.

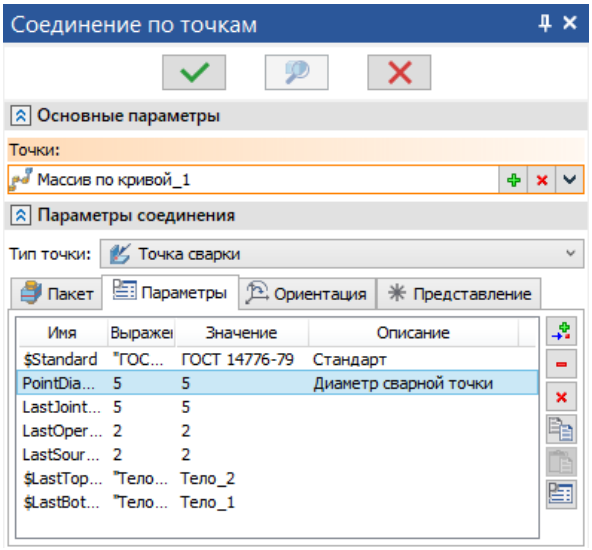


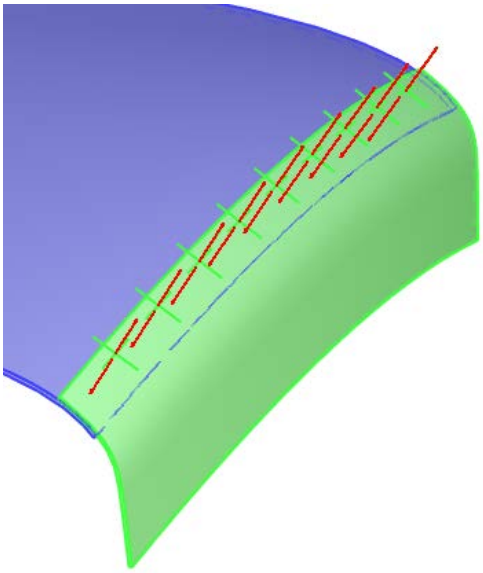


Соединение по точкам

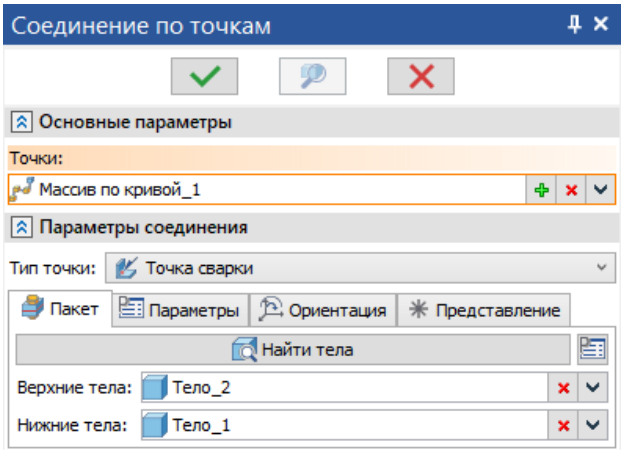
Команда **Соединение по точкам** позволяет создавать соединения по имеющимся одиночным точкам или массивам точек соединения.

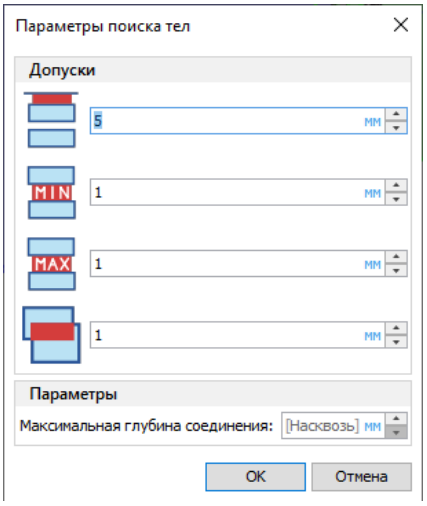
Создаваемый в результате объект дерева модели, содержит информацию о различных параметрах соединения. Набор параметров по умолчанию определяется указанным типом точки и задаётся в редакторе типов соединений. При необходимости можно добавить пользовательские параметры непосредственно для конкретного соединения.



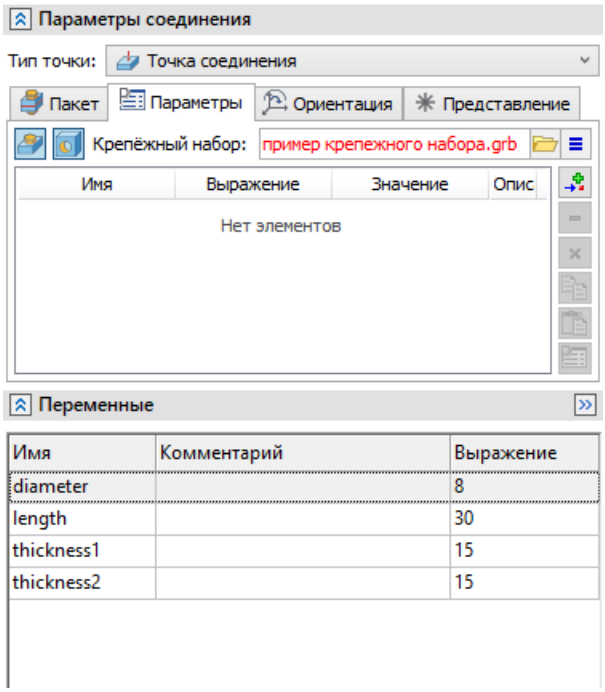


Соединяемые тела можно указать вручную или определить автоматически с учётом желаемых допусков и максимальной глубины соединения.





Дополнительно при создании соединения можно автоматически выполнить отверстия под крепеж в соединяемых элементах и/или расставить в сборке 3D фрагменты крепежных изделий. Для этого необходимо указать желаемый крепежный набор и включить в параметрах соединения опции **Размещать крепеж** и/или **Размещать отверстия**. Наборы создаются заранее с помощью команды [Крепёжный набор](#).

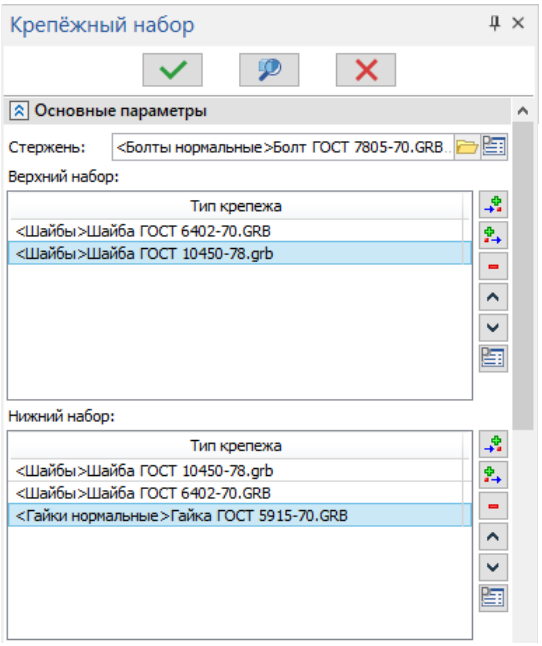


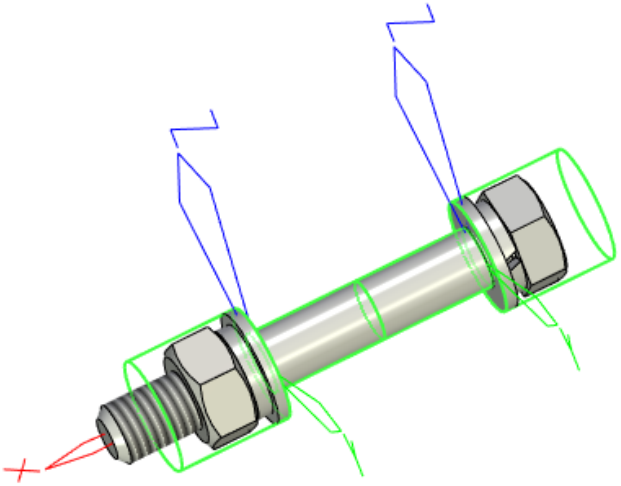
Крепёжный набор

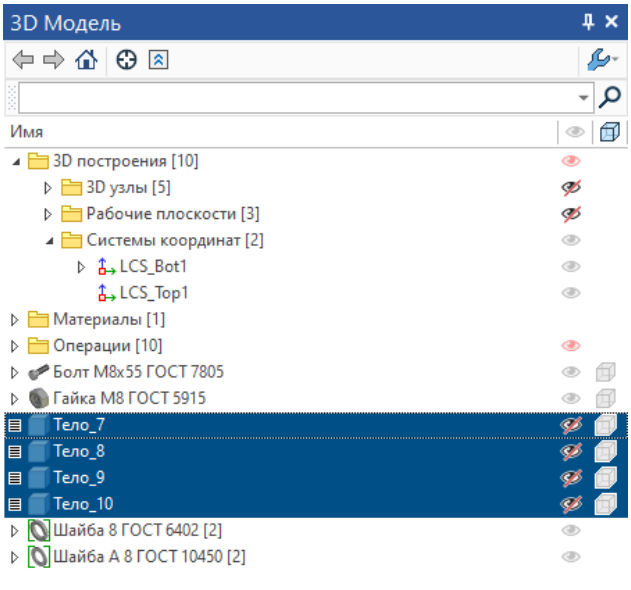
Команда **Крепежный набор** предназначена для создания набора крепежных и вспомогательных элементов, используемых в соединительных швах. Крепежный набор представляет собой сборку, которая содержит:

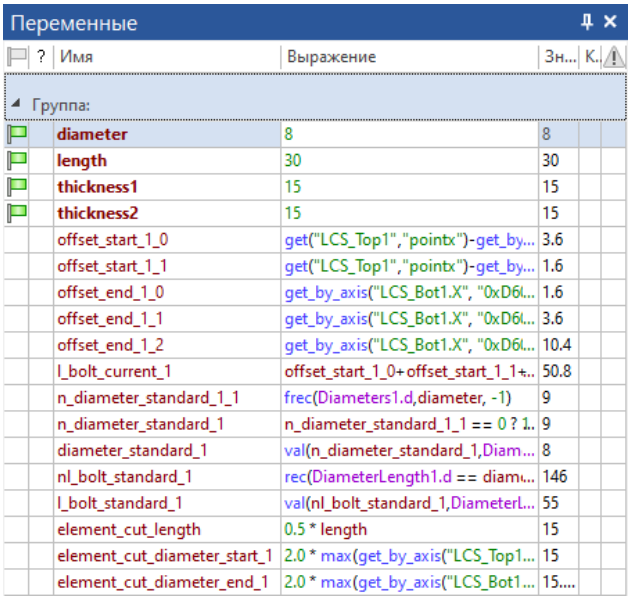
- 3D фрагменты крепежных изделий;
- тела, определяющие размеры отверстий под крепеж (параметры отверстий могут быть разными в начале, конце и середине пакета), включая зенкование/цекование;
- коннекторы, определяющие начало и конец пакета;
- набор внешних переменных набора, связанных с переменными крепежных изделий, коннекторов и тел.

После создания набора его необходимо сохранить в отдельном файле. Этот файл затем можно использовать в команде [Соединение по точкам](#).



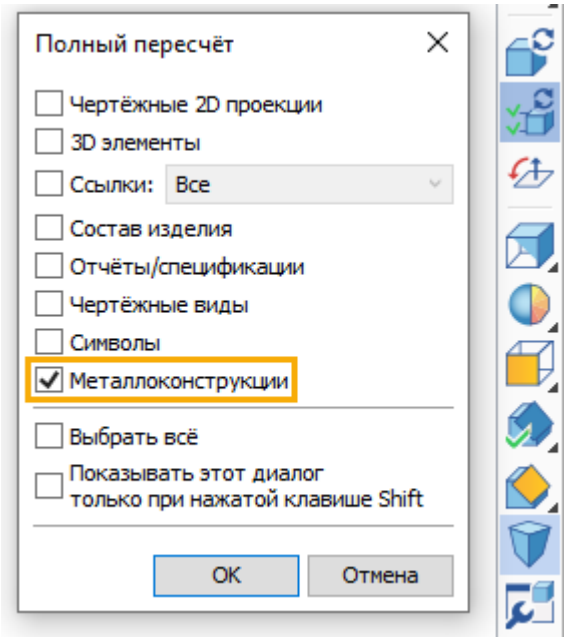


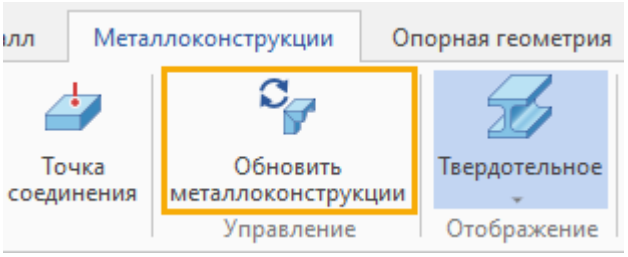




Обновление металлоконструкций и соединительных швов

Для пересчёта металлоконструкций и соединительных швов можно использовать новую опцию в общей команде полного пересчёта или отдельную команду.



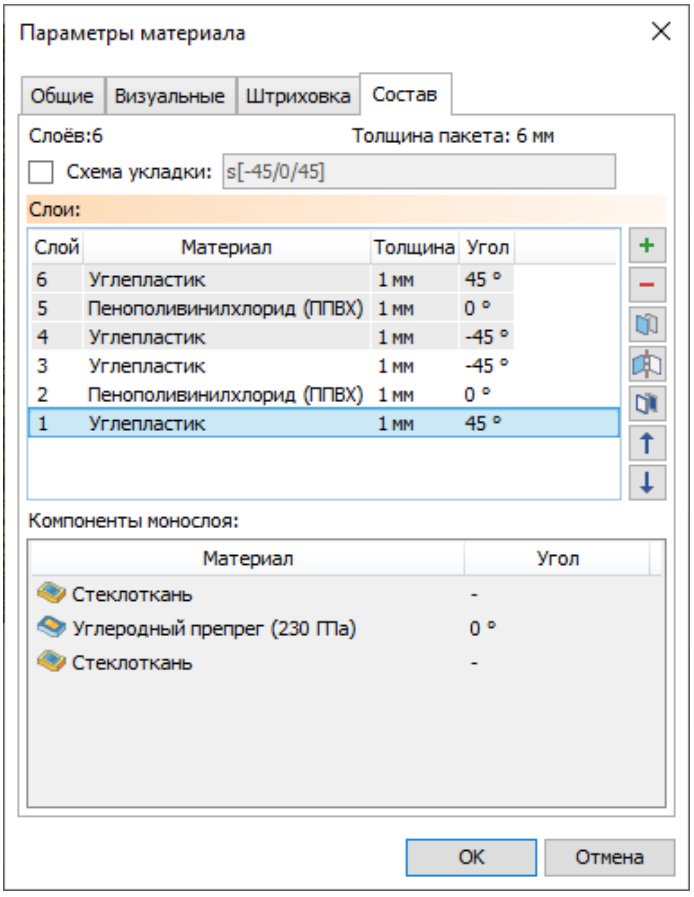


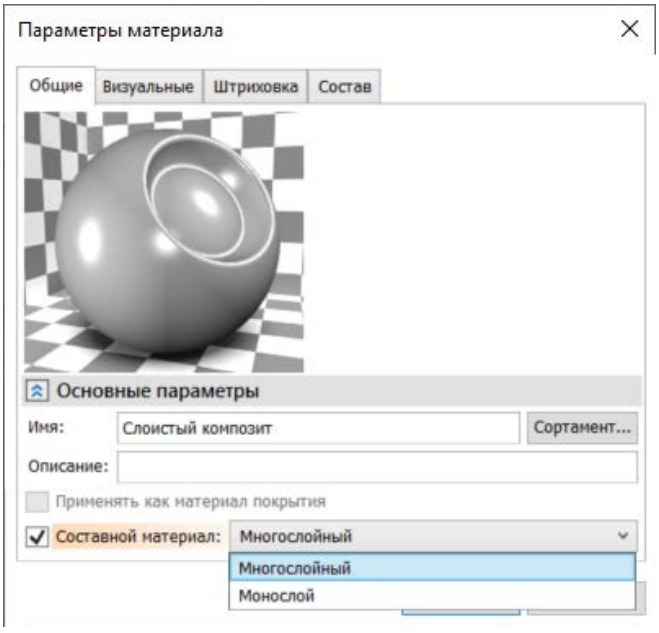
Материалы

Составные материалы

В элемент модели **Материал** добавлен параметр **Составной материал**. При его включении пользователь имеет возможность создания слоёв материала. Слои имеют состав, формируемый другими материалами модели, толщину и угол поворота относительно системы координат материала. Состав и параметры составных материалов на данный момент используются при выполнении конечно-элементных расчётов (расчёт ламинатов).

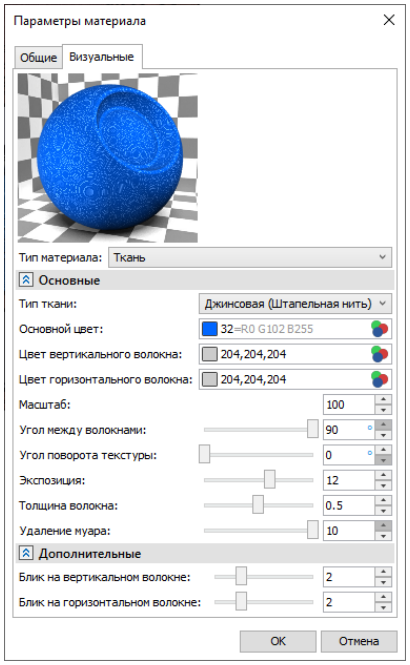
Составной материал используется для моделирования поведения слоистых композитов и сэндвич-панелей. Также имеется возможность использовать отдельно монослой, состоящий из компонентов матрицы и наполнения. Если применить в качестве основного материала тип монослой, то свойства материала будут учитываются как ортотропные, сохраняя, при этом, компоненты слоя.

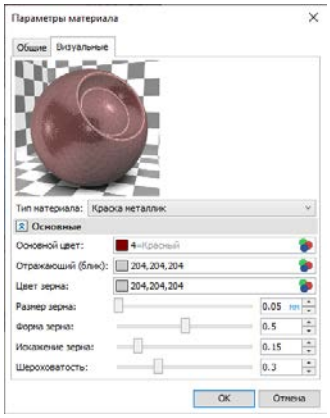


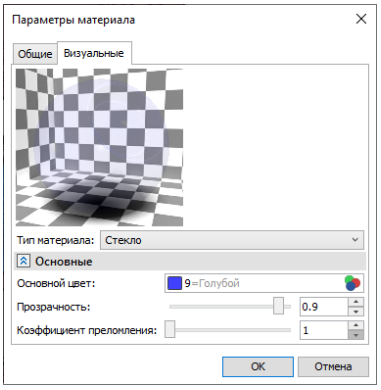


Визуальные параметры материалов

Все визуальные параметры материала сосредоточены в новой вкладке диалога параметров. Помимо традиционного способа визуализации материалов, использовавшегося в предыдущих версиях T-FLEX CAD (**Тип материала: По умолчанию**), добавлена поддержка программных текстур материалов (**Тип материала: Краска металлик, Ткань, Стекло**). Для прорисовки элементов модели, к которым применяются такие материалы используются микропрограммы, исполняемые на графической плате (шейдеры). Для каждого типа материала доступен свой набор визуальных параметров. Эти параметры влияют как на отображение модели в обычных 3D окнах, так и при генерации фотореалистичных изображений.







Параметризация

В редакторе переменных стала доступной для использования функция NREC, позволяющая осуществлять поиск строки БД по нескольким условиям с возможностью подбора наиболее точного значения.

Типоразмеры

В библиотеках появилась возможность управления набором конкретных типоразмеров библиотечных элементов без необходимости редактирования исходного параметрического файла. Список типоразмеров хранится в отдельном файле формата XML, размещаемого рядом с соответствующим параметрическим файлом. Каждая запись в таком файле соответствует одному типоразмеру, и содержит перечень значений управляющих (внешних) переменных.

В системе добавлено специализированное окно **Типоразмеры**, позволяющее управлять списком типоразмеров для активного документа. Команда **Создать типоразмер** в этом окне фиксирует текущие значения управляющих переменных в качестве нового типоразмера, модифицируя файл со списком типоразмеров.

В окне **Меню документов**, являющемся навигатором библиотек параметрических элементов, в случае наличия типоразмеров для выбранного элемента, в нижней части становится доступным их список. Для элементов этого списка доступны команды **Открыть**, открывающая выбранный элемент с применением параметров типоразмера и **Вставить**, обеспечивающего вставку данного элемента с одновременным применением значений внешних переменных, соответствующих данному типоразмеру.

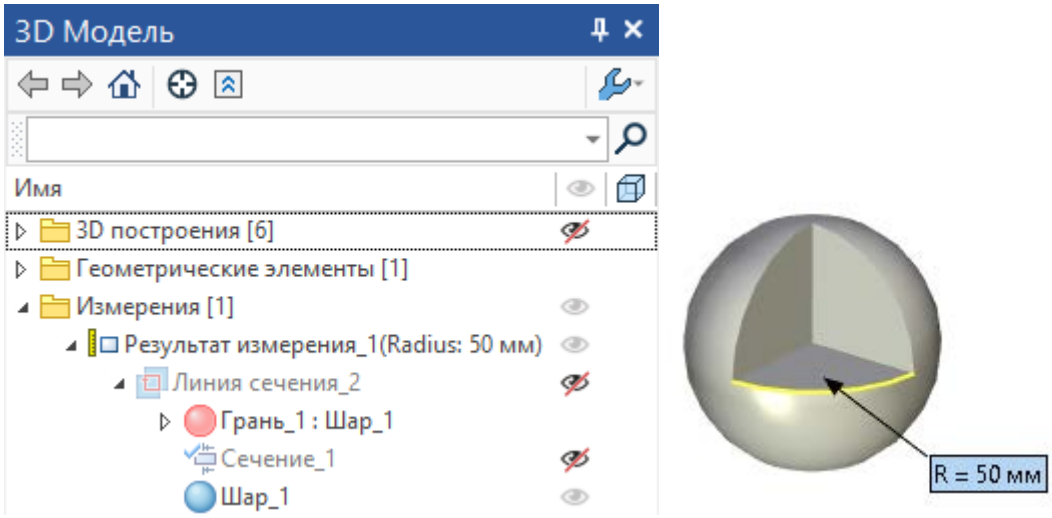
При работе под управлением T-FLEX DOCs, типоразмеры, созданные в библиотеке стандартных элементов, могут быть преобразованы в соответствующие элементы в библиотеки T-FLEX DOCs.

Измерение и Анализ геометрии

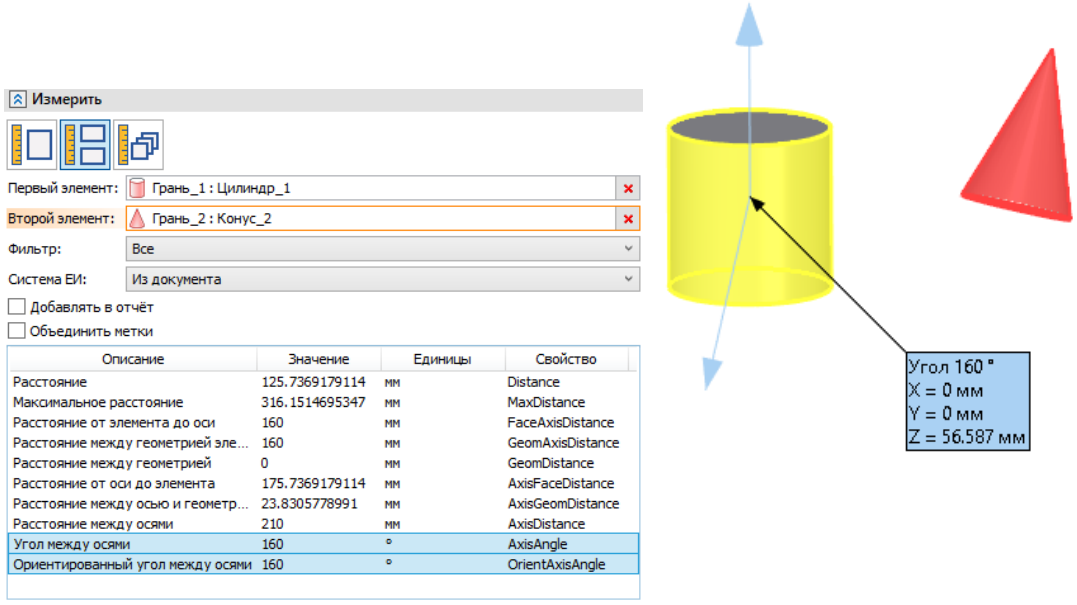
Измерить

В команде **Измерить** добавлен ряд новых возможностей:

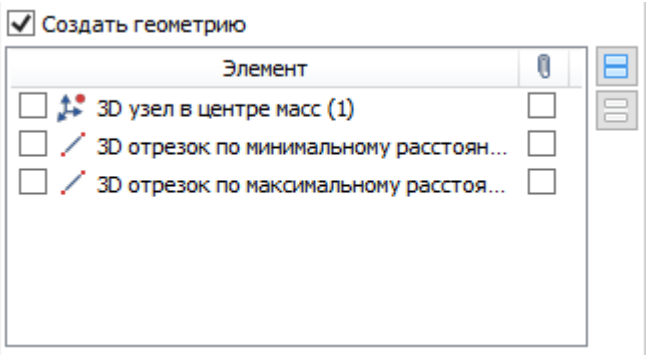
- Измерения виртуальных рёбер и вершин, образованных применением сечения к телам модели.



- Измерение угла между осями цилиндрических/конических/тороидальных граней.



- Создание геометрии по результатам измерения.
  Для этого необходимо установить флаг опции **Создать геометрию**. После активации опции ниже появляется список геометрических объектов, которые могут быть созданы на основе результатов измерения



  3D узел может быть создан:

  - в начальной и конечной точках кривой или профиля (незамкнутого);
  - в центре масс тела, массива, кривой и т.д.;
  - в начальной точке поверхности;

  3D отрезок может быть создан:

  - по минимальному расстоянию между выбранными объектами;
  - по максимальному расстоянию между выбранными объектами;
  - между начальной и конечной точками кривой или 3D профиля (незамкнутого);
  - между осью и геометрией элемента;
  - между геометрией;
  - от элемента до оси;

В установках системы теперь можно настроить размер стрелок для меток результатов измерения (**Установки** > **3D** > **Метки** > **Размер стрелки измерения**).

Экранные измерения

Новая команда **Экранные измерения** позволяет измерять расстояния и углы в плоскости, параллельной экрану.

Измерения производятся по точкам в 3D или 2D окне. При выборе точек можно привязываться к элементам различных типов с использованием **Объектной привязки**, либо указывать произвольные точки на экране без использования привязок. На чертеже можно привязываться только к элементам, принадлежащим активному виду.

В команде доступны два режима измерения, переключение между которыми осуществляется с помощью следующих опций автоменю:

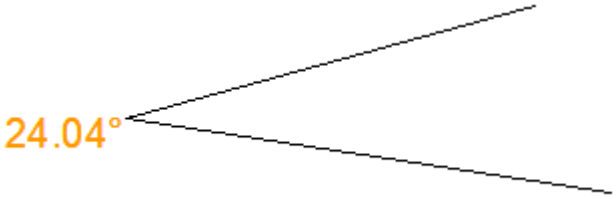
<L> Экранная длина

В этом режиме производится измерение расстояния по двум точкам. Результат отображается в виде линейки со шкалой от нуля в первой точке до итогового расстояния во второй.

Выбор одних и тех же элементов при разном масштабе камеры даёт один и тот же результат, т.к. расстояние измеряется не между точками экрана, а между точками модели или чертежа, соответствующими указанным точкам экрана.

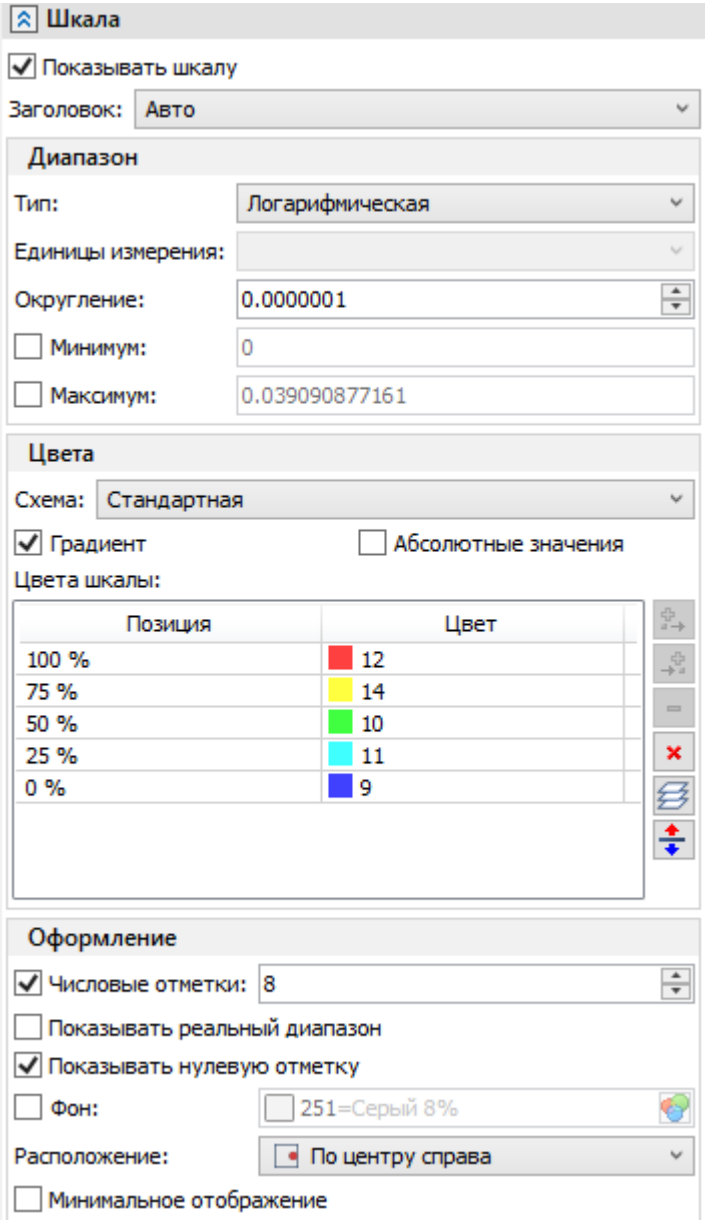
<A> Экранный угол

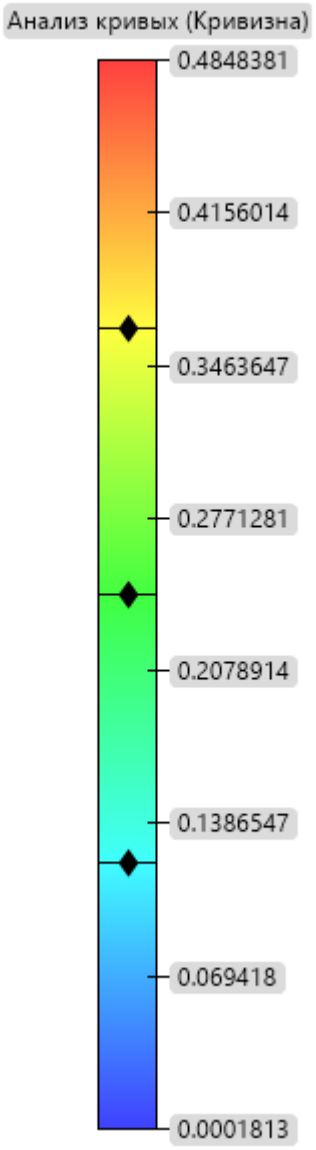
В этом режиме производится измерение угла по трём точкам, где вершиной является вторая точка. Результат отображается в виде угла между отрезками, соединяющими указанные точки.

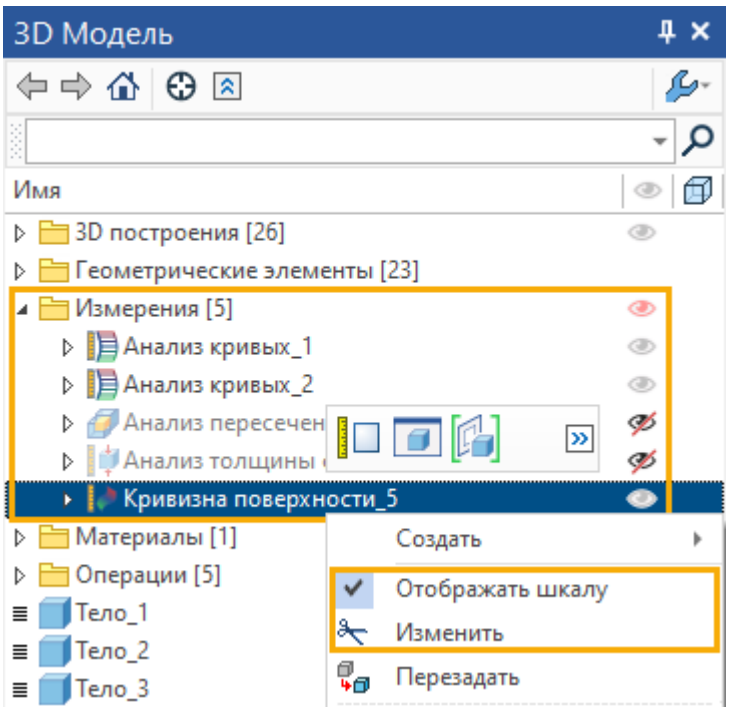


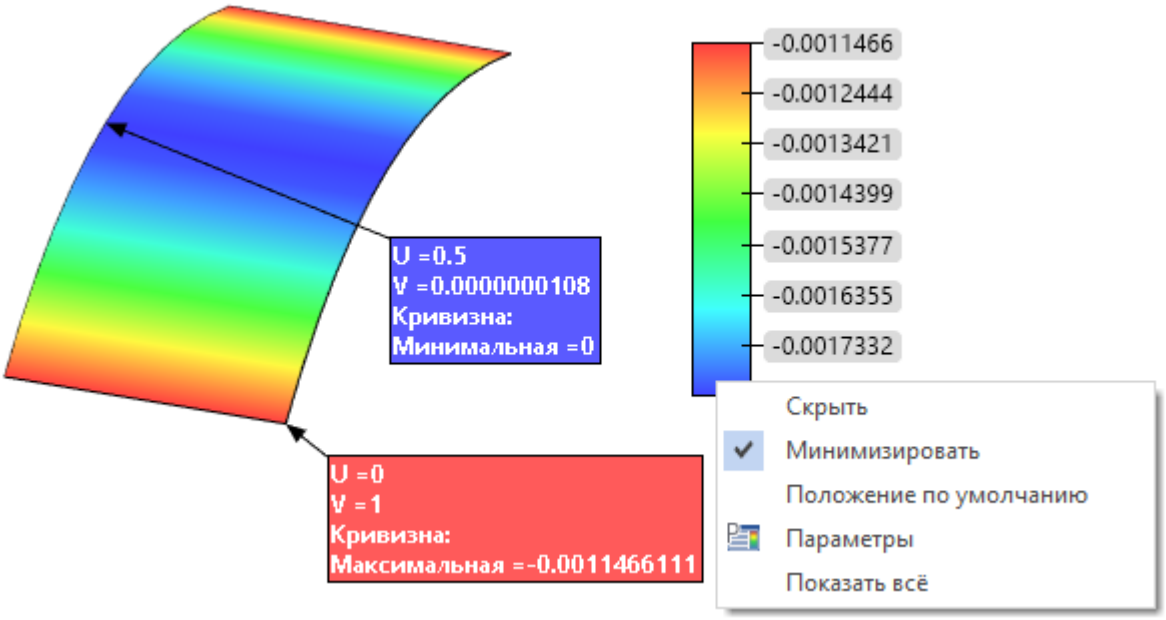
Шкалы

Реализован новый тип элемента модели **Шкала**, обеспечивающий общесистемный механизм отображения значений при помощи цветового распределения (в виде эпюры). Элементы данного типа создаются при выполнении команд анализа геометрии, при отображении эпюр результатов конечно-элементного анализа, а также при решении ряда других задач.
Элемент **Шкала** обеспечивает управление цветами (палитрой), типом распределения значений (линейное, логарифмическое, экспоненциальное), единицей измерения, диапазоном значений, а также рядом других параметров.
Шкалы могут отображаться в 3D окне вместе со своими «родительскими» элементами (эпюрами).
Шкалы создаются и единообразно управляются во всех командах анализа геометрии.
Механизм шкал позволяет отображать в одном окне несколько эпюр различных типов, каждая из которых может иметь свою шкалу или несколько эпюр одного типа с использованием одной, объединённой шкалы.






3D Модель
Имя
3D построения [26]
Геометрические элементы [23]
Измерения [5]
Анализ кривых_1
Анализ кривых_2
Анализ пересечен
Анализ толщины
Кривизна поверхности_5
Материалы [1]
Операции [5]
Тело_1
Тело_2
Тело_3
Создать
Отображать шкалу
Изменить
Перезадать


U =0.5
V =0.0000000108
Кривизна:
Минимальная =0
U =0
V =1
Кривизна:
Максимальная =-0.0011466111
-0.0011466
-0.0012444
-0.0013421
-0.0014399
-0.0015377
-0.0016355
-0.0017332
Скрыть
Минимизировать
Положение по умолчанию
Параметры
Показать всё

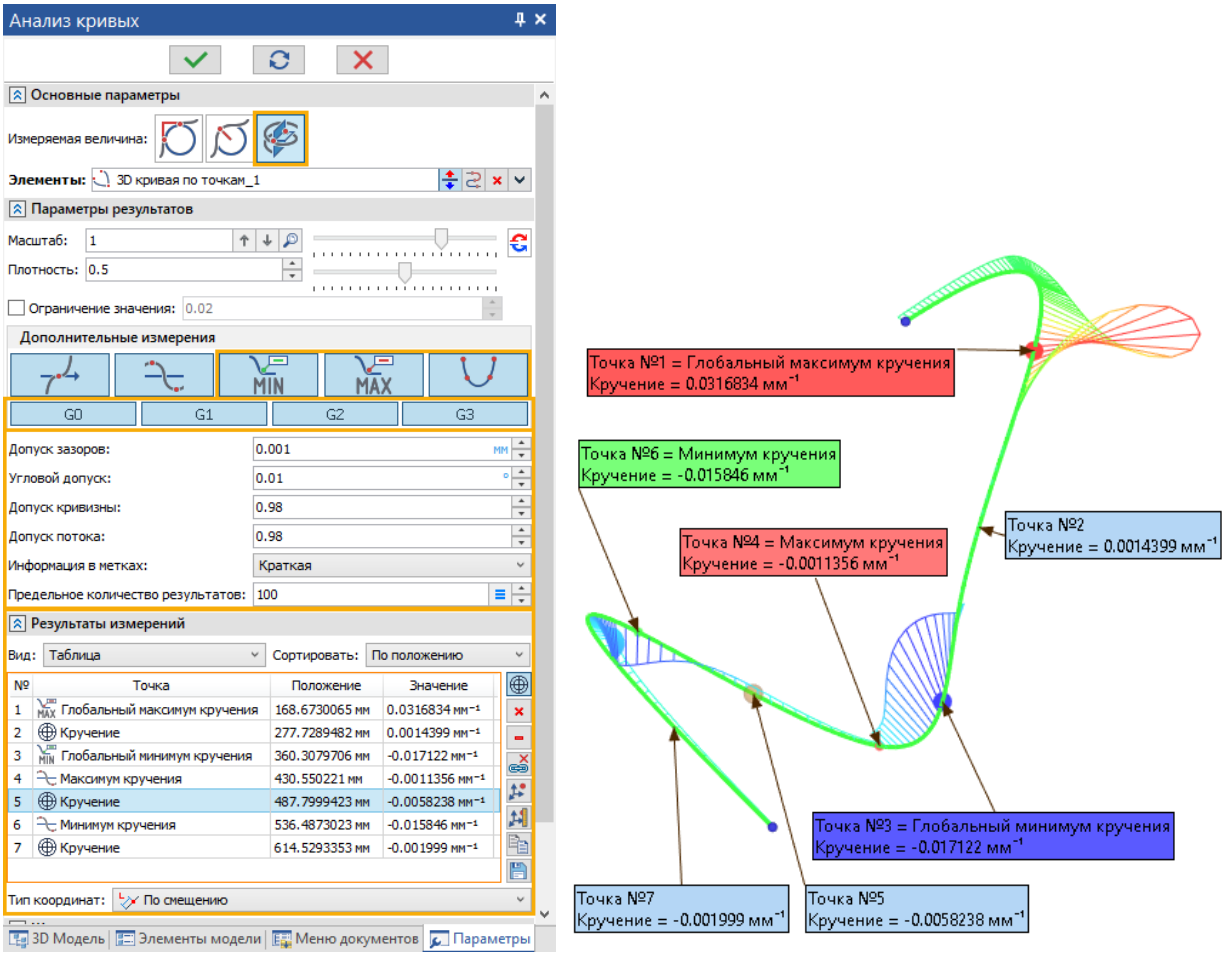
Анализ кривых

Команда **Кривизна кривых** переименована в **Анализ кривых**. Интерфейс команды обновлён.

Добавлена возможность анализа кручения кривых.

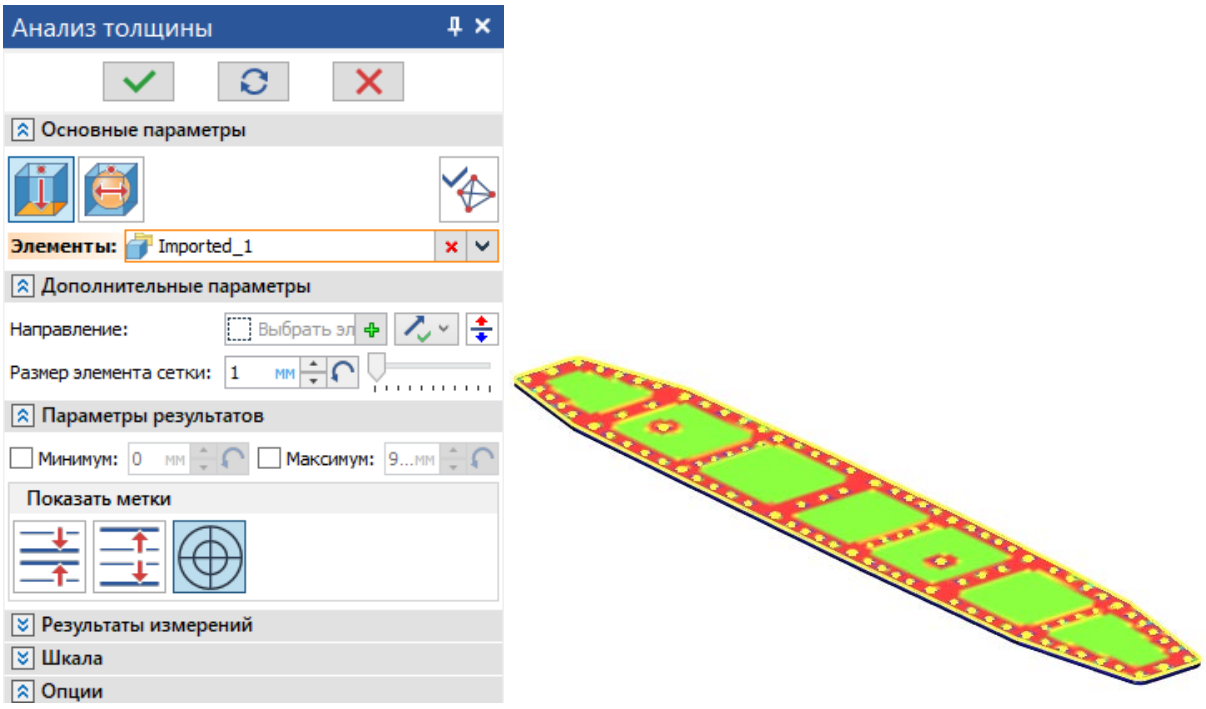
Добавлена возможность показа маркеров вершин кривых, меток глобального максимума и глобального минимума измеряемой величины, а также меток нарушений непрерывности кривой (G0), гладкости по касательной (G1), гладкости по кривизне (G2), гладкости по потоку (G3); параметры меток, допуски поиска нарушений непрерывности и гладкости.

Результаты выполнения анализа выводятся в единую таблицу, содержимое которой может быть сохранено пользователем либо в файл, либо в буфер обмена.



Анализ толщины

Новая команда **Анализ толщины** позволяет измерить толщину граней тела и отобразить результат в 3D окне в виде цветной заливки тела. Для измерения толщины можно выбрать как отдельные грани, так и тела целиком.



Измерение толщины тела может выполняться двумя способами:

Луч

От каждой точки измерения посылается луч по нормали к грани до пересечения со следующей гранью, и по нему измеряется расстояние. По измеренным расстояниям рисуется градиент толщин и накладывается на грань.

Сфера

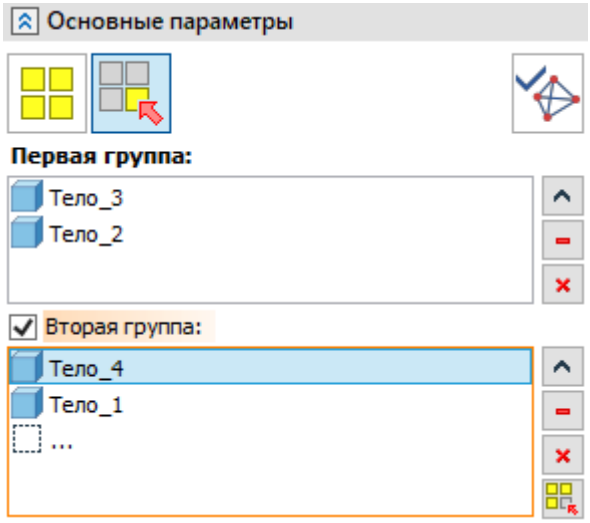
Для каждой точки строится сфера, которую можно вписать во внутреннем объёме тела между точками сетки измерения. Измеряются диаметры сфер. По измеренным диаметрам рисуется градиент толщин и накладывается на грань.

Результатом анализа толщины тела может являться эпюра, либо значения в конкретных точках, заданных пользователем. Результаты измерения толщины в конкретных точках могут сохраняться пользователем в файл отчёта или копироваться в буфер обмена для использования в других приложениях.

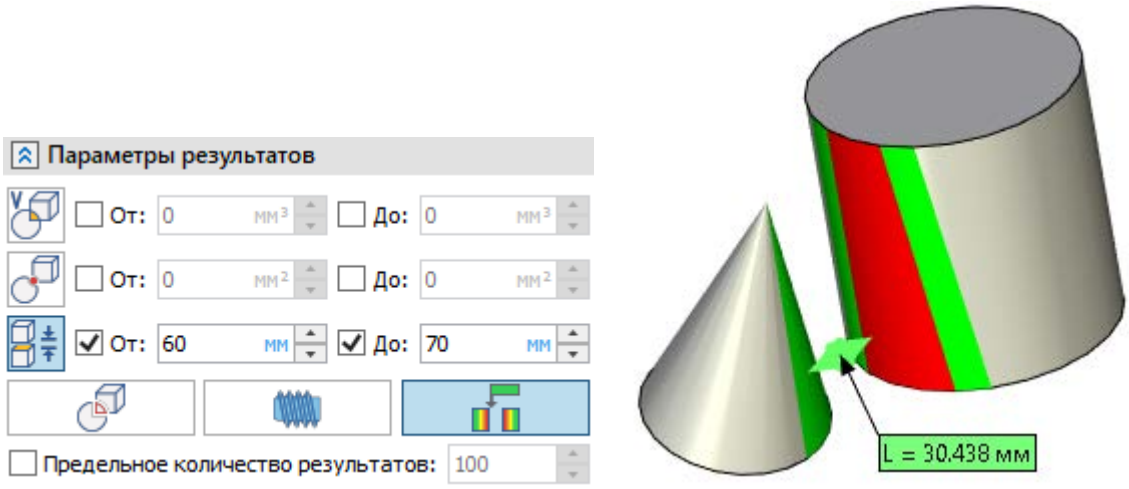
Анализ пересечений и зазоров

Команда **Пересечение тел** переименована в **Анализ пересечений и зазоров**. Интерфейс команды обновлён. Добавлен ряд новых возможностей:

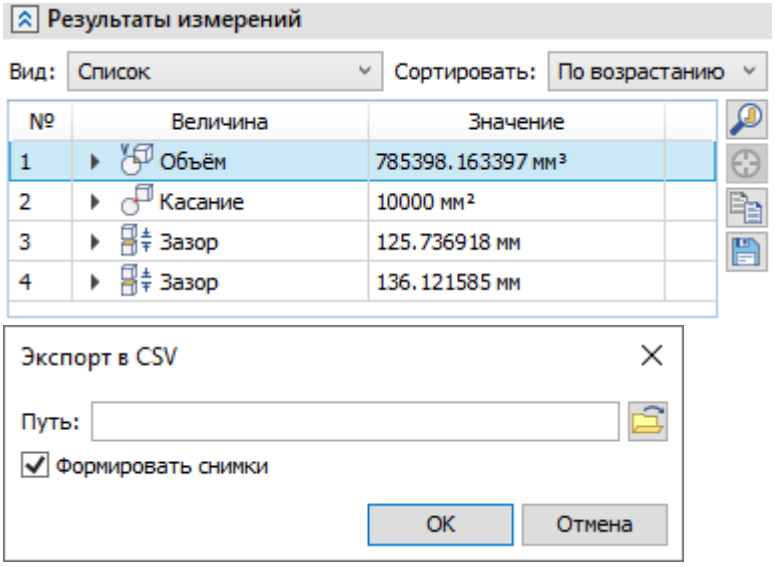
- Режим **Использовать расчёт на сетках**, обеспечивающий быструю работу команды в случае наличия большого числа тел
  В данном режиме выполняется предварительная качественная оценка пересечений на грубой сеточной геометрии.
- Проверка пересечений между двумя группами тел.



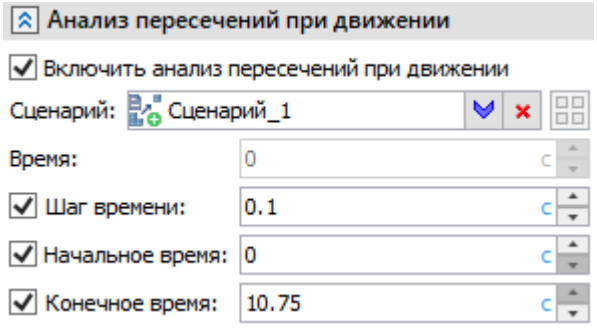
- Управление диапазоном учитываемого объема пересечений.
- Управление диапазоном учитываемой площади касаний.
- Анализ зазоров с возможностью управления диапазоном.
- Ленточный анализ зазоров, при котором на грани тела накладывается цветовая аппликация на основе измерения зазоров в разных точках грани. Зелёный цвет означает зазор в пределах заданного диапазона, красный - от 0 до начала диапазона



- Таблица результатов измерений в окне параметров с возможностью сохранения в файл отчёта или копирования в буфер обмена для использования в других приложениях, а также сохранения снимков в виде растровых изображений, показывающих место пересечения.



- Анализ пересечений при движении элементов сценария анимации.



- Для функций анализа пересечений и зазоров реализован программный интерфейс при помощи соответствующего класса Open API. Он позволяет автоматизировать выполнения анализа пересечений при помощи макросов и приложений.

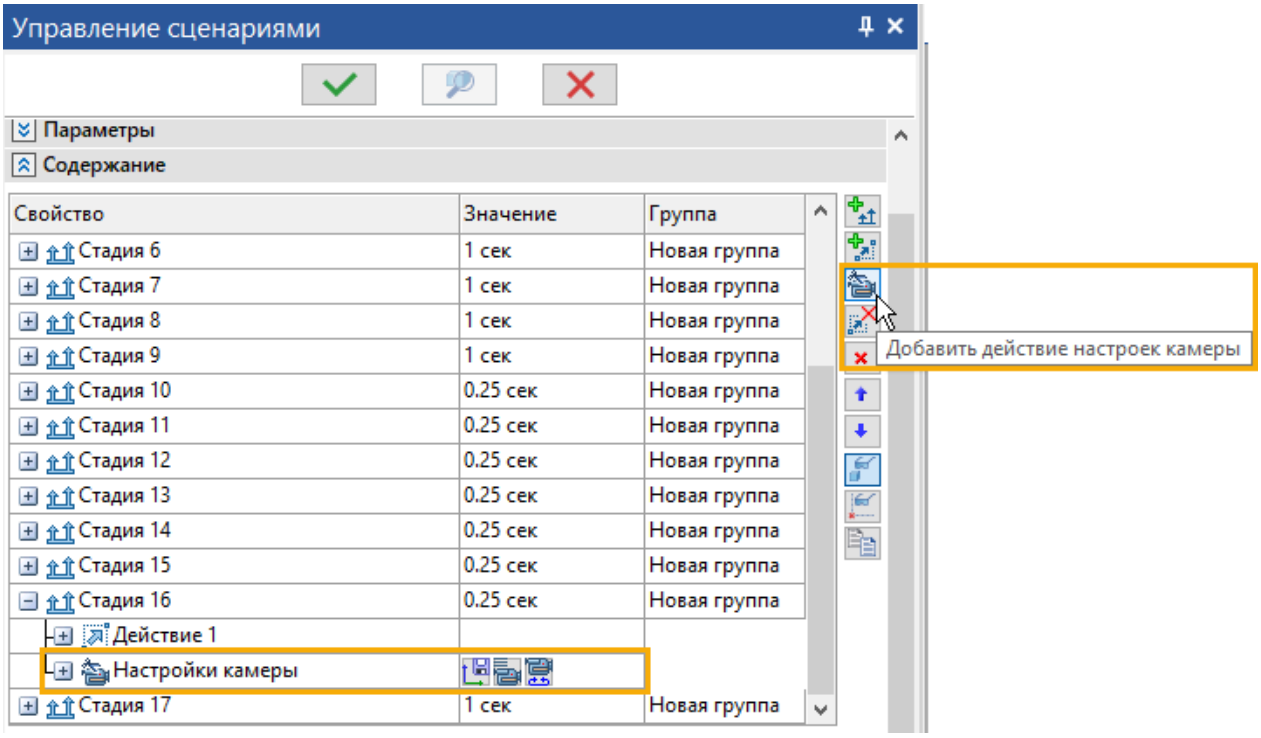
Контроль отклонений

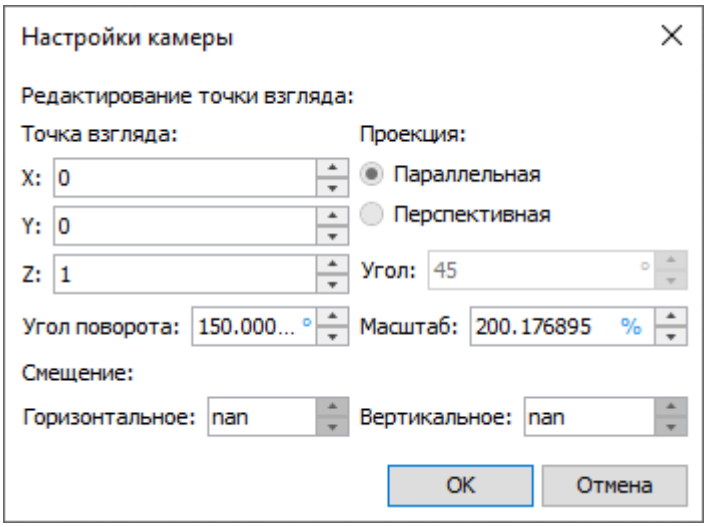
Добавлены режимы анализа сшиваемости граней и нахлёста граней.

Сценарии анимации

Управление камерой в составе сценария

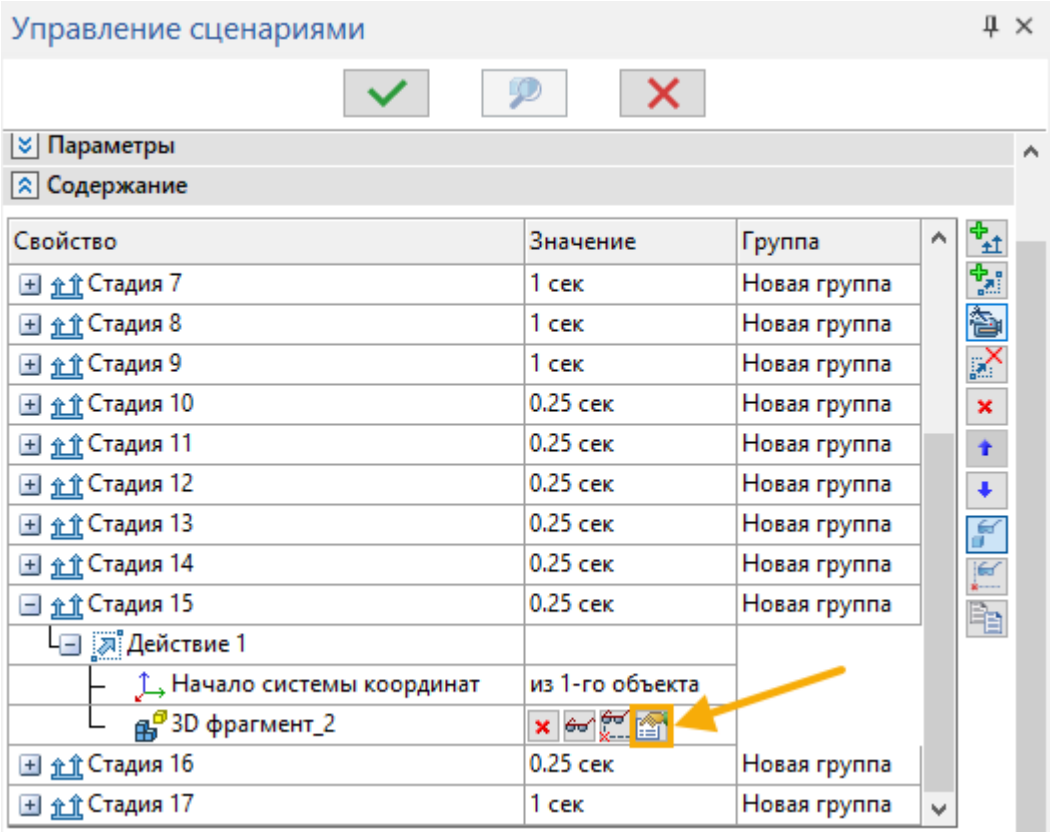
Доработаны инструменты управления сценариями (сценариями анимации). Реализована возможность добавления в состав сценария параметров текущей камеры (точка взгляда, направления взгляда, масштаб). Эта информация сохраняется в составе сценария, и применяется при проигрывании сценария. Таким образом, при проигрывании сценария, изображение в 3D окне может разворачиваться или масштабироваться в соответствии с сохранёнными в составе сценария элементами. Это значительно повышает наглядность при проигрывании сценариев.

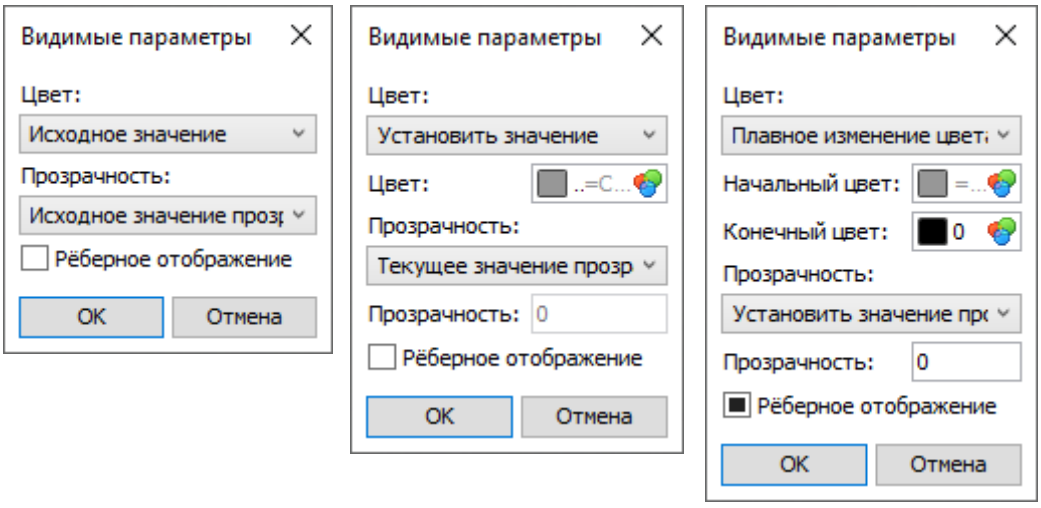




Управление цветом элементов

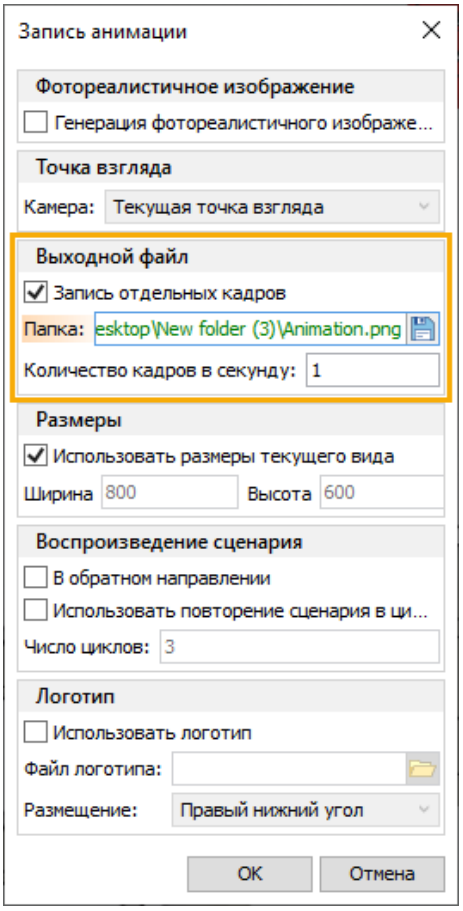
При создании и редактировании сценариев анимации теперь возможно управление цветом элементов. При проигрывании сценария цвета элементов изменяются (мгновенно или плавно) в зависимости от установленных параметров.

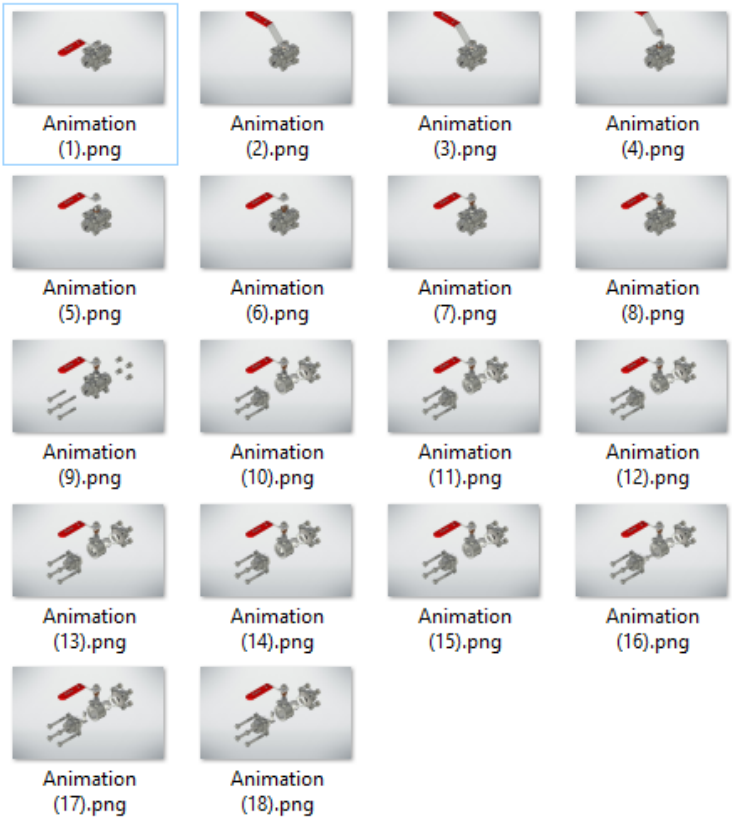




Генерация видео на основе сценария

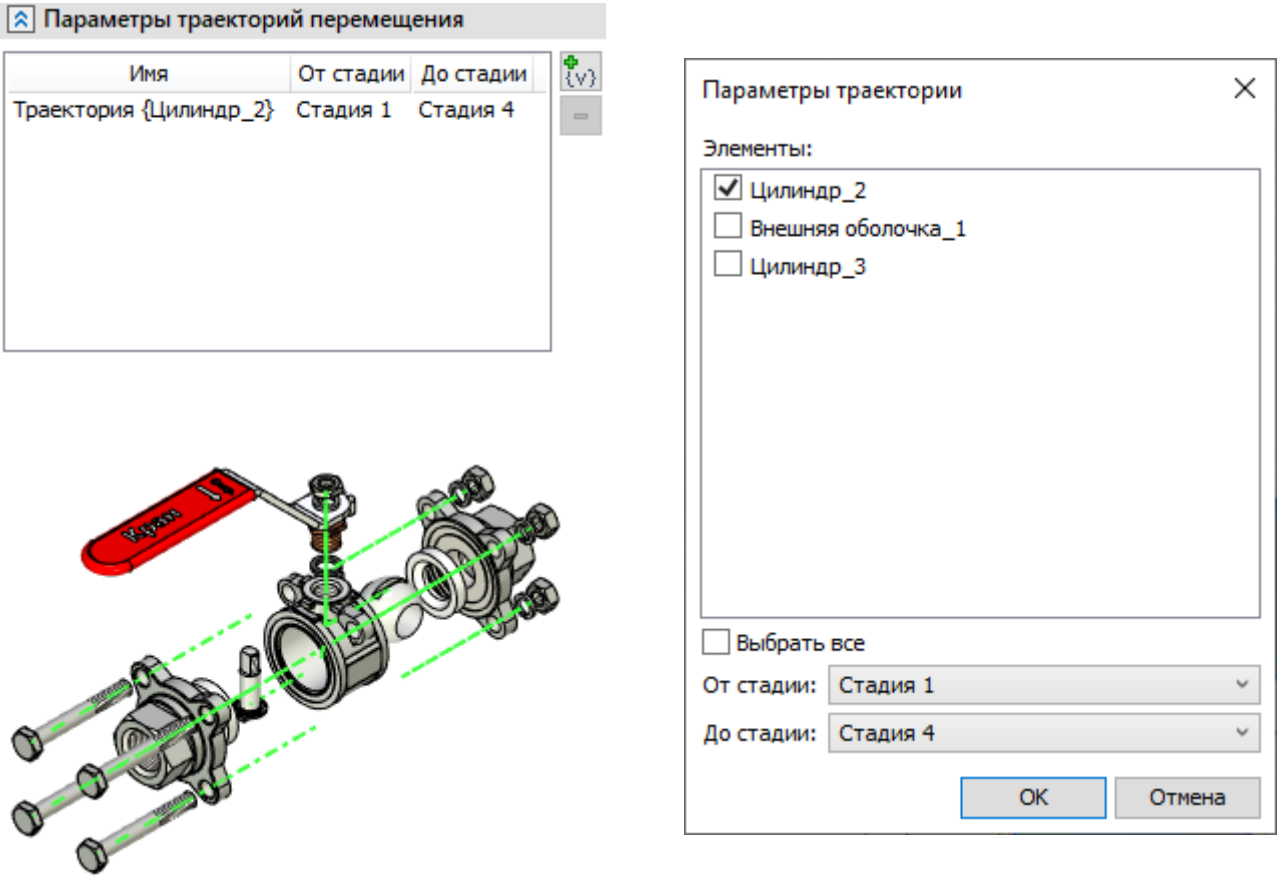
При генерации видеороликов на основе сценария анимации теперь имеется возможность записывать набор растровых изображений, соответствующих кадрам ролика. За это отвечает параметр **Запись отдельных кадров**. Данная функция позволяет пользователю собирать конечный ролик при помощи сторонних инструментов, либо использовать изображения как есть. Файлы генерируемых изображений нумеруются в соответствии с их порядком при выполнении сценария.





Создание 3D кривых по траекториям перемещения

В окно параметров **команды** / **Управление сценариями** добавлена вкладка **Параметры траекторий перемещения**, позволяющая создавать 3D кривые по траекториям перемещения элементов в рамках сценария анимации. Вкладка содержит список траекторий, по которым будут созданы кривые. При добавлении новой траектории в список открывается окно, в котором следует указать перемещаемый элемент и стадии сценария, перемещение на которых будет формировать результирующую кривую. После добавления всех необходимых траекторий в список для создания кривых необходимо завершить команду / **Управление сценариями**



Прочие изменения

- Обновлён и унифицирован интерфейс ряда команд, не упомянутых выше.
- Во всех командах с возможностью выбора исходных элементов выбранные элементы теперь отображается в окне параметров.
- Добавлен динамический просмотр для многих команд 3D моделирования, в которых он не был доступен ранее.
- В ряде команд 3D моделирования, позволяющих создавать элементы сложной криволинейной формы, изменены внутренние алгоритмы расчёта в целях повышения качества результирующей геометрии и улучшения производительности.
- Добавлен флаг **Параметры документа** > **Открытие** > **Открывать только для чтения**. При установке данного флага, документ открывается в системе в режиме **Только чтение,** даже несмотря на то, что файл документа доступен для записи.

Экспорт/импорт

Доработаны средства импорта и экспорта элементов аннотаций в различные форматы.

Экспорт чертежей в формате SVG

Реализован экспорт чертежей в формат SVG.

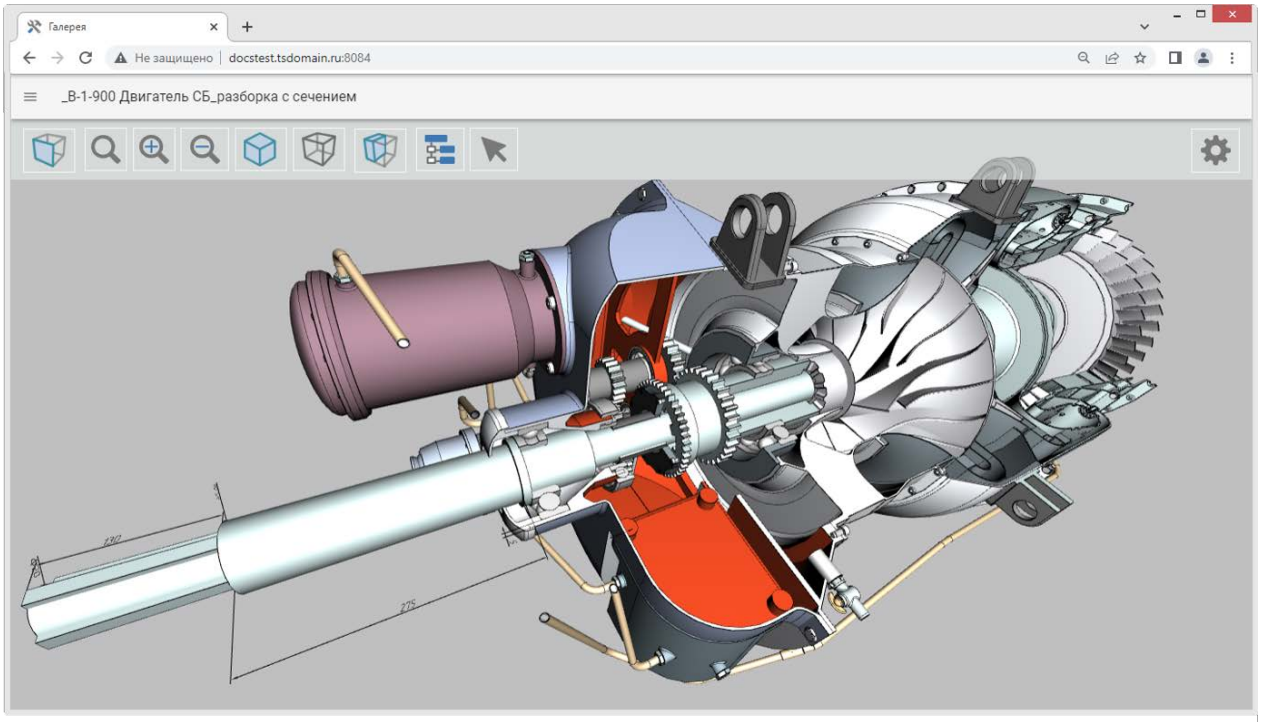
При экспорте в формат SVG имеется возможность вывода текстов либо в виде шрифтов, либо в виде сплошных заливок.

При экспорте в формат SVG экспортируются также информация о гиперссылках, созданные на страницах документа. Они преобразуются в гиперссылки, которые в последующем могут обрабатываться в web браузере стандартным образом.

Экспорт 3D моделей в формате GLTF

Реализован экспорт 3D моделей в формат GLTF.

Реализована команда **Опубликовать в web**, которая позволяет напрямую выгружать на 3D модели T-FLEX CAD на web сервер.



Экспорт чертежей в формате DWG/DXF

Функциональность экспорта в форматы DWG и DXF существенно доработана.

Реализована полноценная поддержка экспорта заливок.

Реализована возможность экспорта шрифтов в составе текстов и инженерных обозначений в виде сплошных заливок.

Обмен данными в формате RGK

Реализован экспорт и импорт файлов в формате геометрического ядра RGK (форматы RGK_XML, RGK_ZIP). В Open API добавлены соответствующие функции экспорта.

Доработаны функции экспорт и импорта форматов сторонних САПР, а также нейтральных форматов.

T-FLEX Библиотеки

Библиотека стандартных изделий была значительно переработана.

Более 70 стандартных элементов были обновлены. В рамках обновления произведена оптимизация, упрощение и унификация элементов.

Добавлены новые стандартные элементы: Болт ГОСТ 32484.3-2014, Болт ГОСТ 32484.4-2014, Гайка ГОСТ 32484.3-2014, Гайка 32484.4-2014.

Добавлены новые библиотеки крепежных изделий по международным стандартам DIN и ISO.

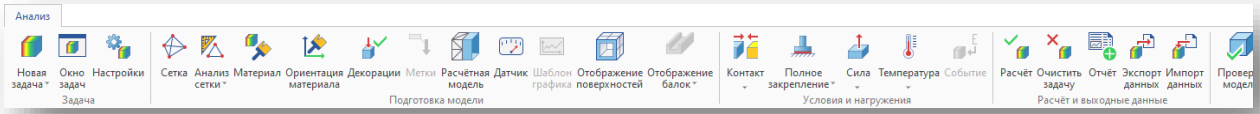
Добавлена библиотека крепежных изделий по ОСТ-1, предназначенная для авиастроительной отрасли.

T-FLEX Анализ

Препроцессинг (подготовка расчётной модели)

Проведена модернизация команд препроцессинга продукта **T-FLEX Анализ** с использованием современных элементов управления в диалогах команд.

Иконки команд стали векторными, т.е. одинаково хорошо смотрятся на любых разрешениях экрана.



Лента препроцессора

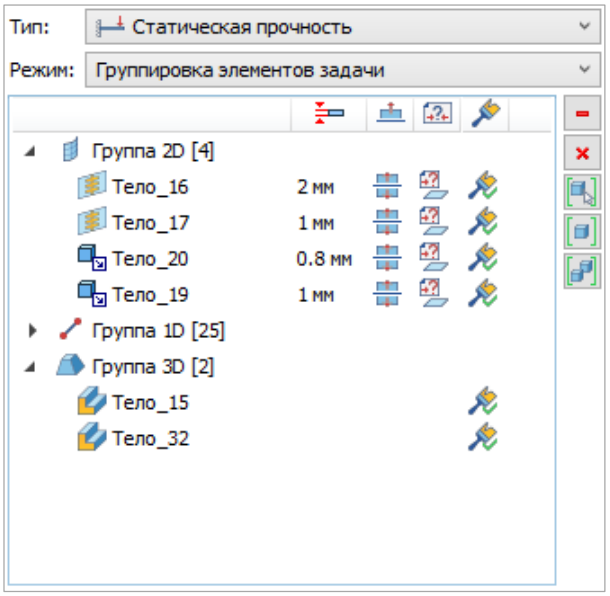
Формирование задачи

Расчётная геометрия в составе задачи

На уровне расчётной задачи реализована поддержка «гибридной» расчётной геометрии, состоящей из элементов разных типов: объёмных, поверхностных тел и балочных объектов одновременно.

При создании задачи команда позволяет работать в двух режимах: **Выбор элементов задачи** и **Группировка элементов задачи**.

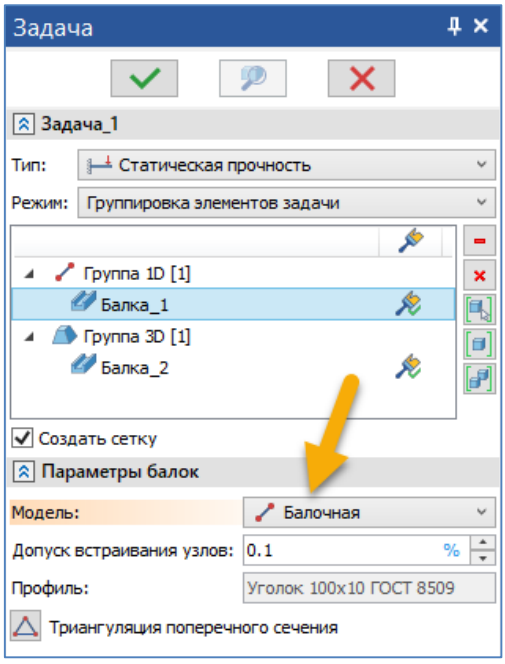
- Режим **Выбор элементов задачи**, аналогичен тому как функциональность использовалась в 17 и более ранних версиях продукта, т.е. для выбора из сцены тех элементов геометрической модели, которые должны учитываться в расчёте.
- Режим **Группировка элементов задачи** позволяет объединить элементы задачи по типам (Тела, Поверхности, Балки). По умолчанию для каждого типа расчётной геометрии создаётся отдельная группа. Группа может быть переименована пользователем, например, по названию агрегата и признаку: рама, колёса, двигатель. Предусмотрены различные варианты группировки выбранных элементов задачи. Важно отметить, что между элементами одного типа внутри группы всегда создаётся т.н. «согласованная» сетка.



Группировка элементов задачи по типам

Варианты добавления в состав задачи балочных объектов

Реализовано два варианта включения в состав задачи балочных объектов: в виде специальных объектов «балка» и в виде 3D геометрии. Расчёт на основе балочных объектов проводится в качестве предварительного с допущениями, присущими расчётам на основе 1D сеток. Расчёт на основе Тел (3D геометрии) проводится в качестве поверочного с учётом реальной конструкции в местах соединений, закреплений и нагружений.



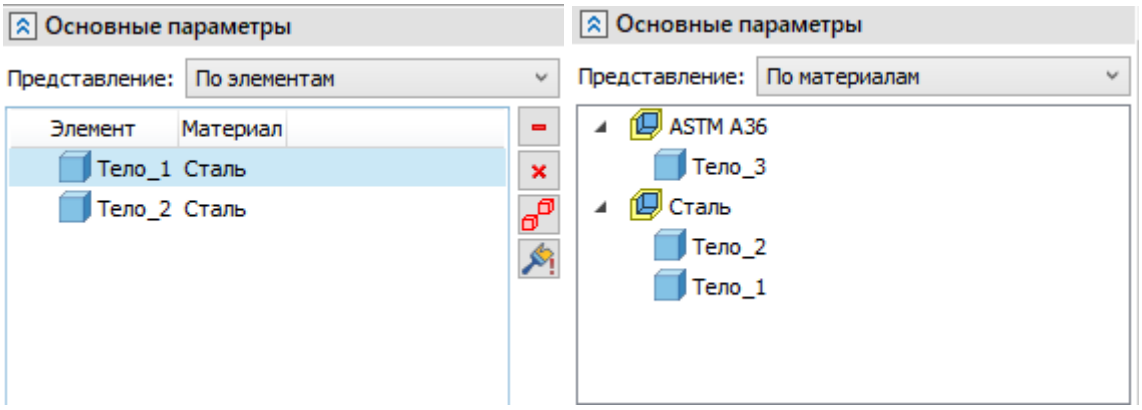
Варианты добавления в состав задачи балочных объектов: в виде балочных объектов или объёмных тел

Управление материалами

Команда «Материал»

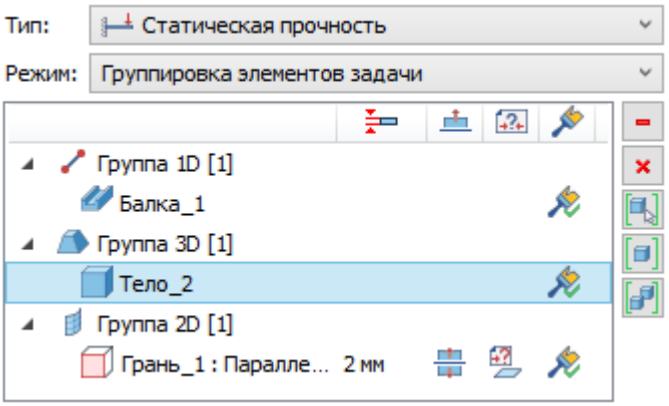
Задание и редактирование материалов задачи теперь выполняется в отдельном окне **Материалы**. В зависимости от того, как пользователю будет удобней задавать материалы, предусмотрено два представления данных:

- **По элементам задачи** - отображаются элементы задачи и соответствующие им материалы, включая элементы фрагментов.
- **По материалам** - отображаются материалы и соответствующие им элементы задачи.



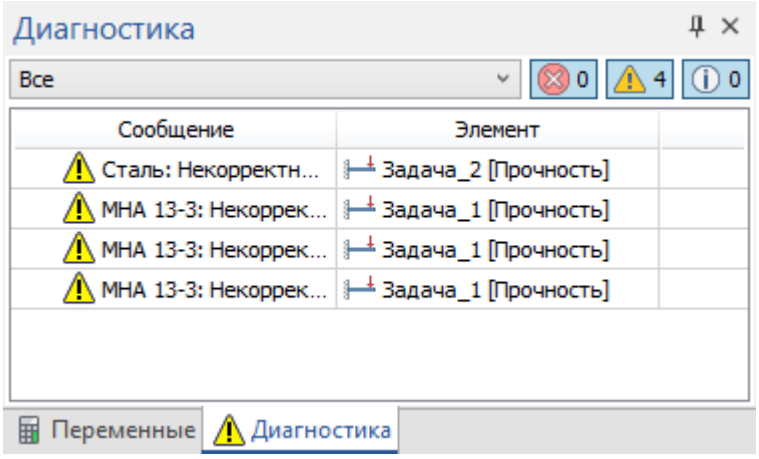
Диагностика материалов

Изменился подход к диагностике материалов. Теперь она выполняется для любого элемента задачи. При добавлении элементов в задачу система автоматически производит диагностику материала на наличие или корректность заданных свойств материала для используемого типа задачи.



Диагностика материала при создании новой задачи

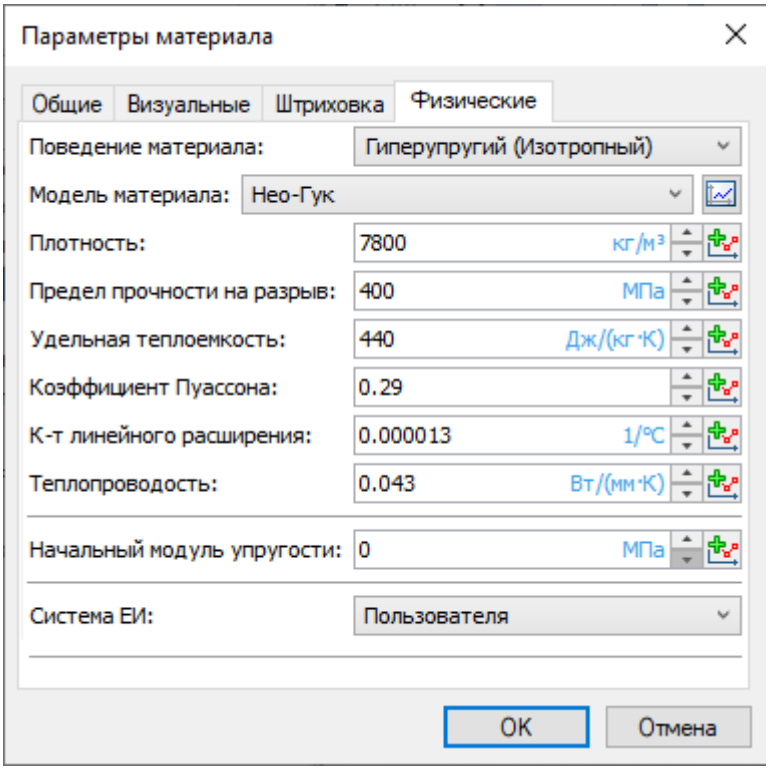
Кроме того, сообщения о некорректности материала всех задач будут отображаться в окне **Диагностика**, информирующим об ошибках и предупреждениях.



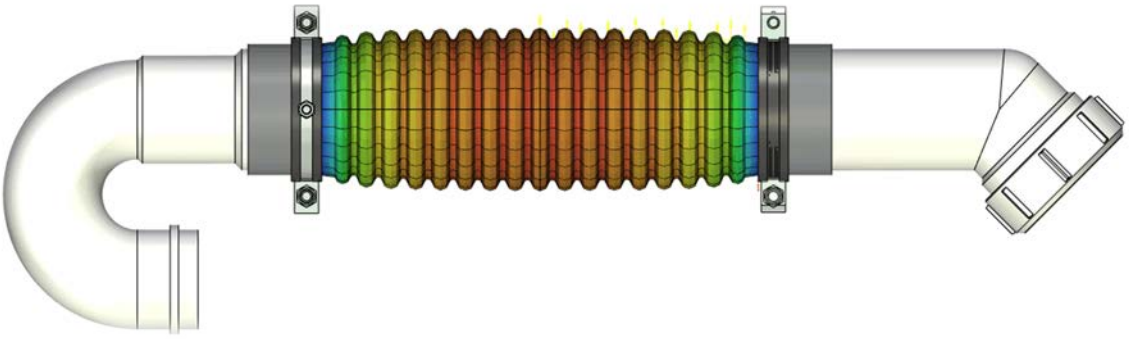
Диагностика некорректных свойств материалов

Модели гиперупругого поведения материала

Существенно расширена возможность задания Гиперупругого (изотропного) материала следующими моделями: Муни-Ривлин (5 констант), Муни-Ривлин (9 констант), Блейц-Ко, Нео-Гука.



Параметры материала для гиперупругого (изотропного) поведения материала



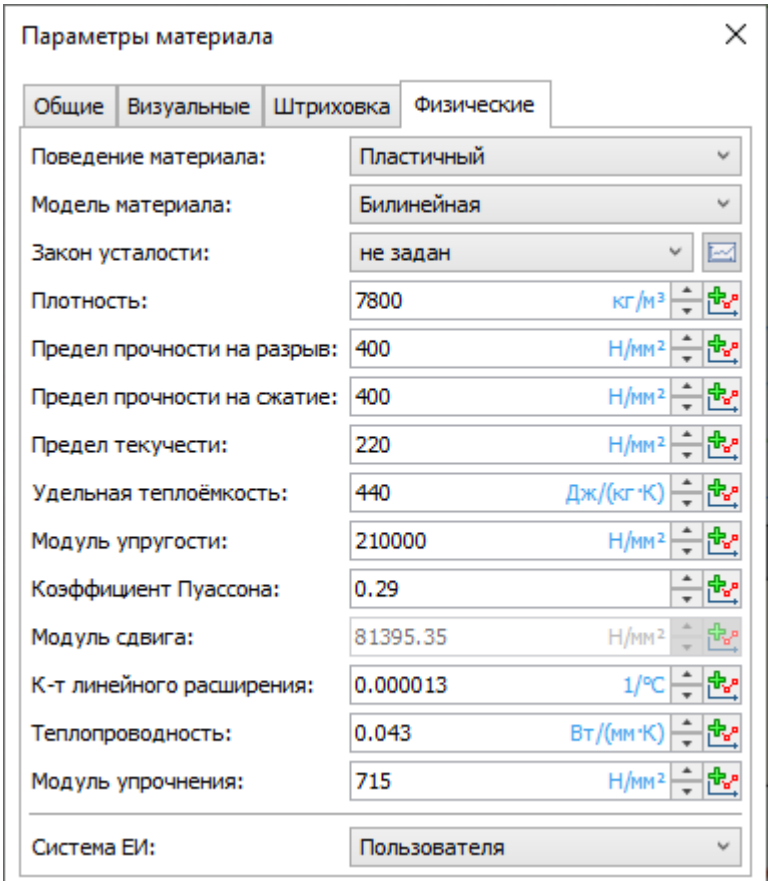
Пример расчёта с учётом гиперупругости

Модели пластического поведения материала

Реализована возможность задания материала с пластическими свойствами для следующих моделей: **билинейная** и **мультилинейная**.

Для построения **билинейной** диаграммы деформирования необходимо задать предел текучести σ_T и модуль упрочнения E_T. Модуль упрочнения E_T можно задавать константой или графиком зависимости от температуры.

Для **мультилинейной** модели материала необходимо обязательно задать закон деформирования в виде графика «напряжения-деформации» *(σ-ε)*.

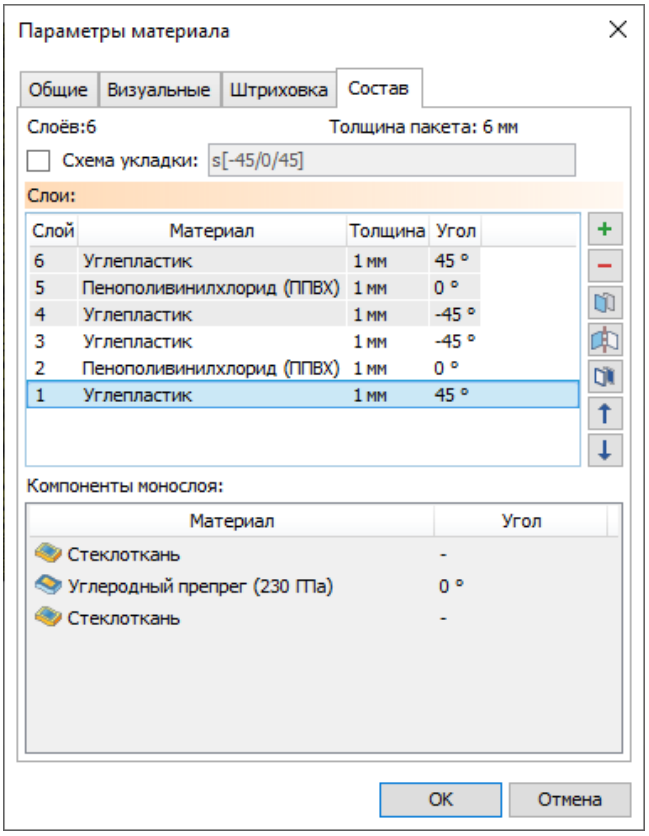


Параметры пластичного материала

Составной материал - новый тип материала для расчёта слоистых композитов

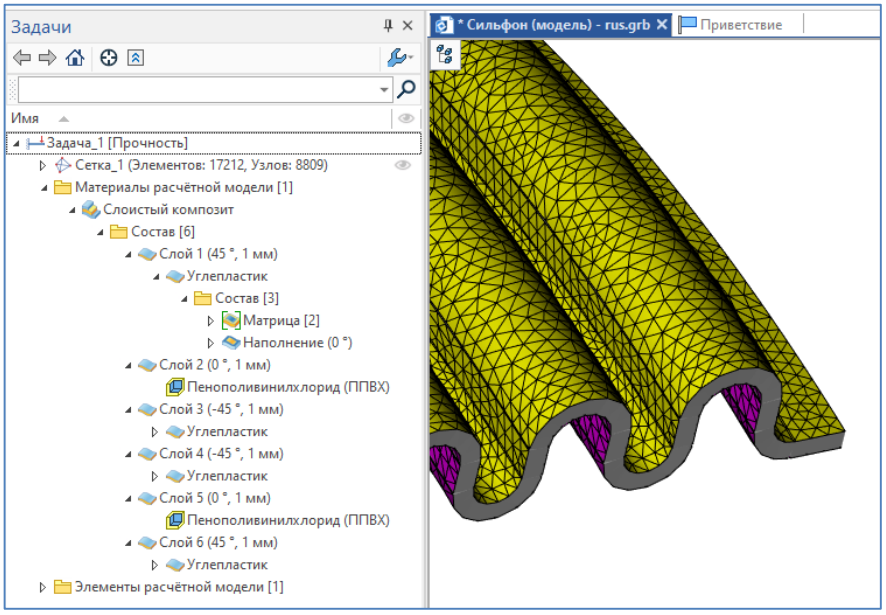
Новый тип материала является общесистемным. Позволяет смоделировать состав композиционного материала. Поддерживаются **многослойные** и **монослойные** материалы.

Составной материал используется для моделирования поведения слоистых композитов и сэндвич-панелей. Также имеется возможность использовать отдельно **монослой**, состоящий из компонентов **матрицы** и **наполнения**. Если применить в качестве основного материала тип **монослой**, то свойства материала будут учитываются как ортотропные, сохраняя, при этом, компоненты слоя.



Составной материал

Составной материал может быть применён для тел и оболочек: однослойных и многослойных.

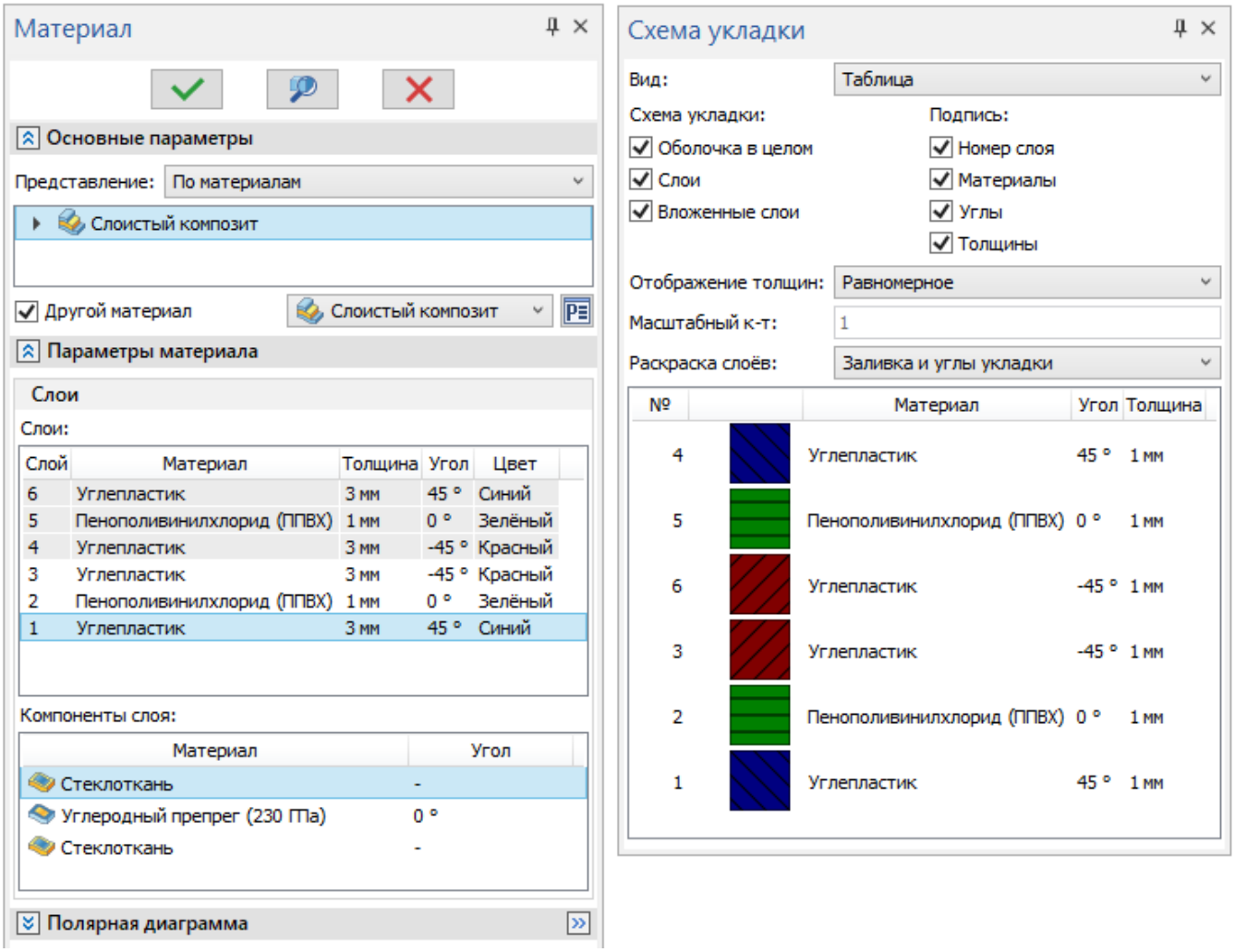


Отображение составного материала в дереве задач

При запуске команды **Материал** для составных материалов задаются дополнительные параметры такие как: параметры слоёв композита, схема укладки слоёв и отображение полярной диаграммы.

Параметры составного материала включают: количество слоёв, последовательность укладки, наименование материала, толщина слоя, углы армирования и наличие компонентов слоя.

Визуализация схемы укладки служит для лучшего восприятия слоёв укладки пакета, где пользователь сам настраивает необходимые ему параметры.

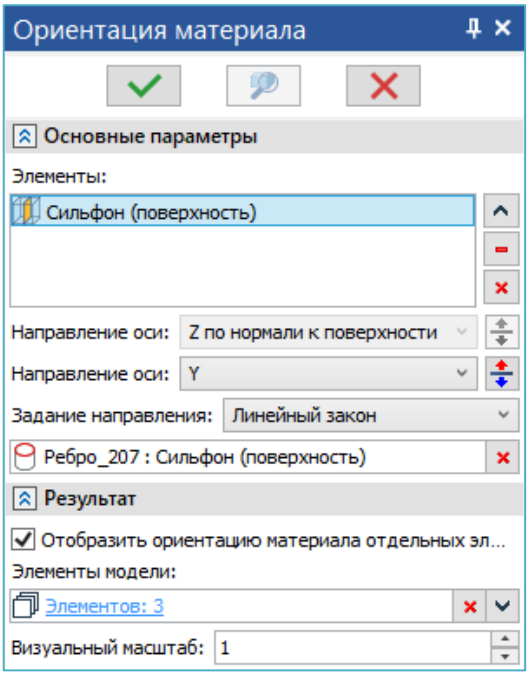


Параметры составного материала в задаче **Схема укладки**

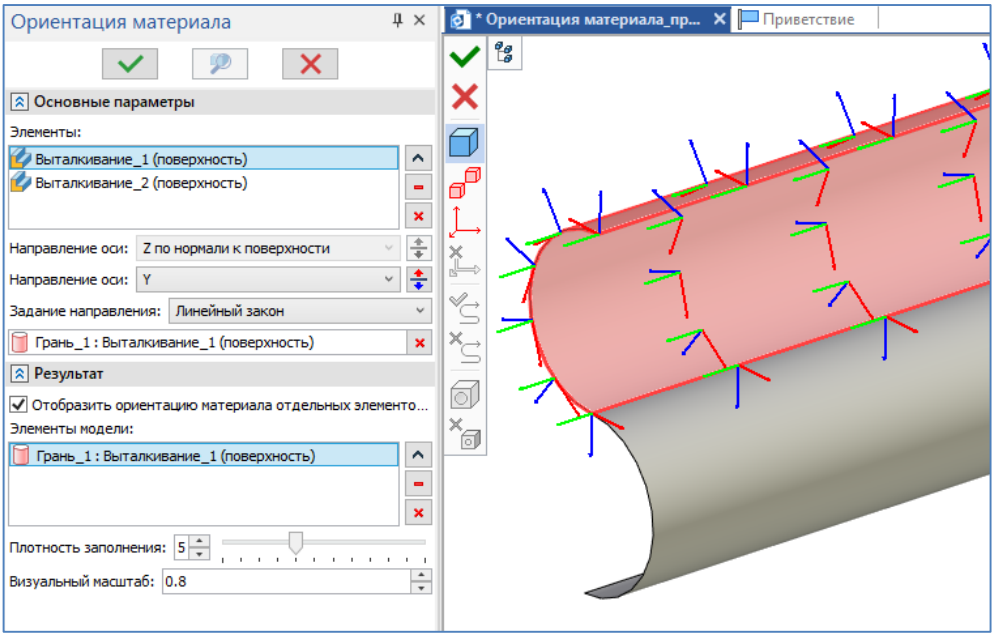
Полярная диаграмма – это график, характеризующий анизотропию ламината, и показывает при каких углах модули упругости и модуль сдвига достигают своих максимальных и минимальных значений.

Команда «Ориентация материала»

Команда **Ориентация материала** (прежнее название команды **Система координат материала**) претерпела существенную модернизацию. Упростились способы задания ориентации материала для объёмных тел и оболочек. Предусмотрено задание ориентации слоёв для составных материалов.



Диалог команды **Ориент ация мат ериала**

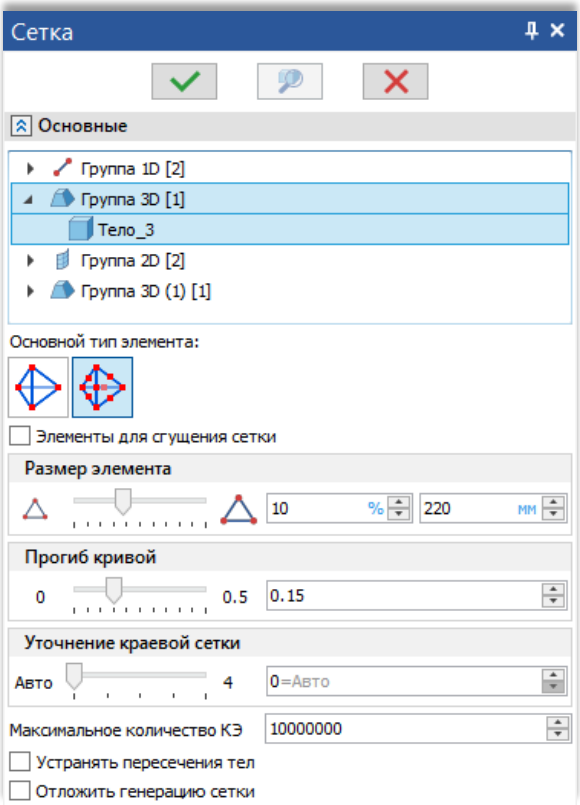


Задание ориентации материала

Управление сеткой

Модернизация диалога «Сетка»

Диалог команды **Сетка** существенно модернизирован. В диалоге команды остались только параметры, необходимые для управления сеткой со стороны пользователя. Параметры, которые потеряли актуальность из-за возросшей производительности вычислительной техники, были включены по умолчанию с оптимальными настройками и скрыты от управления пользователем. Благодаря этому диалог команды стал «чище» и не перегружен параметрами.

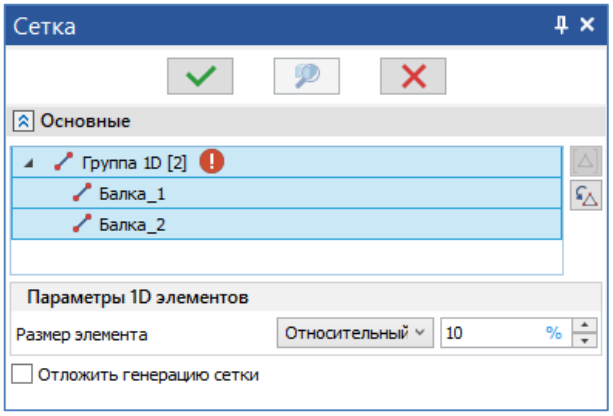


Параметры сетки для группы 3D объектов задачи

Конечно-элементная сетка создаётся по группам. Группировка элементов задачи позволяет создавать сетку с индивидуальными параметрами. Для каждого типа объектов модели (Тела, Грани, Балки) предусмотрен соответствующий набор параметров.

1D сетка на основе балочных элементов

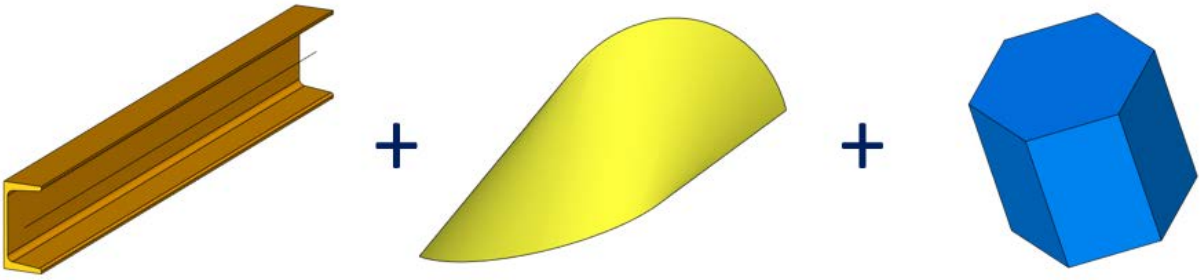
Для балочных элементов реализованы специальные балочные типы конечных элементов на основе которых создаётся 1D сетка. Параметры 1D сетки имеют свои настройки.



Параметры 1D сетки

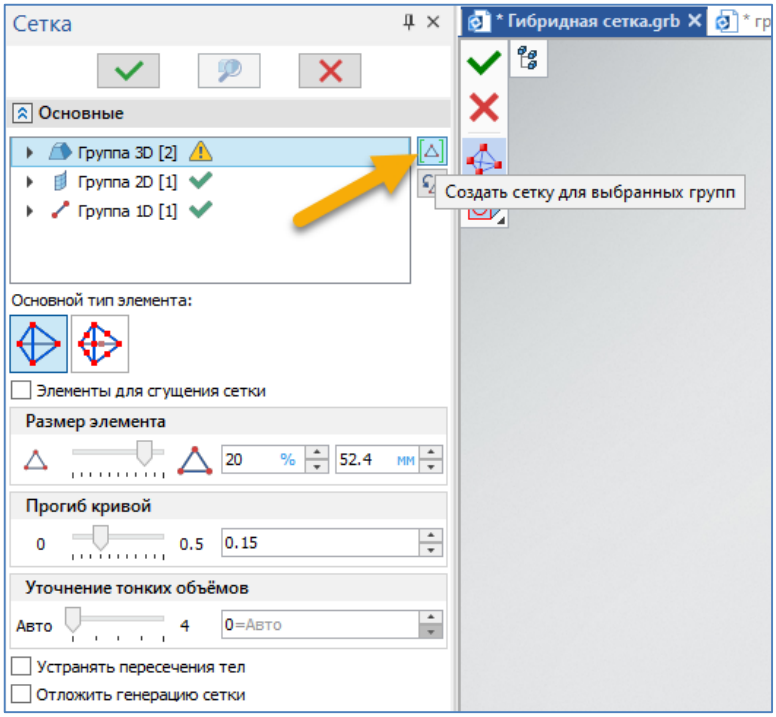
Поддержка гибридных сеток на основе 1D/2D/3D элементов

Зачастую конструкции, создаваемые при помощи модуля **Металлоконструкции**, содержат разные типы геометрии. Это приводит к получению гибридной сетки смешанного типа, состоящей из балок, поверхностей и объёмных тел.



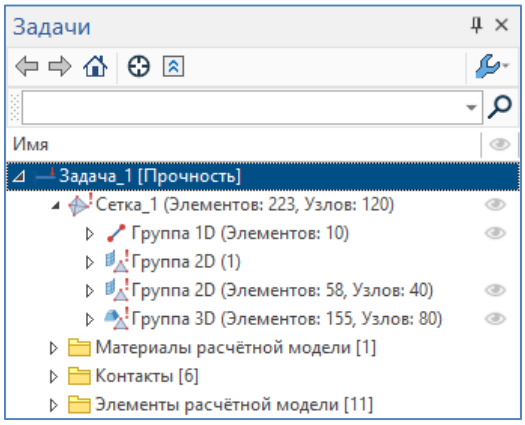
Примеры объектов для получения гибридной сетки (балки + оболочки + тела)

Сетка может быть создана для всех групп с настроенными параметрами или параметрами по умолчанию. Также предусмотрена возможность создания сетки для выбранных групп.



Создание сетки для выбранной группы

Неактуальной сетка может стать, к примеру, если изменилась исходная геометрия модели. В дереве задачи появится соответствующий значок. Для исправления нужно пересоздать сетку для выбранных групп.



Диагностика неактуальной сетки в дереве задач

Новые сценарии построения и обновления сетки

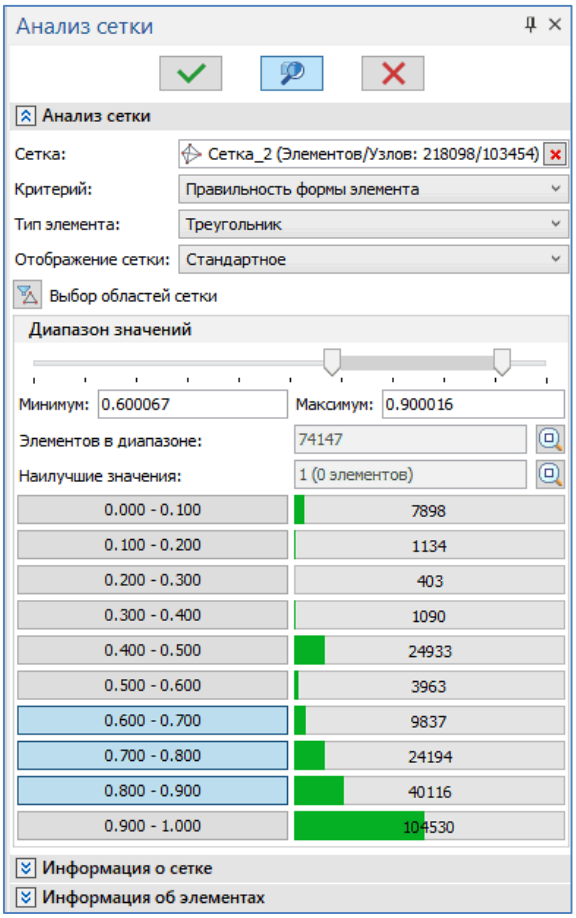
Функциональность создания сетки по группам позволила задействовать новые сценарии при работе с сеткой:

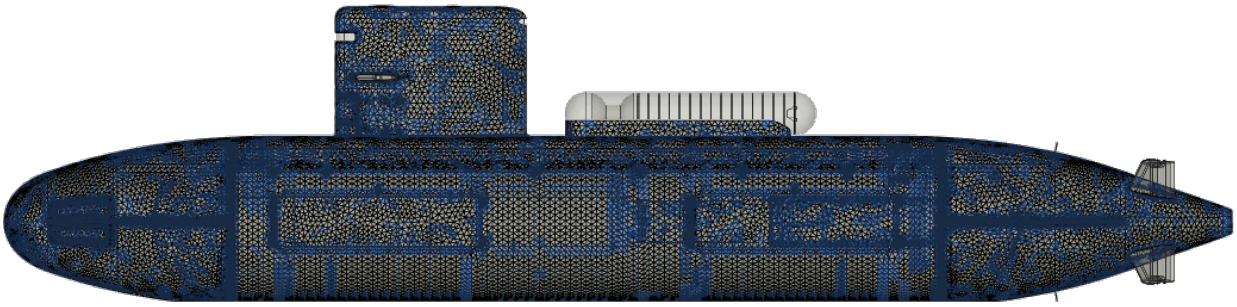
- Задавать индивидуальные параметры для групп одного и того же типа;
- Возможность поэтапного создания сетки;
- Частичная перегенерация сетки для выбранных групп.

Анализ сетки

Анализ качества сетки

Инструмент анализа качества сетки позволяет оценить состояние полученной сетки по заданным пользователем критериям качества сетки. Для этого выбирается тип конечного элемента, критерий качества сетки и интересующий диапазон значений для поиска. Система подсвечивает конечные элементы, удовлетворяющие заданному условию.



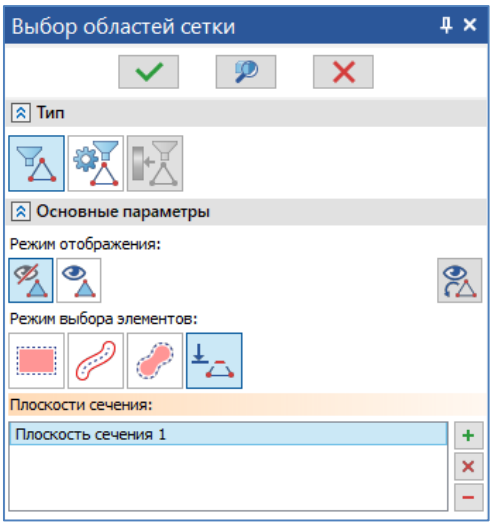


Диалог команды **Анализ сет ки** *и выделение КЭ, удовлетворяющих заданным критериям качества сетки*

Выбор областей сетки

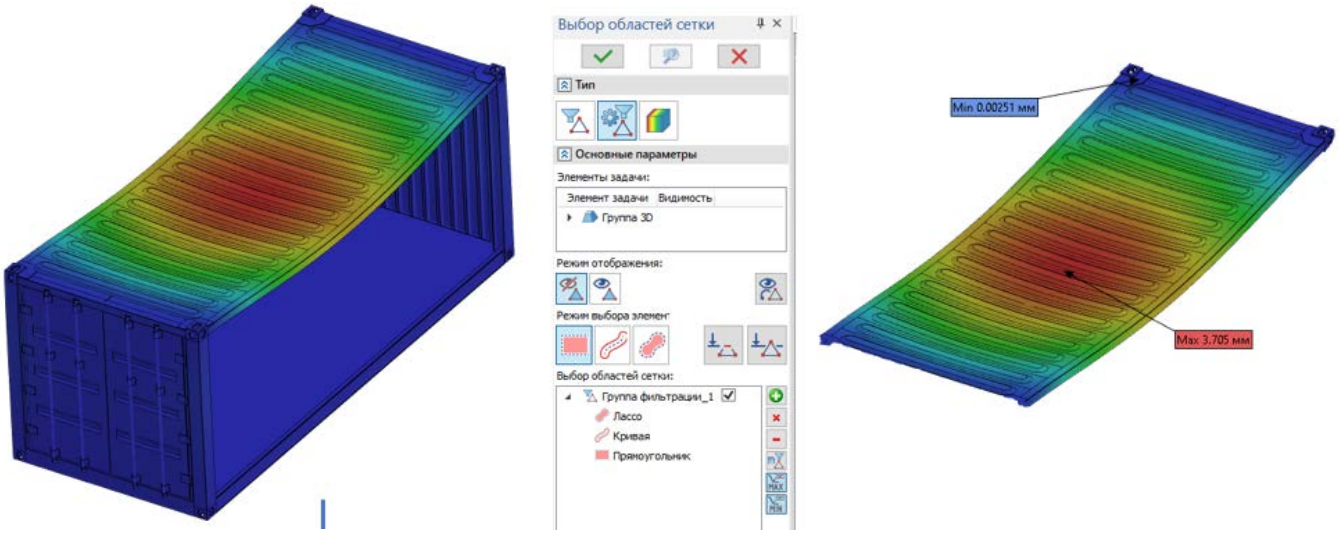
Команда **Выбор областей сетки** позволяет отобразить нужные участки конечно-элементной модели для более детального анализа на этапах пре- и постпроцессинга. Содержит следующие режимы:

- **Обычный режим** позволяет произвести фильтрацию сетки для быстрой оценки её состояния. Данные настройки сохраняются в текущем сеансе работы до тех пор, пока пользователь их не сбросит.



Выбор областей сетки в обычном режиме

- **Расширенный режим** позволяет создать области фильтрации сетки произвольно, либо по группам областей сетки. Может быть создано несколько групп фильтрации сетки. Созданные группы запоминаются при следующих сеансах работы и удаляются пользователем только вручную. Для каждой группы фильтрации могут быть созданы отдельные метки экстремумов. Такой подход позволяет разделить конструкцию на отдельные составляющие («фюзеляж», «крыло», «хвост») и в каждой группе определить локальные значения экстремумов, к примеру, максимальных напряжений.

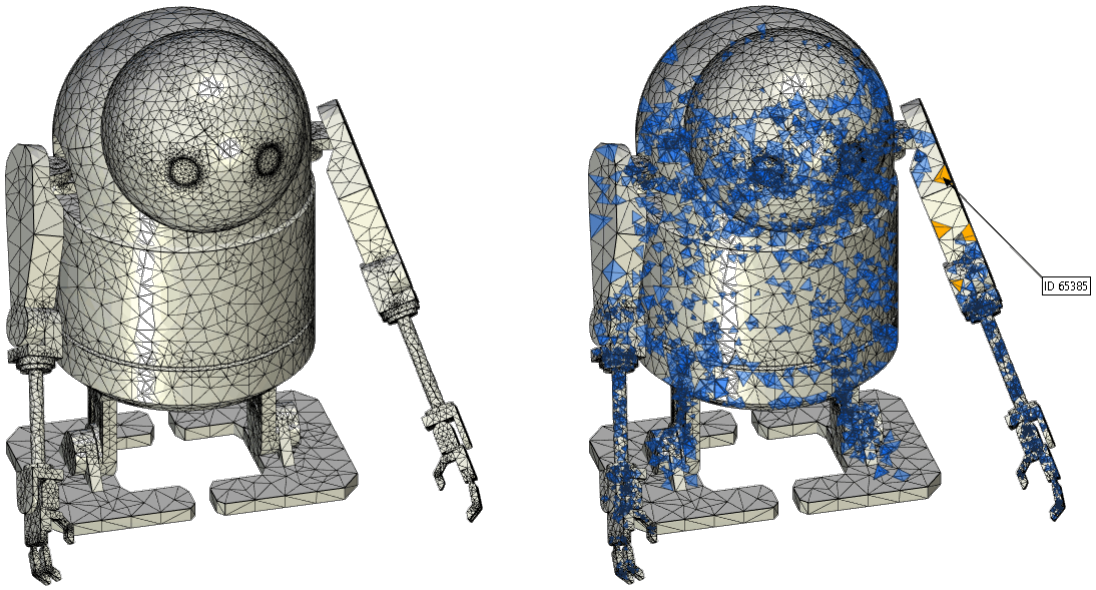


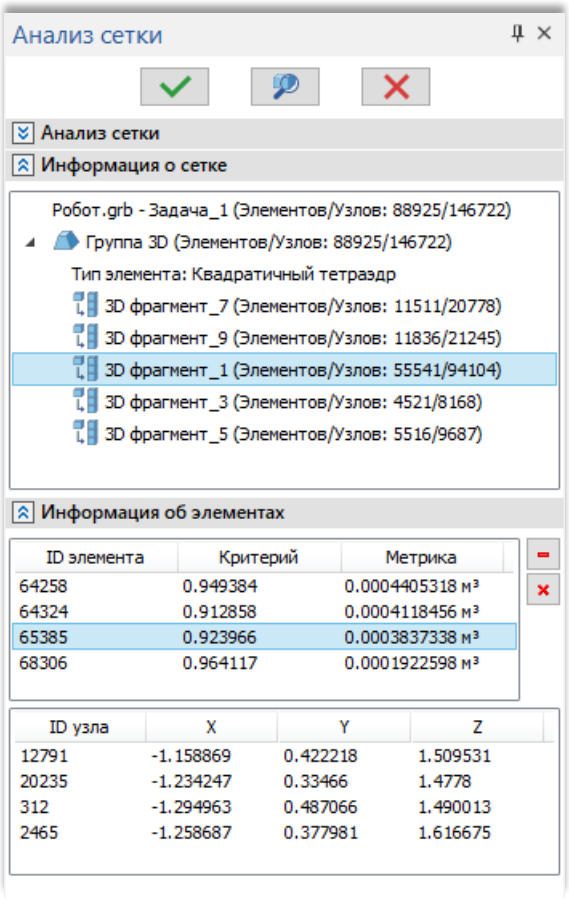
Выбор части конструкции для детального анализа в расширенном режиме

- **Режим «по значениям»** - позволяет отобразить эпюру результата для заданного диапазона значений, например, для запроса: «Отобрази области эпюры, где минимальный коэффициент запаса по напряжениям находится в диапазоне от 1.5 до 1».

Информация о сетке

Информация о сетке отображается в специальном блоке команды **Анализ сетки** и позволяет получить информацию о сетке в группах, информацию о выделенных элементах и координатах их узлов.



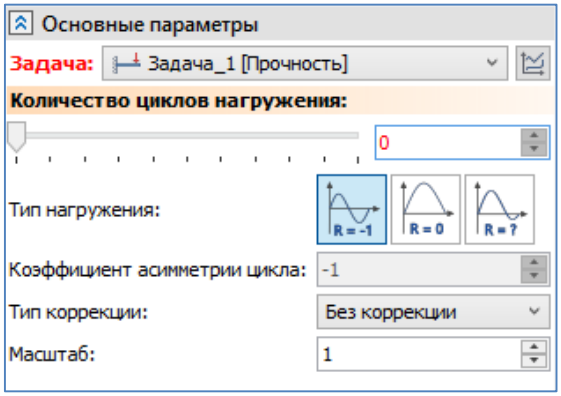


Получение информации о сетке

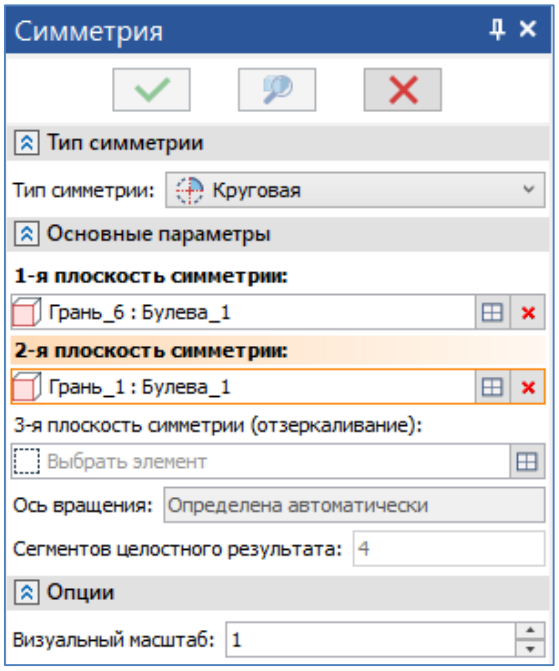
Граничные условия и нагрузки

Обновленные диалоги команд

Диалоги команд переведены на более современные и удобные элементы управления. Ниже показана пара примеров модернизации диалогов команд для задания граничных условий:



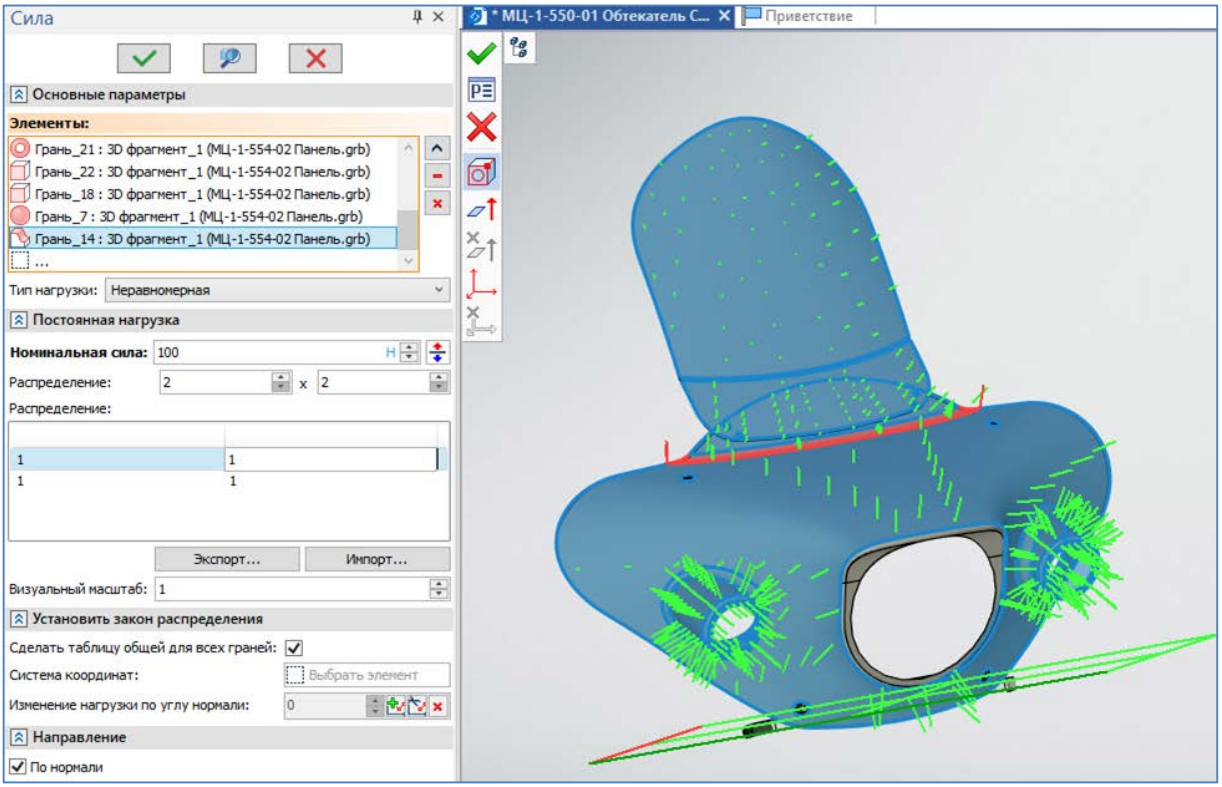
Обновленная команда **Событ ие**



Обновленная команда **Симмет рия**

Новый способ задания неравномерных нагрузок

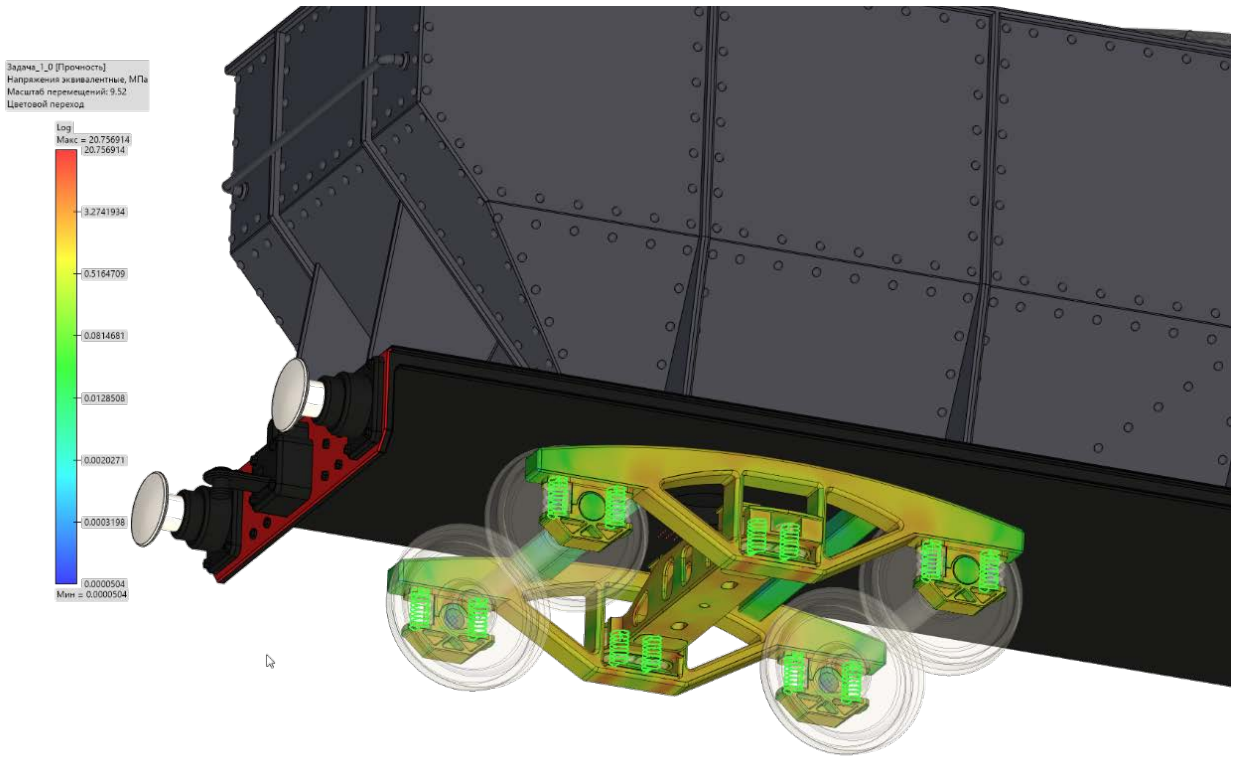
Переработан способ задания неравномерных нагрузок, которые используются для задания неравномерного нагружения в командах **Сила** и **Давление**.



Задание неравномерной нагрузки **Сила**

Команда «Пружина»

Реализована новая команда **Пружина** для задания связи двух степеней свободы заданной жёсткостью при моделировании упругих свойств конструкции.

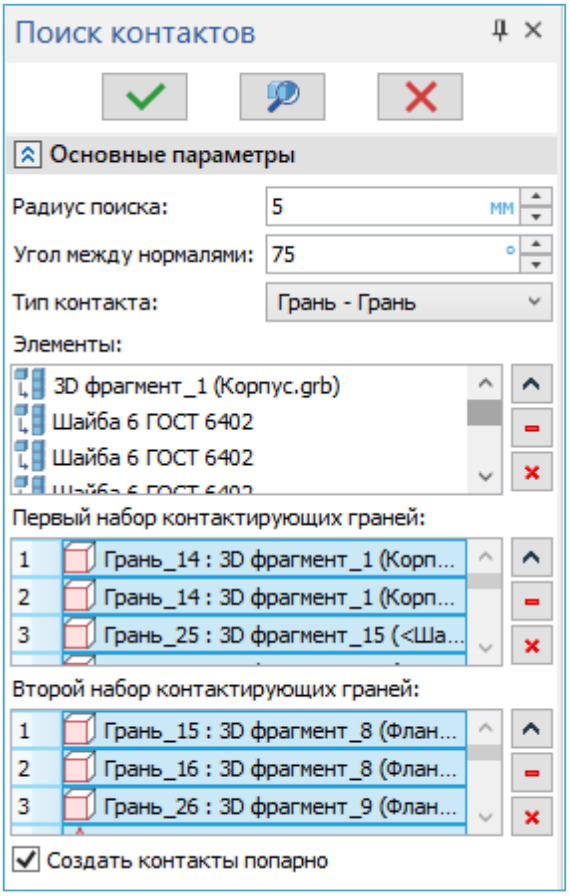


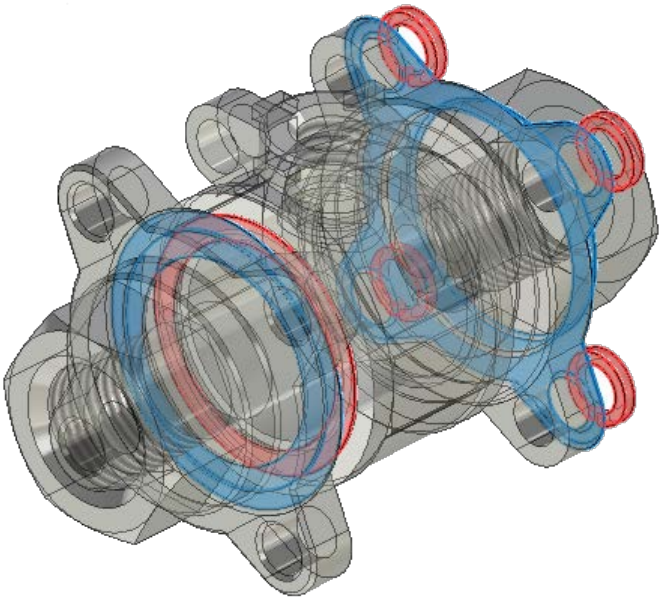
Использование ГУ **Пружина** *в колёсных парах*

Контакты

«Поиск контактов» и новая маркировка контактирующих пар

В 17 версии все контакты, кроме **Контактов по умолчанию**, назначаются вручную. Начиная с 18 версии, появляется возможность назначать контактные пары не только вручную, но и автоматически для согласованной (когда на стыке двух тел конечные элементы связаны «узел-в-узел») и несогласованной сетки (контакт для элементов модели с «интерференцией»), образованной между группами элементов задачи разных типов. Для этих целей предусмотрен механизм **Поиск контактов**, который позволяет искать контакты между заданными элементами в нужном диапазоне.





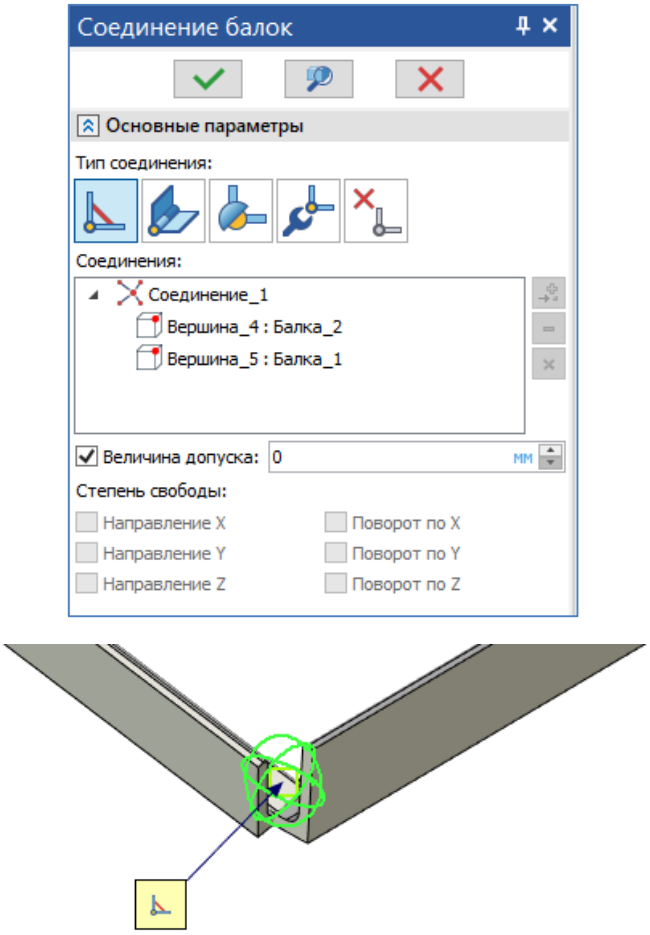
Механизм **Поиск контактов**

В процессе реализации была доработана маркировка контактирующих граней: грани из первого набора контактирования подсвечиваются красным контуром, а из второго – синим.

Специальный контакт «Соединение балок»

Для соединения балочных объектов предусмотрен специальный тип **Соединение балок**. Соединения могут быть следующих типов:

- Жёсткое соединение
- Цилиндрический шарнир
- Сферический шарнир
- Настраиваемое соединение
- Нет соединения



Диалог команды для типа **Жёст кое соединение** *и визуальное отображение соединения указанного типа*

В местах соединения балок создаётся метка соответствующего типа.

Объектами соединений являются комбинации:

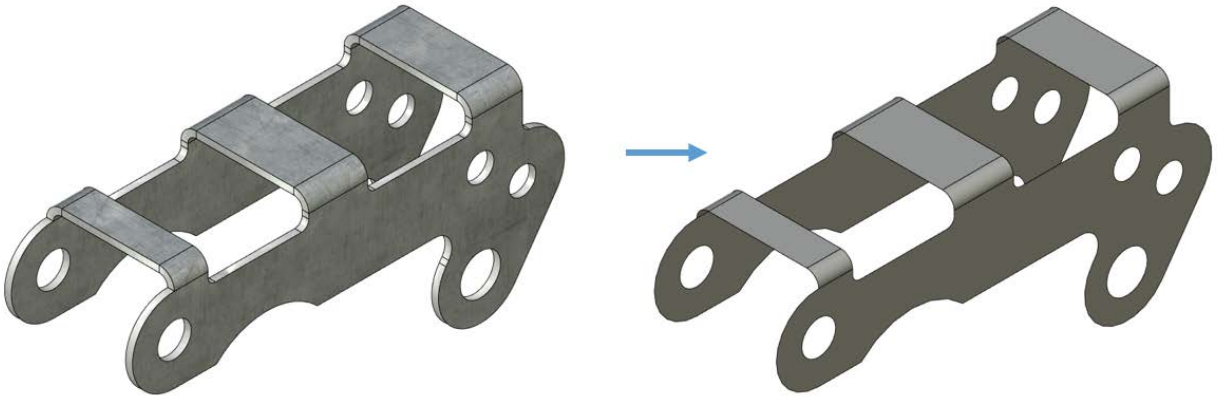
- Балка-Балка
- Балка-Оболочка
- Балка-Тело

Сервисы препроцессинга

Сервисы для работы с оболочками и композитами

Создание «серединных поверхностей»

Модели, построенные на основе листовых тел, удобно считать пластинчатыми и оболочечными конечными элементами. Для этого необходимо соответствующую модель преобразовать в поверхностную при помощи новой команды **Серединная поверхность**. Предусмотрено два режима создания серединной поверхности: ручной и автоматический.

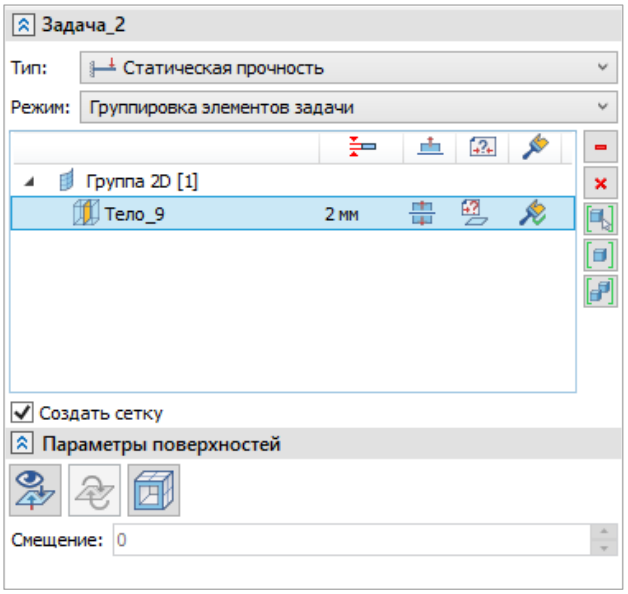


Получение серединной поверхности

Настройки отображения оболочек

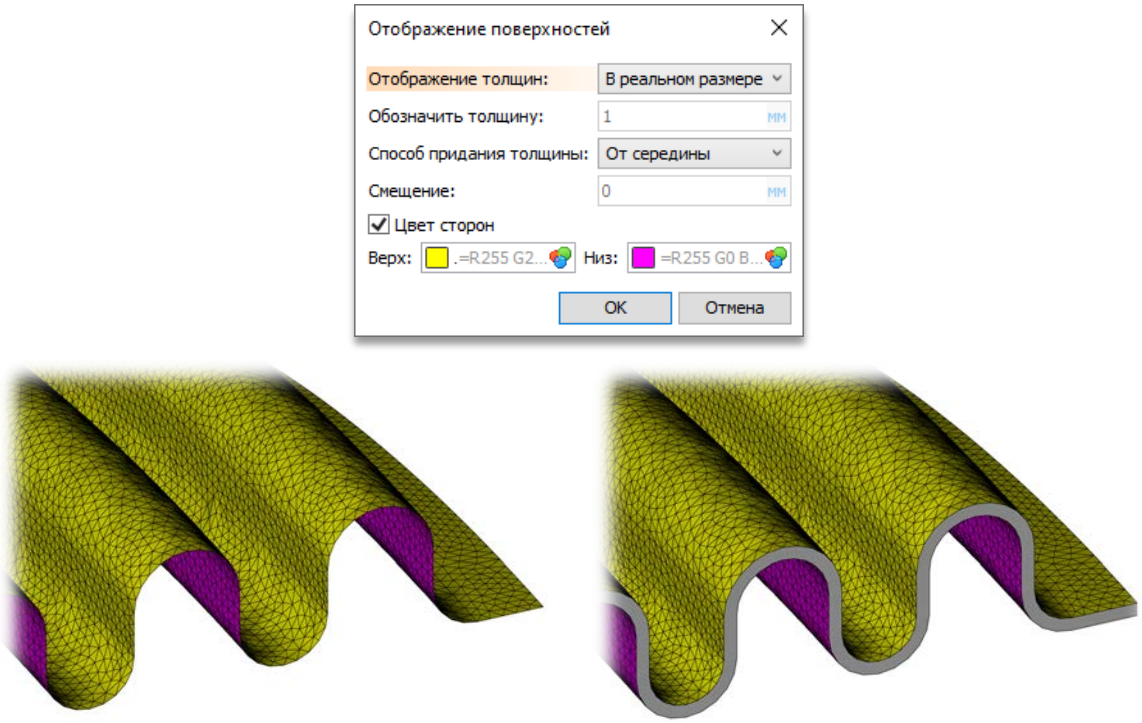
Для работы с поверхностной геометрией в настройках задачи реализованы сервисы, повышающие удобство работы с данной геометрией.

- Задание и отображение толщины пластины или оболочки;
- Придание толщины поверхности относительно верха или низа, середины или произвольного смещения;
- Задание гипотезы расчёта: «Теория тонких пластин», «Теория толстых пластин», в случае задания составного материала – «Теория многослойных пластин».



Параметры поверхностей

Кроме того, можно отобразить цветом верх/низ поверхности и отобразить толщину с помощью вложенных команд.

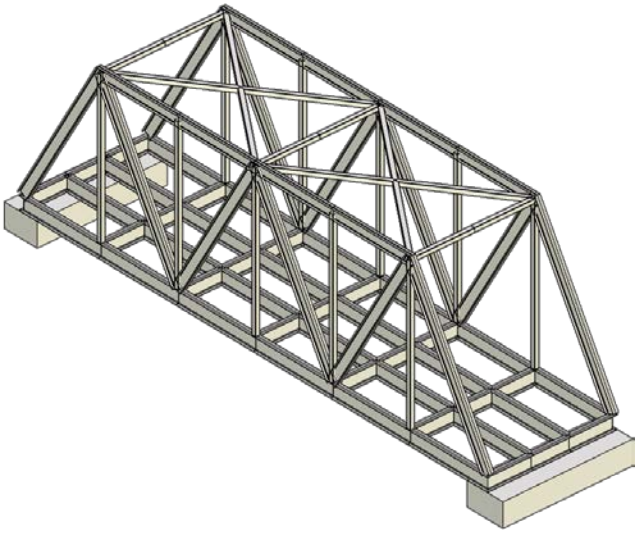


Диалог настройки отображения оболочек и пример использования

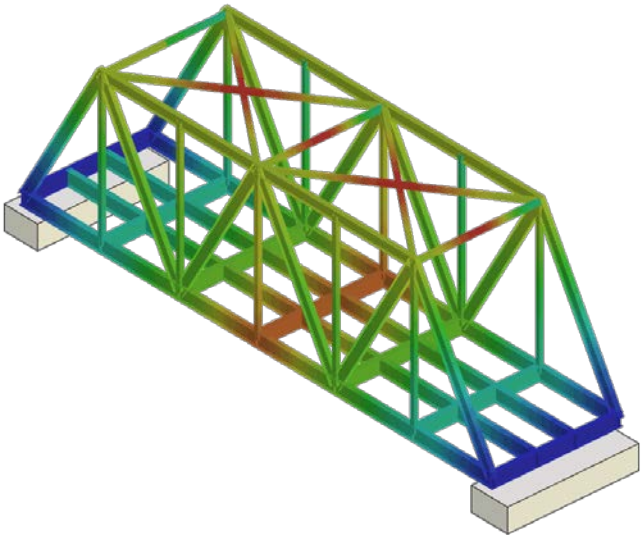
Сервисы для работы с балочными объектами

Включение объектов модуля «Металлоконструкции» в состав задачи без необходимости их модификации

Балочные объекты T-FLEX CAD поддерживают параметрические сечения и криволинейные формы при создании конструкции объектом системы «балка». Объекты модуля **Металлоконструкции** включаются в состав задачи напрямую без дополнительных преобразований.



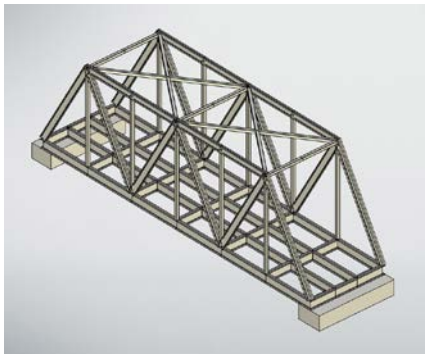
Металлоконструкция, созданная средствами T-FLEX CAD при помощи балочных объектов модели



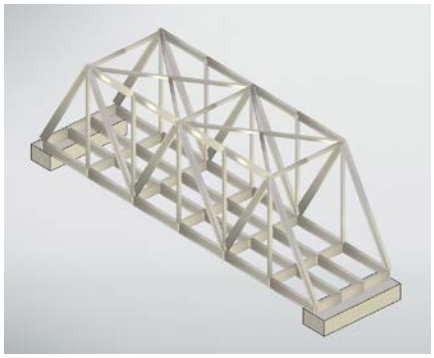
Результат расчёта балочной конструкции

Режимы отображения балочных объектов в сцене

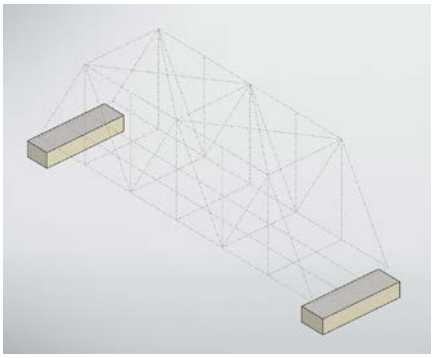
После создания задачи отображение балочных объектов также можно изменять: и в препроцессоре, и в постпроцессоре. Режимы отображения сетки на основе балочных элементов следующие: твердотельное, упрощённое и проволочное.



Твердотельное



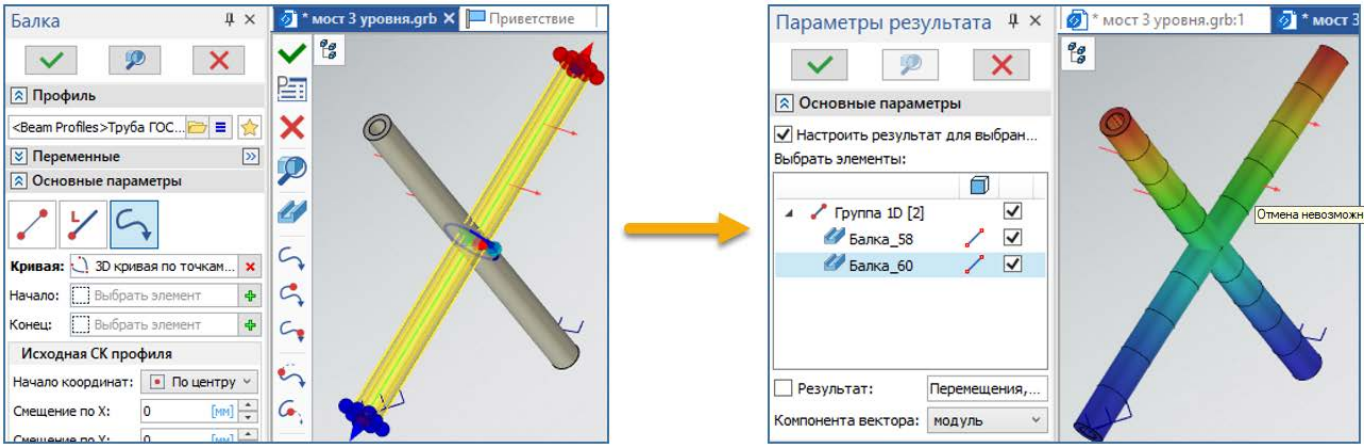
Упрощённое



Проволочное

Встраивание 3D узлов в балку для приложения ГУ и нагрузок

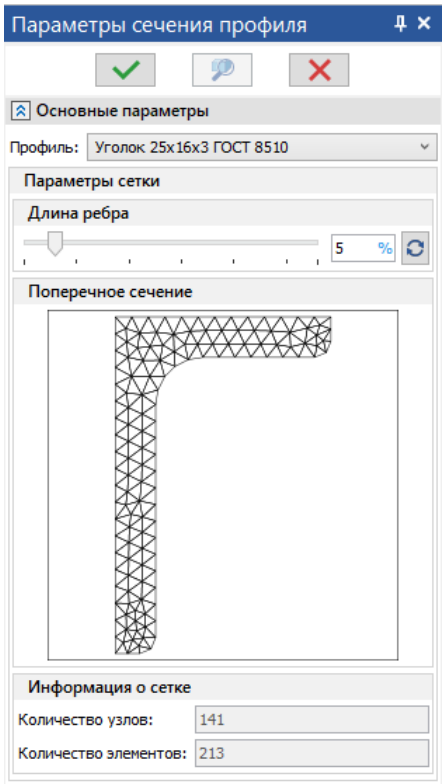
При работе с балочными конструкциями возникает необходимость учитывать пересечения балок, например, X-образное пересечение или T-образное. Соединение реализуется при помощи создания 3D узлов системы T-FLEX CAD. Наличие 3D узла на образующей балки позволяет создавать как сочленение балок, так и создавать в этих местах закрепления или нагружения.



Учёт разделения балки на отрезки, ограниченные 3D узлами на её образующей

Характеристики сечения балки. Триангуляция сечения балки

Характеристики сечения балки вычисляются на основе 2D сетки, образуемой в профиле поперечного сечения балки. Для типовых профилей можно было бы обойтись усреднёнными настройками для получения 2D сетки, но T-FLEX CAD позволяет использовать в качестве профиля сечения балки произвольную геометрию, а значит T-FLEX Анализ обязан поддержать её для получения результатов расчёта. В некоторых случаях настройки могут привести к недостаточной точности определения характеристик поперечного сечения балки. Поэтому предусмотрен специальный инструмент, называемый **Триангуляция поперечного сечения**, позволяющий управлять густотой разбиения 2D сетки, а значит – управлять точностью характеристик поперечного сечения балок.



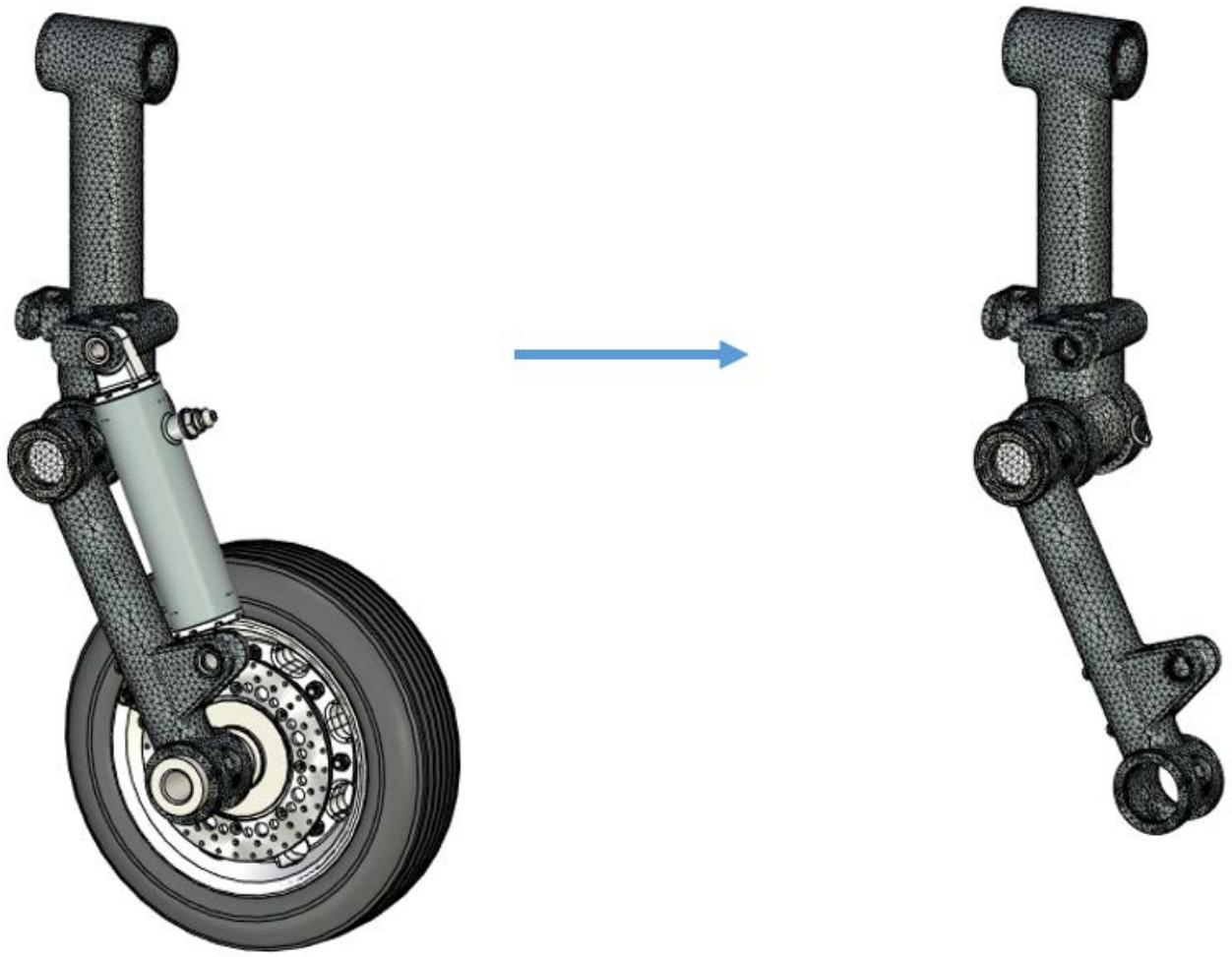
Задание параметров триангуляции в сечении балки

Данная настройка является опциональной. Применяется в случаях расчёта балочных объектов со сложным произвольным сечением. Пользователь имеет возможность визуально оценить достаточность произведенной по умолчанию триангуляции сечения. При необходимости, пользователь имеет возможность уточнить качество сетки в профиле поперечного сечения.

Другие сервисы препроцессора

Команда «Расчётная геометрия» для элементов, входящих в состав задачи

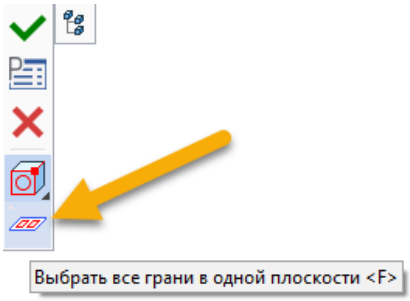
Команда **Расчётная геометрия** позволяет скрыть лишнюю геометрию, не входящую в состав расчётной модели.



Результат применения команды **Расчётная геометрия**

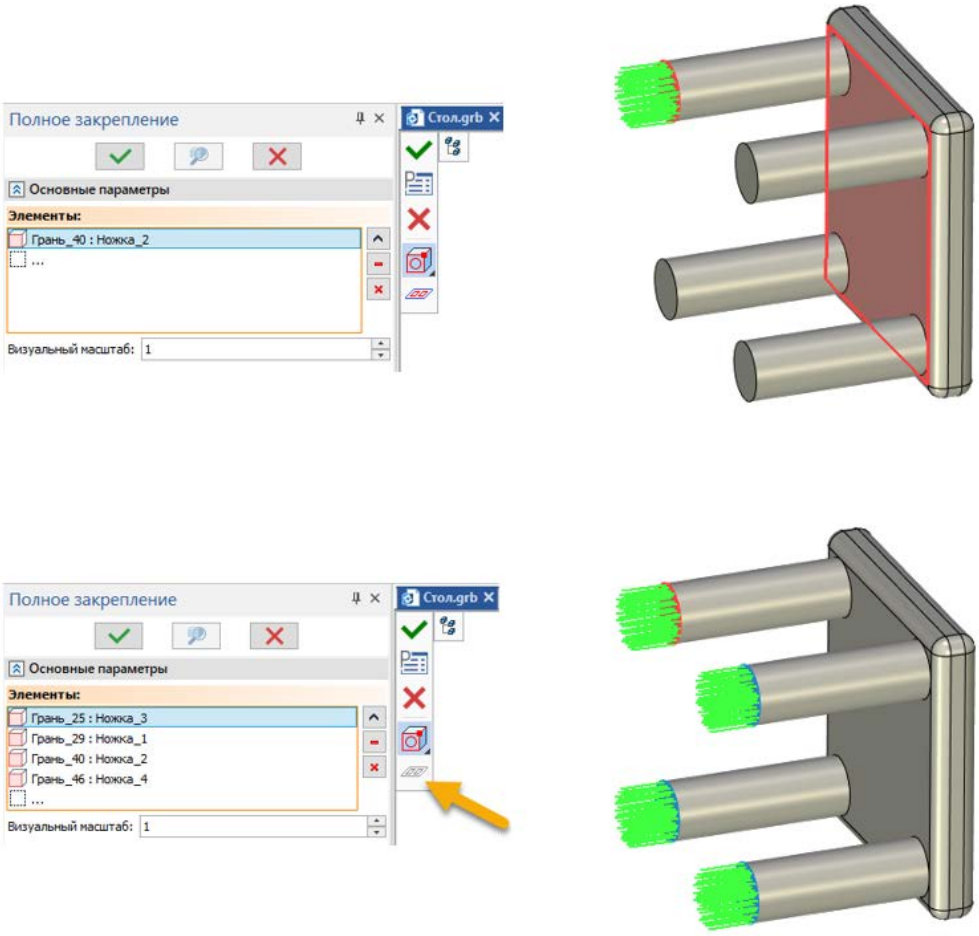
Выбор объектов, лежащих в одной плоскости

Во все команды, где это возможно, назначения граничных условий и нагрузок добавлена опция автоменю **Выбрать все грани в одной плоскости**.



Опция **Выбрать все грани в одной плоскости** *в автоменю команды*

Опция существенно снижает трудоёмкость выбора граней, лежащих в одной плоскости при задании условий в расчётной модели.



Пример использования опции **Выбрать все грани в одной плоскости**

Управление задачами. Алгоритмы решателя

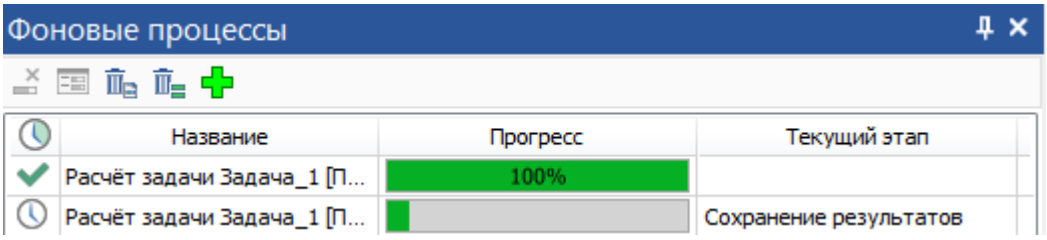
Любые нововведения в пре- или постпроцессинг обязательным образом учитываются решателем. Ниже приводятся основные доработки решателей для разных типов задач.

Перечень основных доработок решателей:

- поддержка 1D сетки;
- поддержка расчёта с гибридными сетками (1D/2D/3D);
- алгоритмы учёта контактов с интерференцией;
- развитие алгоритмов решения задач с гиперупругим поведением материалов;
- развитие решателей для учёта пластического поведения в статических задачах;
- поддержка расчёта слоистых композитов с учётом критериев разрушения;
- множество других менее явных доработок и оптимизаций алгоритмов расчёта.

Запуск решателя в фоновом режиме

Предусмотрена возможность отображения процесса в общесистемном окне **Фоновые процессы** и индикация хода выполнения процесса в статусной строке.

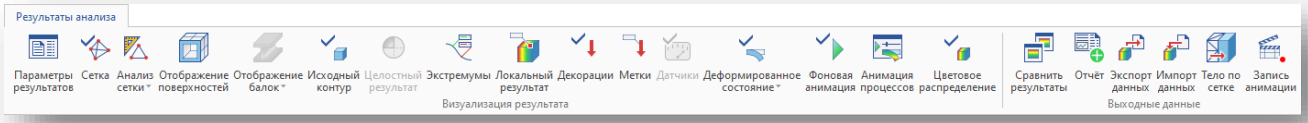


Отображение процессов, связанных с расчётом в новом окне **Фоновые процессы**

Постпроцессинг (анализ результатов расчёта)

Проведена модернизация команд постпроцессинга продукта **T-FLEX Анализ** с использованием современных элементов управления в диалогах команд.

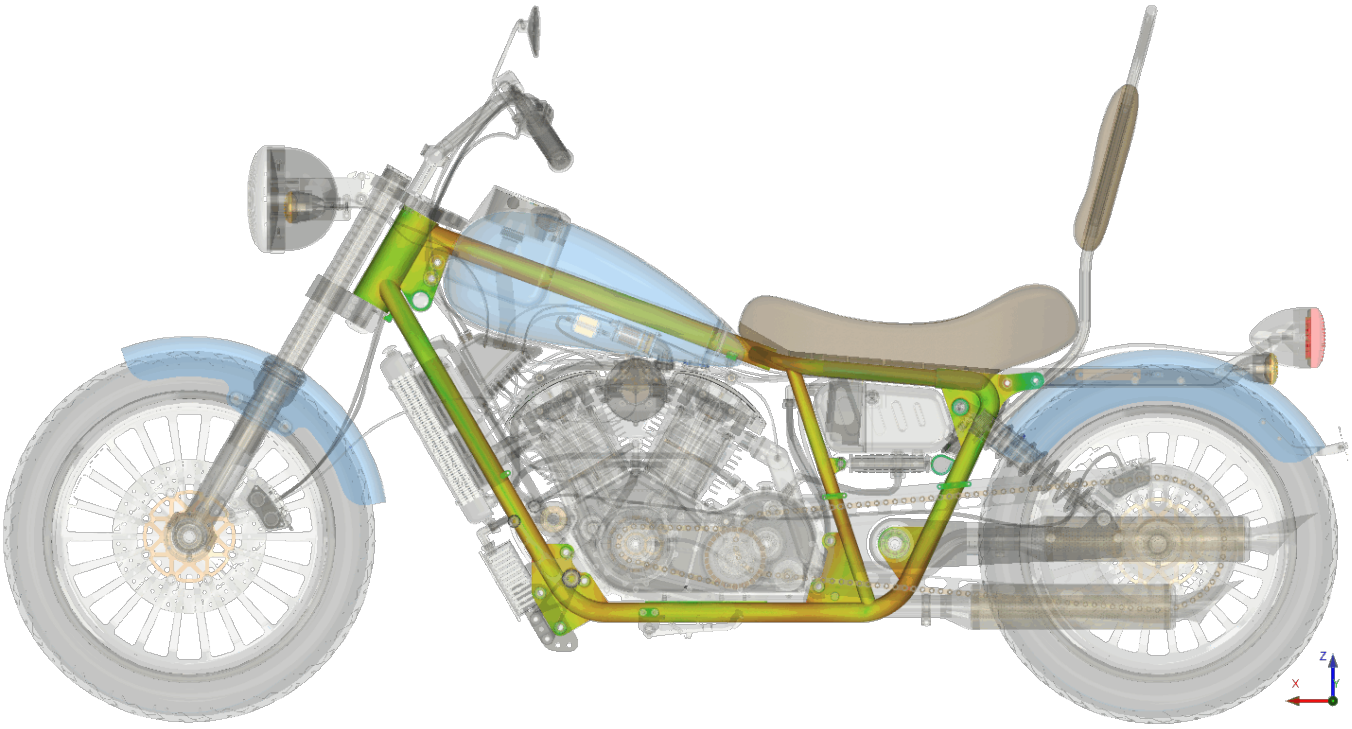
Иконки команд стали векторными, т.е. одинаково хорошо смотрятся на любых разрешениях экрана.



Лента постпроцессора

Единая сцена для геометрической и расчётной модели

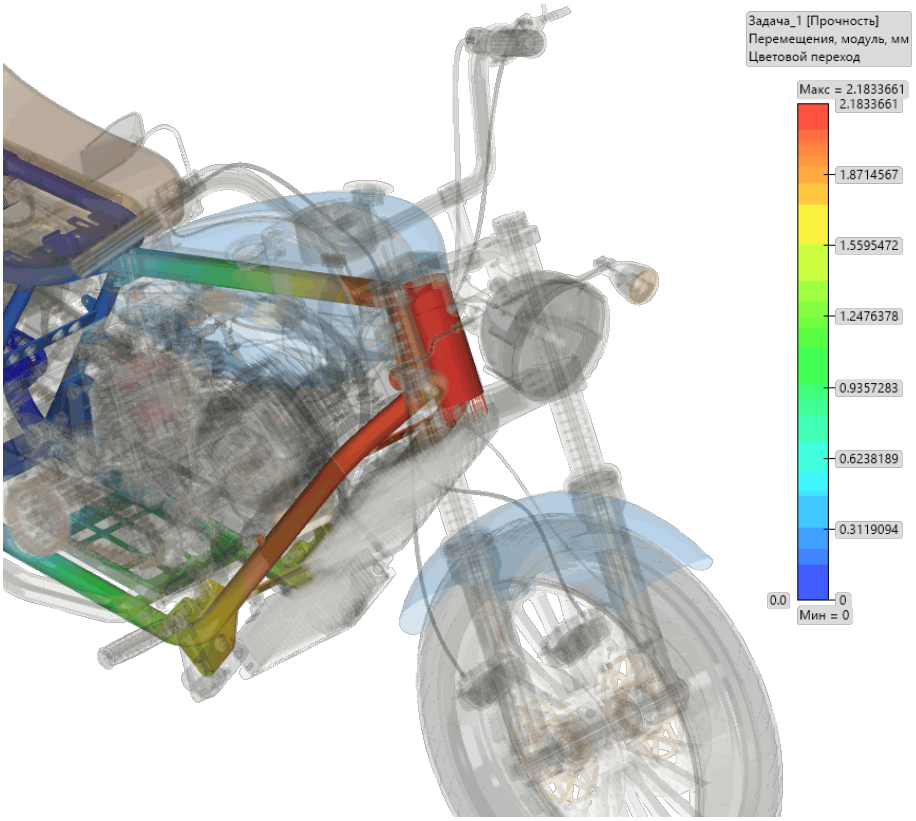
Проведена глубокая модернизация системного механизма **Сцена**, позволившая применять новые сценарии совместного использования геометрической модели и отображения результатов расчёта. Теперь результаты расчёта можно отобразить вместе с «окружением», т.е. с элементами модели, не входящими в состав задачи.



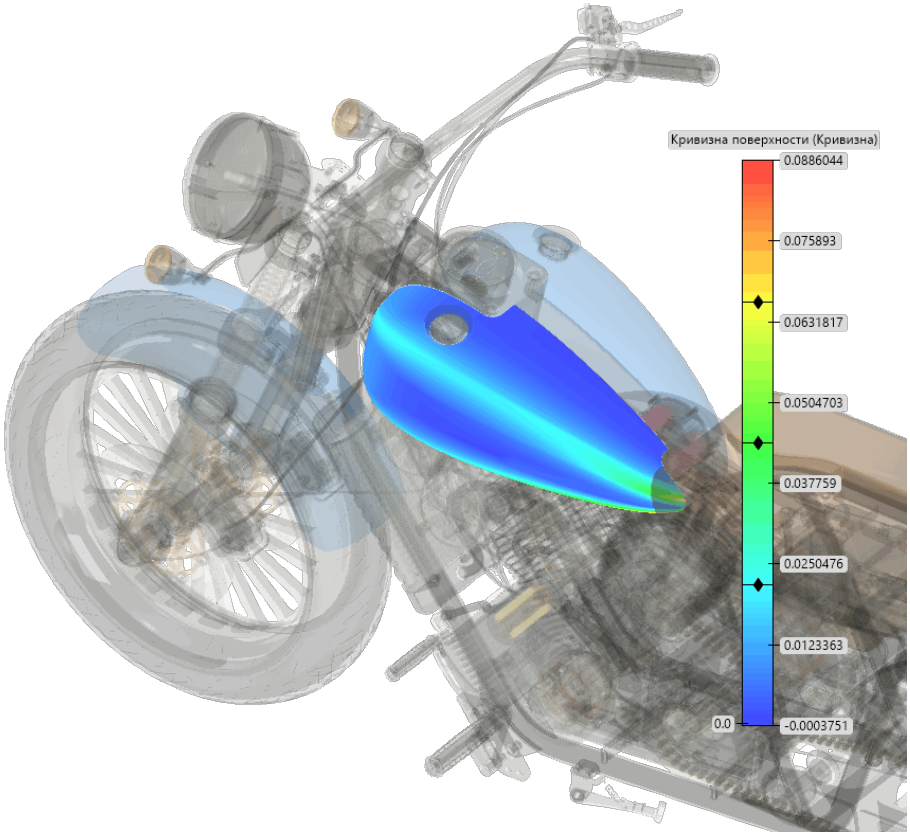
Гибридная сцена: отображение результата расчёта вместе с окружением

Универсальный инструмент «Шкала»

Реализован единый инструмент «шкал». Теперь он применяется и для анализа результатов расчёта, и для отображения кривизны поверхностей.

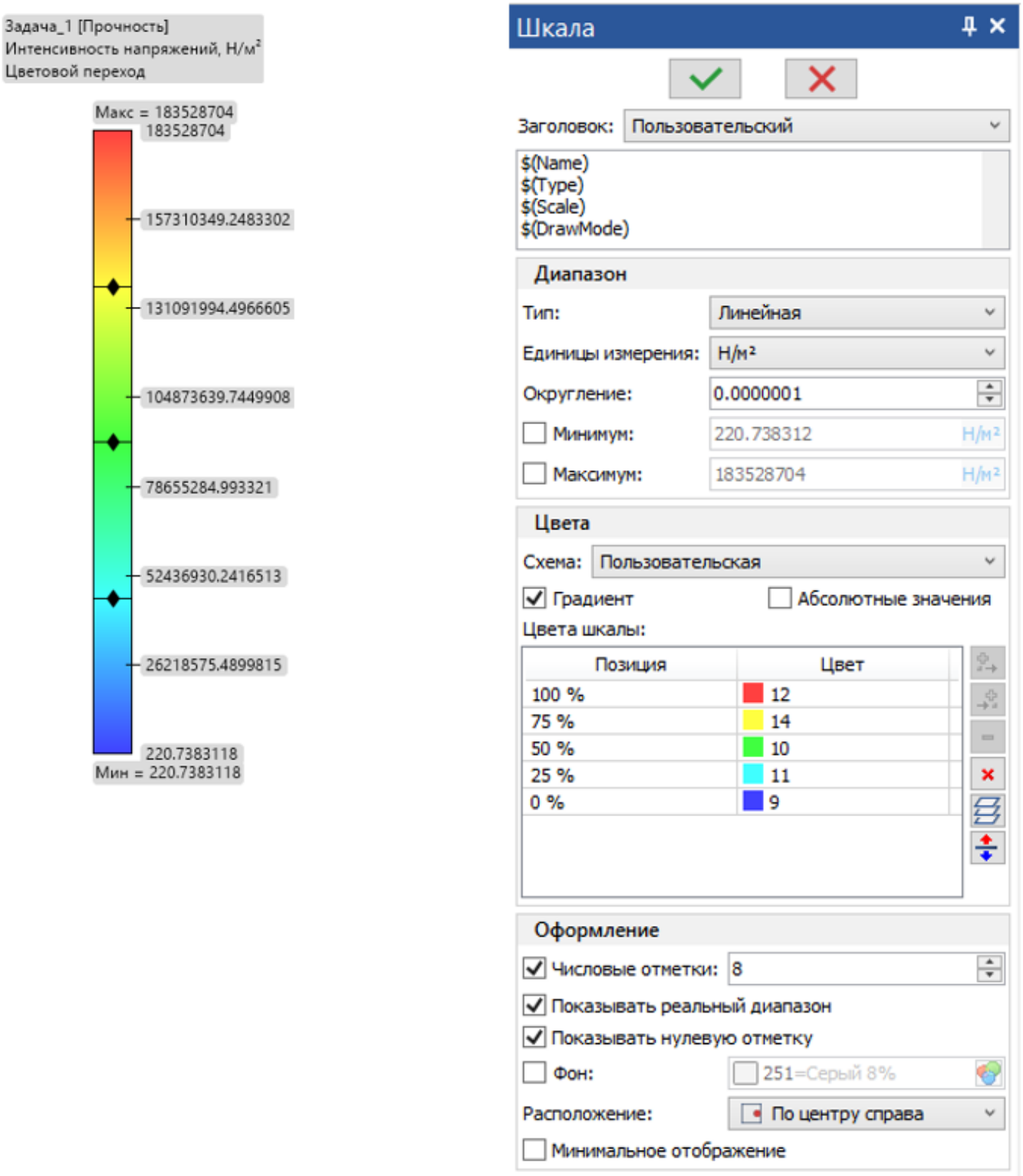


Шкала в задаче T-FLEX Анализа



Шкала при определении кривизны поверхности

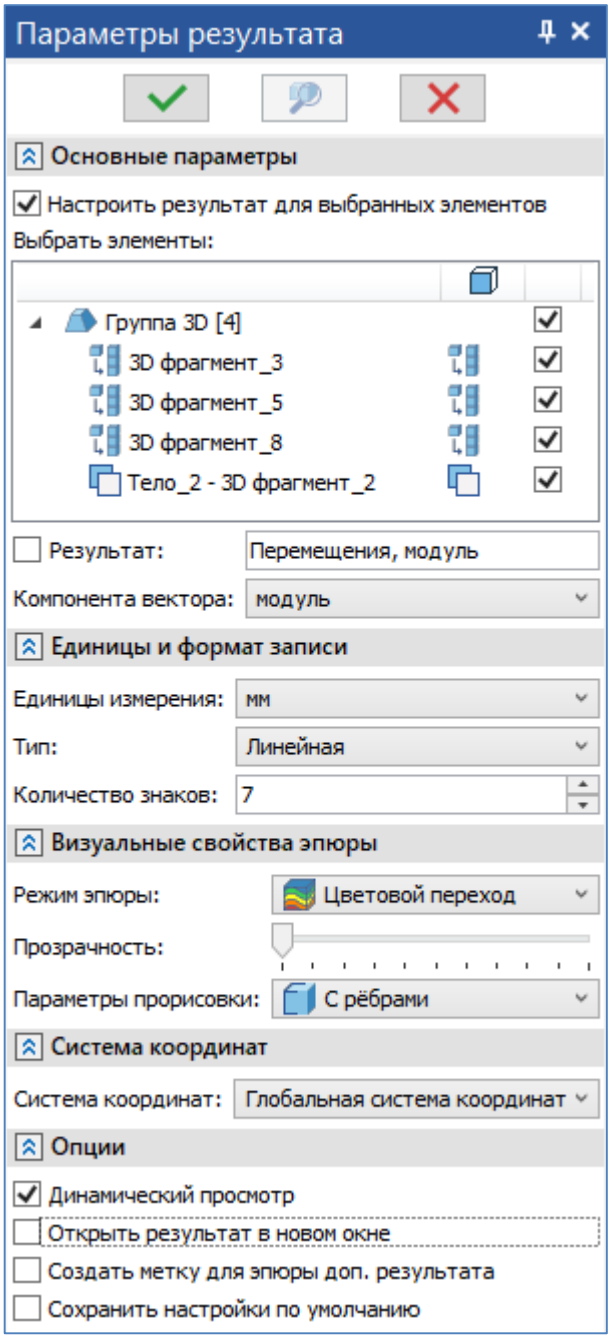
Шкала имеет все необходимые настройки, доступные пользователю.



Шкала и её настройки

Новое окно «Параметры результатов»

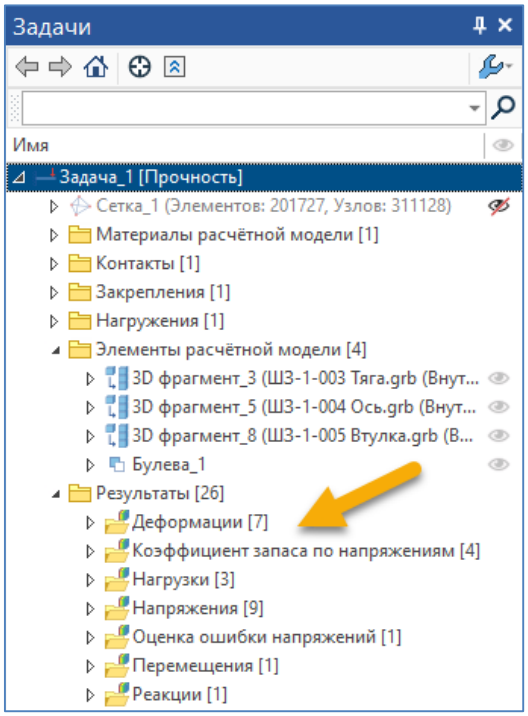
Новое окно настройки параметров отображения результата позволяет из единого окна применить настройки для отображаемого результата: изменить единицы измерения, отключить выбранные элементы модели, применить нужное отображение 3D эпюры, создать дополнительный результат на основе текущего, задать пользовательскую систему координат и др. быстрые полезные настройки для отображения результата.



Новое окно настройки параметров отображения результата

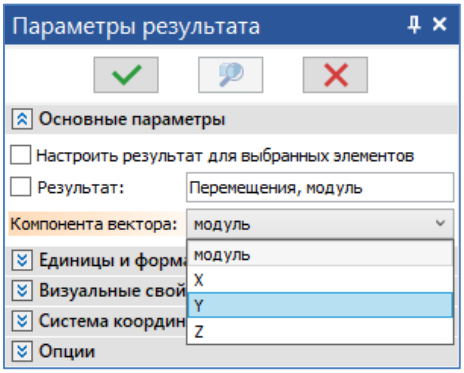
Работа с результатами решения задачи

Результаты расчёта теперь группируются по типам результатов:



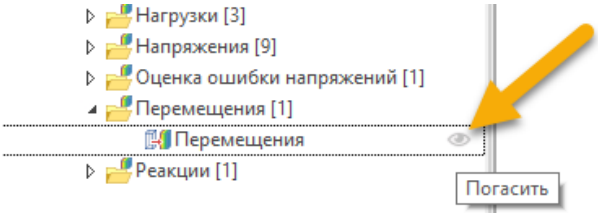
Новая группировка результатов расчёта

Упрощен выбор компонент результатов. Теперь в списке результатов отображается основной результат, например, «Перемещения, модуль», а перемещения по направлениям выбираются в виде компонент.



Задание результата для отображения перемещений по направлениям

Изменился подход к открытию результатов. Теперь выбранный результат можно открыть, используя опцию «глазик», в текущем окне (в окружении объектов, не входящих в состав задачи):



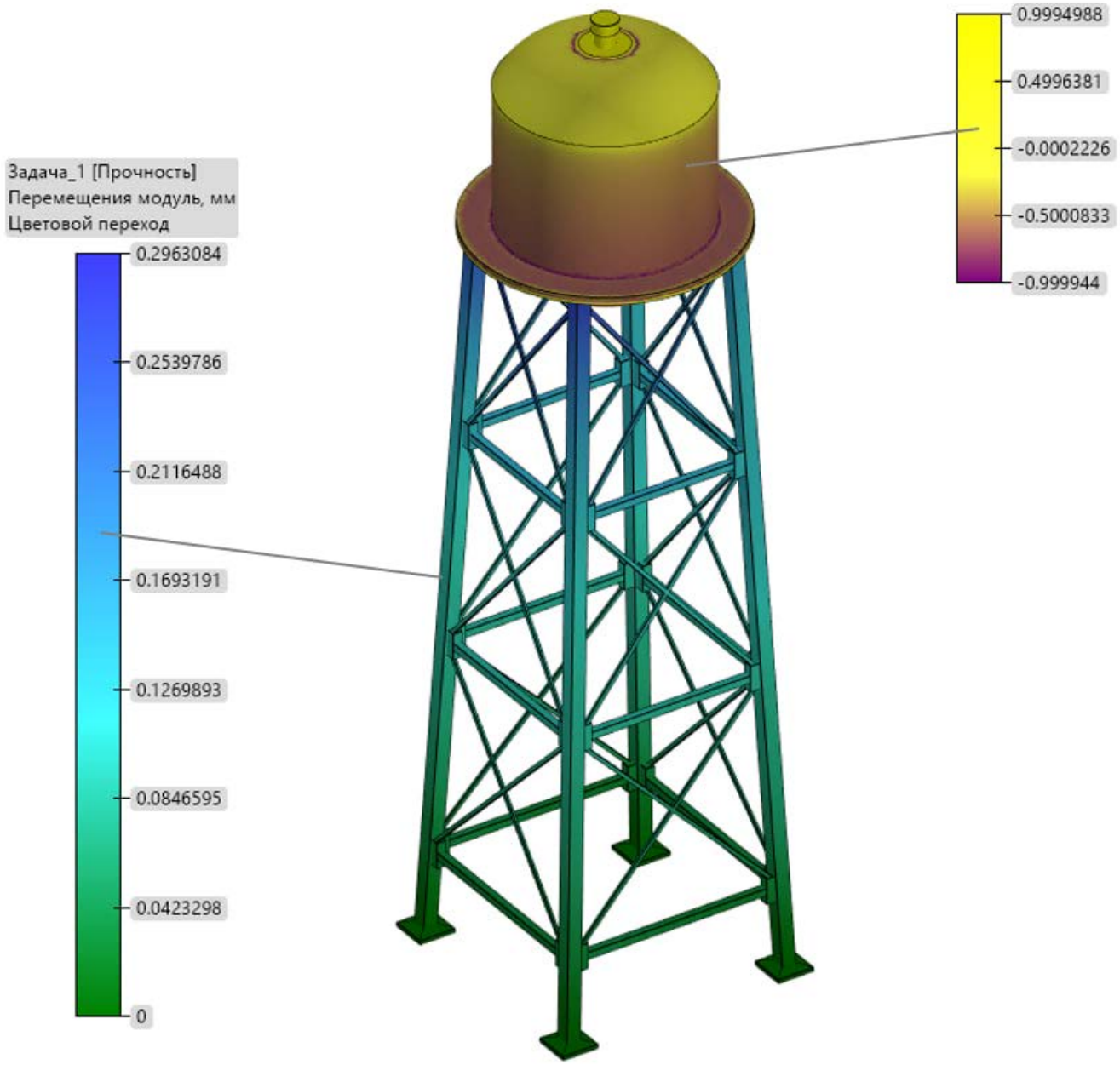
Опция для отображения результата в текущем окне в окружении объектов, не входящих в состав задачи

Если же открыть выбранный результат двойным кликом, то он откроется в новом окне без «окружения». В данном режиме отображается только выбранный результат. Чтобы открыть в новом окне другой результат, то необходимо перейти в основную сцену и оттуда вызвать отображение нужного результата.

Объединение результатов

Реализована возможность объединения нескольких результатов. В зависимости от того, совместимы ли между собой результаты, в одной сцене может быть отображение результата с единой шкалой или с индивидуальными шкалами.

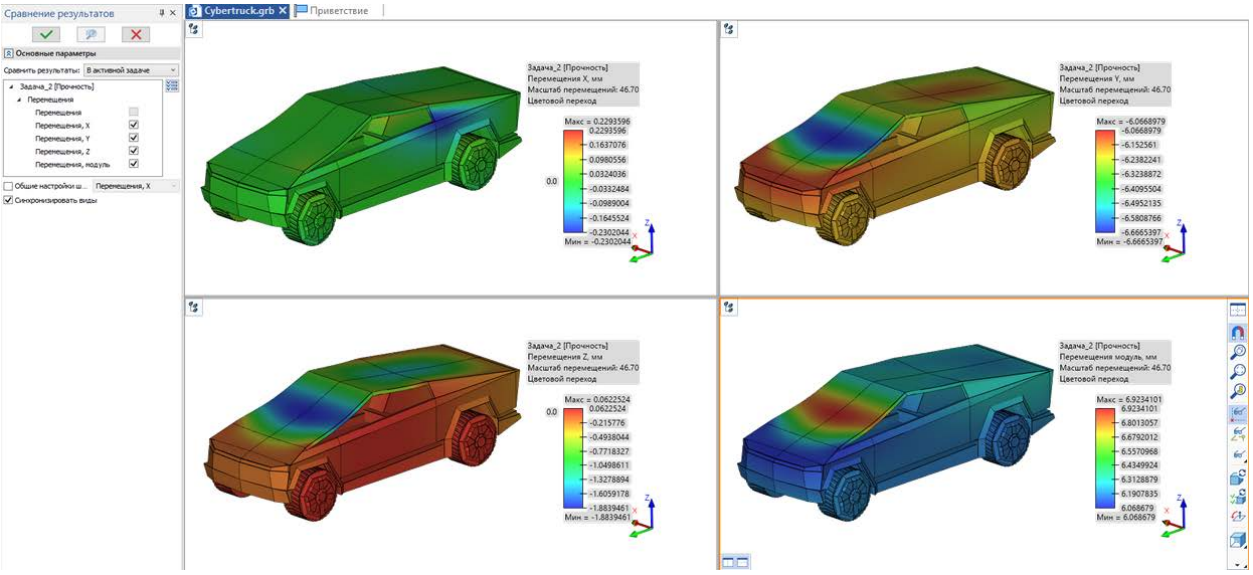
Эта возможность удобна при анализе больших конструкций, когда в разных местах конструкции расчётчика интересуют разнородные результаты.



Пример отображения нескольких результатов
с индивидуальными настройками шкалы: для резервуара и основания

Сравнение результатов

Новая команда сравнения результатов расчёта позволяет быстро и удобно разделить экран на несколько секторов и отобразить в них необходимый результат. Отображение модели в окнах синхронизировано.



Сравнение нескольких результатов

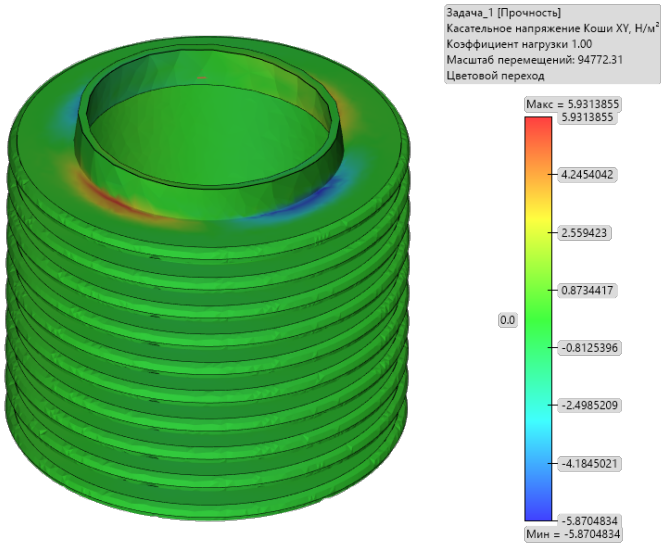
Новые типы результатов

Статическая прочность:

- триаксиальность;
- интенсивность упругих и пластических деформаций;
- нормальное и касательное напряжения Коши.

Собственные частоты:

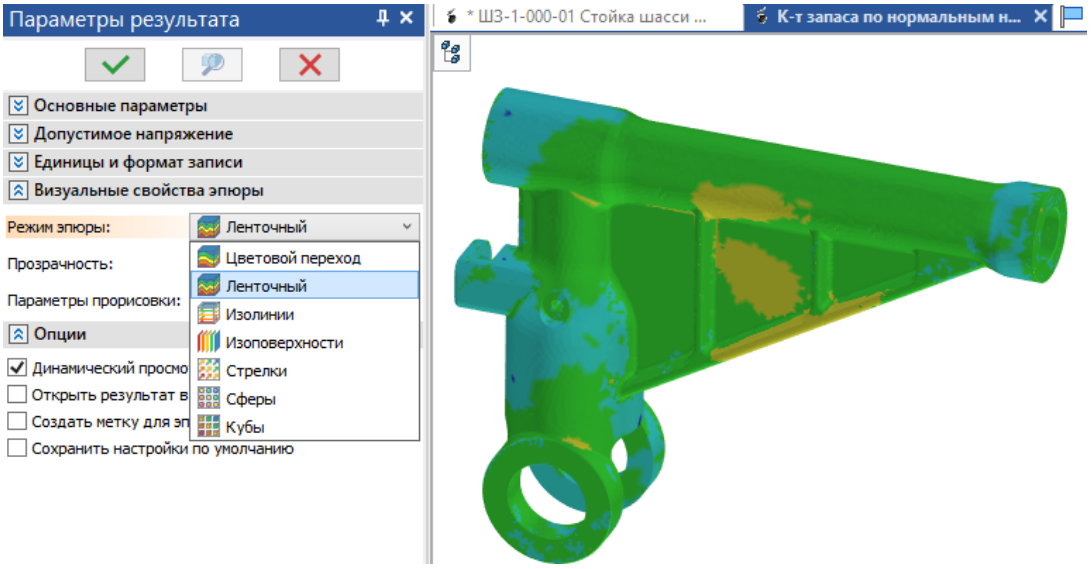
- эффективные массы.



Пример отображения нового результата **Касат ельное напряжение Коши**

Новые режимы отображения эпюр результатов

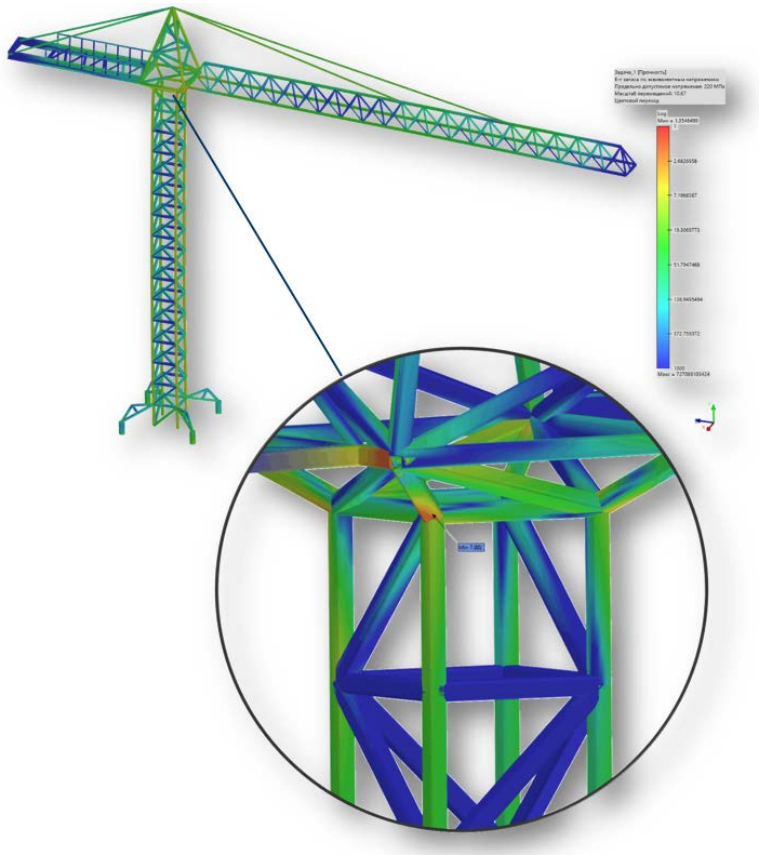
Реализован ряд дополнительных режимов отображения 3D эпюры результатов: цветовая эпюра, ленточный вид, изолинии, изоповерхности, стрелки, кубы, сферы и элемент (для результата **Оценка ошибки напряжения**).



Пример отображения 3D эпюры результатов в ленточном виде

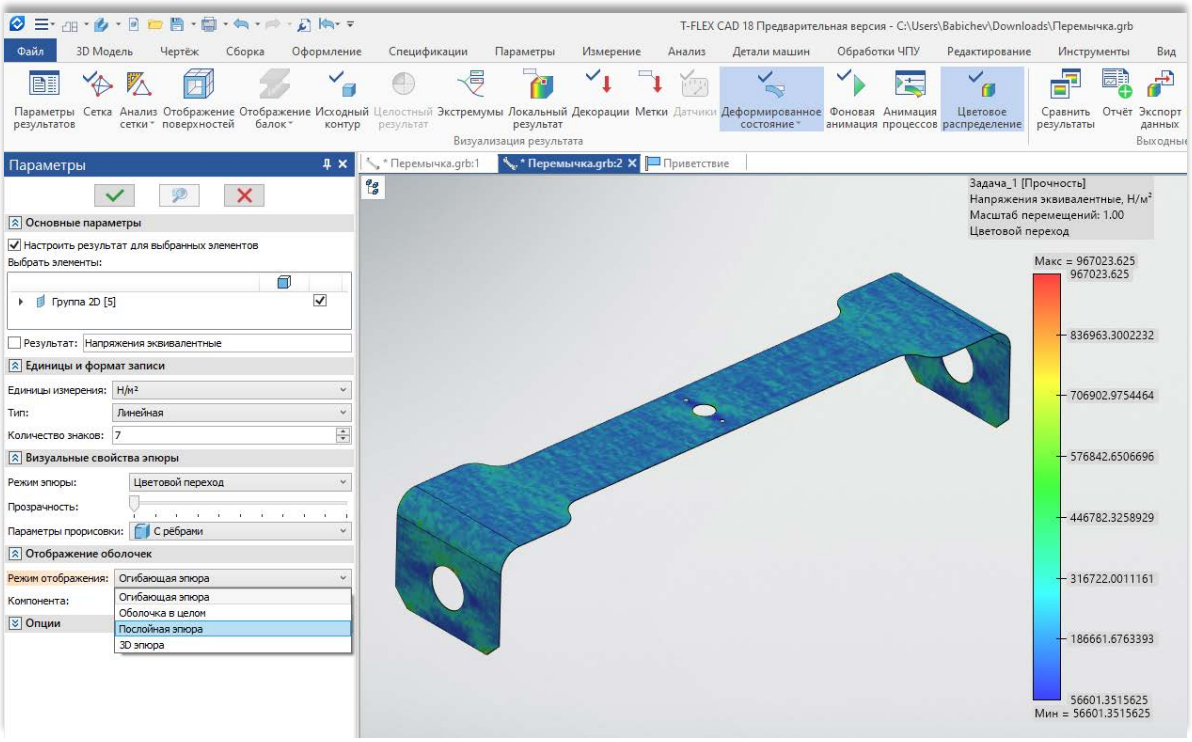
Специальные режимы отображения эпюр результатов

- Для балок:
  Разработаны специальные представления в виде эпюр силовых факторов, в том числе, отображение результатов в сечениях.



Отображение балочных результатов

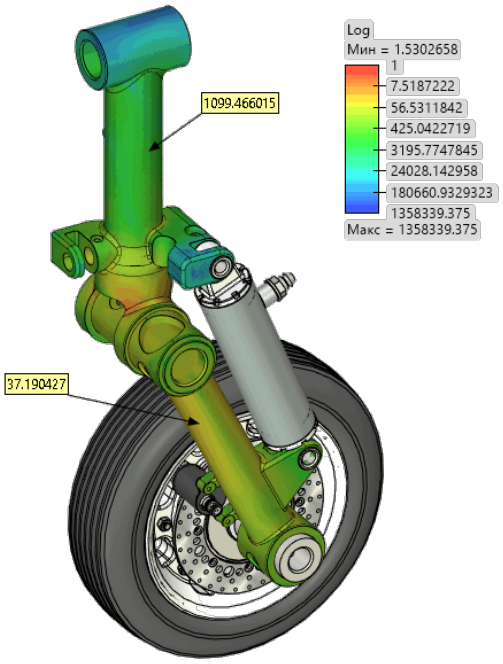
- Для композитов:
  Предусмотрено отображение специальных результатов, включая отображение результатов по слоям и обобщённый результат в виде огибающей эпюры.



Результат расчёта детали из композита

Локальный результат

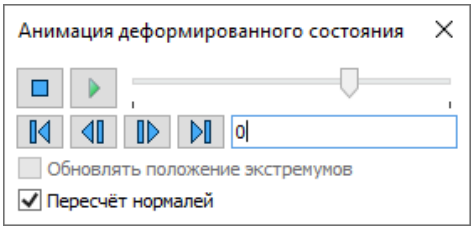
Данный сервис позволяет быстро создавать метки результатов в локальных местах модели.



Метки локального результата

Анимация процессов

Механизм, связанный с анимацией разных процессов (деформированное состояние, временной процесс и др.) был унифицирован. Теперь команда **Анимация процессов** заменяет разнородные сервисы специализированного назначения.

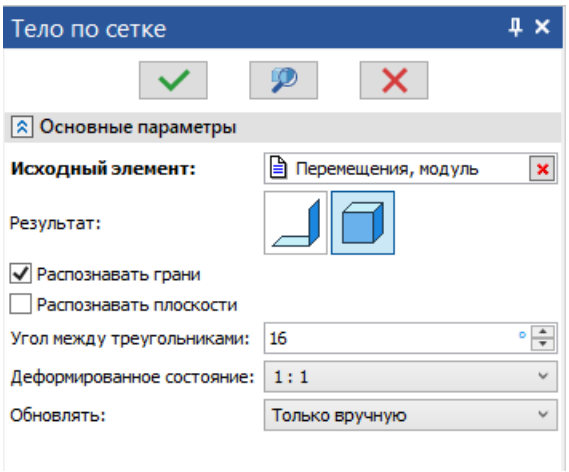


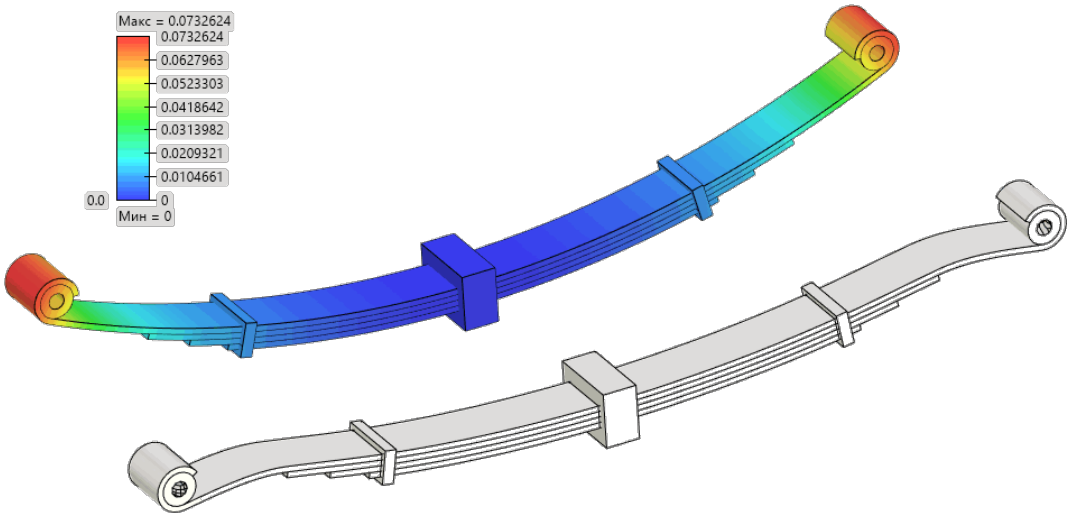
Унифицированный механизм анимации процессов

Команда «Тело по сетке»

Команда **Тело по сетке** позволяет получить тело на основе деформированной геометрии по результатам расчёта для масштаба **1:1** или текущего значения коэффициента масштабирования **Из сцены**.

Команда применима для всех типов элементов задачи: тел, оболочек, балок.





Получение тела на основе деформированной геометрии

Развитие команды «Измеритель»

Назначение команды остаётся прежним: данная команда позволяет просуммировать значение сил реакции в узлах конечно-элементной сетки по выбранным граням, ребрам, или вершинам на конечно-элементной модели. В 18 версии в **Измеритель** была добавлена поддержка балочных объектов.

Отчёты в формате PDF

Команда **Отчёт** была доработана с целью формирования отчётных документов в формате PDF. Генерация отчётов в формате HTML также поддерживается.

Прочность
Curiosity.grb
Задача_1

1. Информация о задаче
2. Модель
3. Материалы
4. Свойства сетки
5. Граничные условия
6. Результаты

Информация о задаче	
Название задачи	Задача_1
Комментарий	
Автор	Admin
Компания	
Дата	21.12.2023 11:49:34
Имя файла	C:\демо\Отчет PDF\Curiosity.grb

Параметры расчёта	
Стабилизация системы	1

Модель	
Тело_24 / [Внешняя операция_4_3]	Сталь
Тело_25 / [Внешняя операция_4_4]	Сталь
Тело_23 / [Внешняя операция_4]	Сталь
Тело_610 / [Булева_3]	Сталь
Тело_1 - Симметрия_1 / [Симметрия_1]	Сталь

Материалы	
Сталь	
Модуль упругости	210000 Н/мм²
Коэффициент Пуассона	0.29
Модуль сдвига	81395.3 Н/мм²
Теплопроводность	0.043 Вт/(мм·К)
Коэффициент теплового расширения	1.3E-05 1/°C
Плотность	7800 кг/м³
Предел текучести	220 Н/мм²
Предел прочности на растяжение	400 Н/мм²
Предел прочности на сжатие	400 Н/мм²
Теплоёмкость	440 Дж/(кг·К)

Свойства сетки	
Сетка_1	
Тип элемента	Квадратичный тетраэдр
Количество элементов	93730
Количество узлов	159218

Граничные условия	
Полное закрепление_1	
Тип нагружения	Полное закрепление

Сила тяжести_1	
Тип нагружения	Гравитация
Нагрузка	1.62 м/с²

Частичное закрепление_1	
Тип нагружения	Частичное закрепление
Тип системы координат	Прямоугольная
Заданные перемещения	Z:0 мкм,

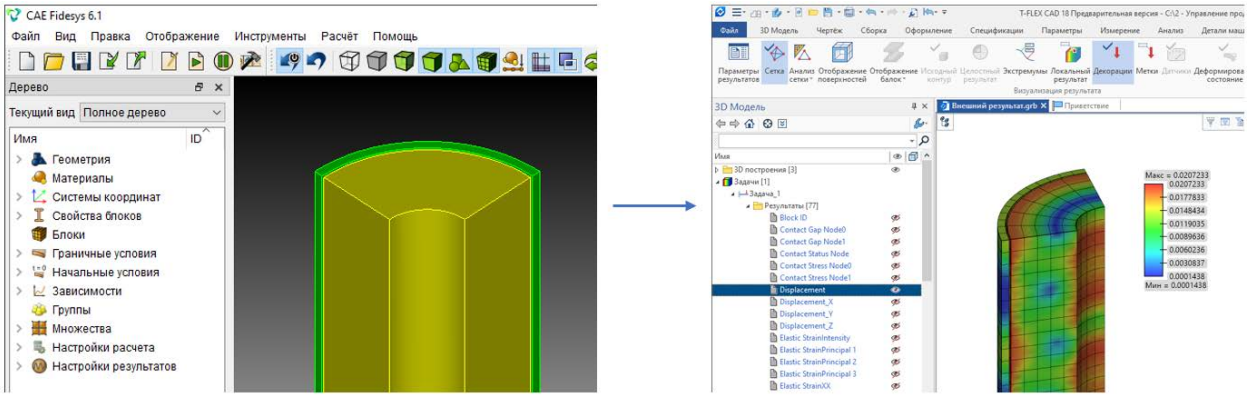
Ускорение_2	
Тип нагружения	Линейное ускорение
Нагрузка	1 м/с²

Результаты		
Перемещения, модуль [1]		
	Min	0 м
	Max	0.000291 м
Показать результат: 3D HTML | 3D PDF		

Отчёт в формате PDF

Отображение результатов расчёта из внешних ПО CAE

Реализован импорт результатов расчёта из сторонних CAE систем (внешних по отношению к **T-FLEX Анализ**) в формате VTK (*.vtu, *.vti). Такой результат можно открыть на просмотр средствами **T-FLEX Анализ**.

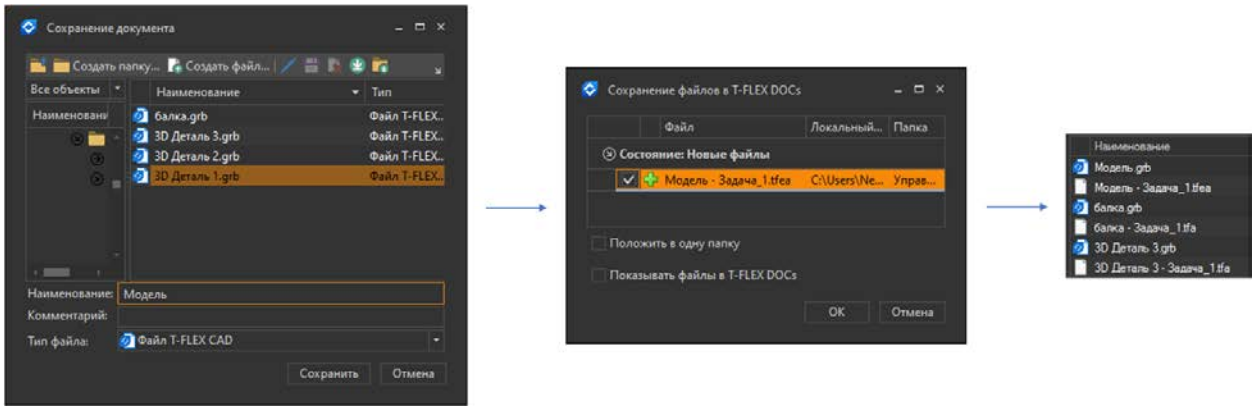


Пример открытия результатов расчёта из внешнего файла результатов формата VTK

Внешнее хранение и отображение расчётных данных системы T-FLEX Анализ

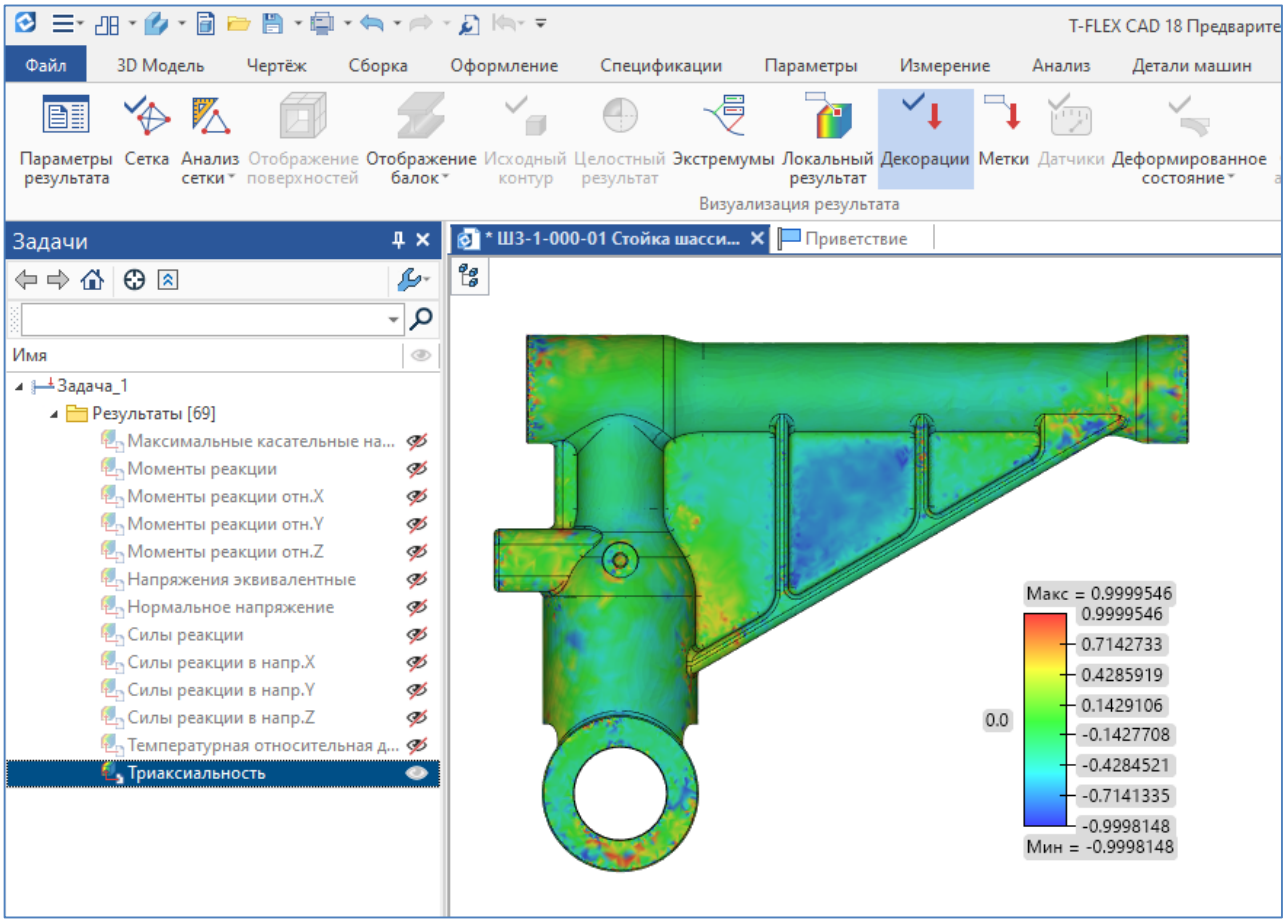
Переработан механизм внешнего хранения результатов расчёта **T-FLEX Анализ**. Теперь файл результатов по умолчанию создаётся «внешним» и имеет расширение TFEA (ранее расширение было

TFA). Также учтено, что при сохранении документа GRB системы T-FLEX CAD, содержащего результаты расчёта T-FLEX Анализ, файл TFEA автоматически будет сохранён в T-FLEX DOCs.



Пример сохранения в T-FLEX DOCs документа с расчётом

Доработка механизма внешнего хранения результатов расчёта TFEA в дополнение позволяет открывать и просматривать <u>только</u> результаты расчёта без исходных данных по задаче (аналогичным образом реализован импорт внешних результатов из сторонних систем формата VTK).

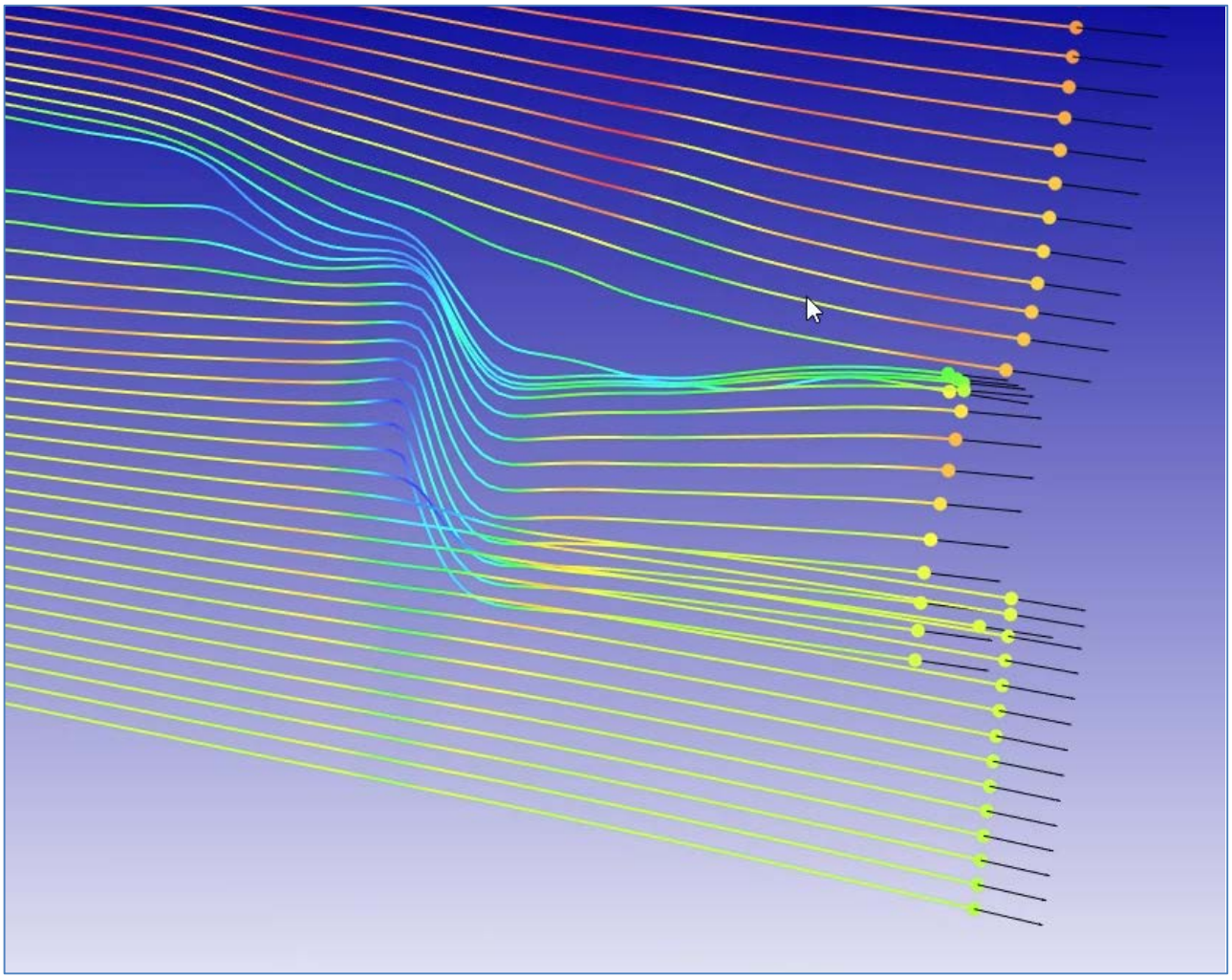


Пример открытия результатов расчёта из внешнего файла результатов TFEA

Интеграция с внешними CAE системами

Развитие API для интеграции с другими расчётными программами

По запросам ключевых заказчиков и партнёров компании «Топ Системы» производятся доработки функций в API для расширения возможностей расчётных комплексов, а также для обмена данными с внешними CAE системами.



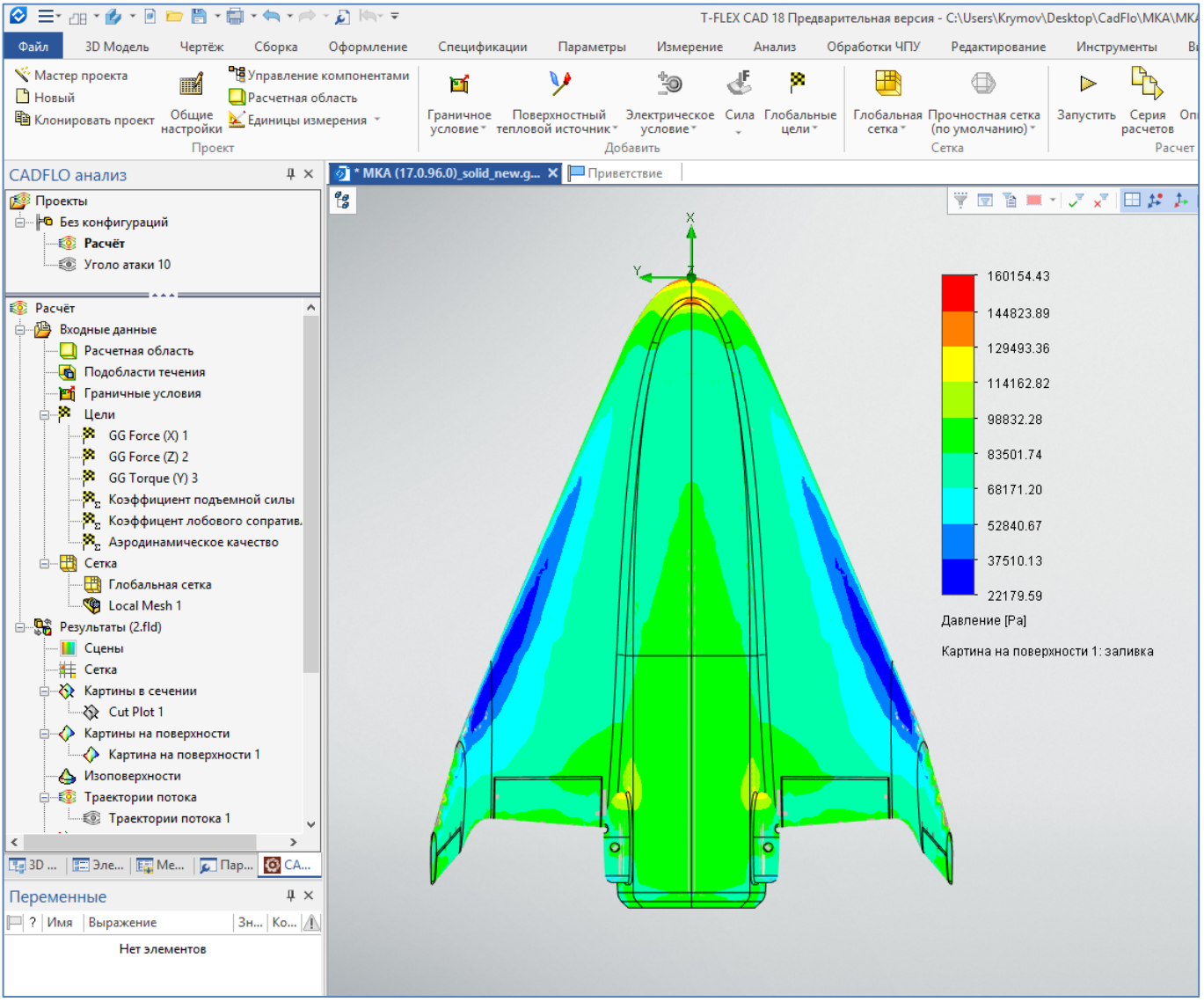
Пример реализации линий тока для отображения газодинамических процессов

Данная работа проводится на регулярной основе в соответствии с внутренним планом или в соответствии с запросами разработчиков внешнего ПО.

Реализованные интеграции с ПО внешних разработчиков

Интеграция с CADFlo

CADFlo – инженерное решение для проведения газодинамических и мультифизических расчётов. Решение CADFlo является модулем по отношению к системе T-FLEX CAD, т.е. встраивается в интерфейс T-FLEX CAD по аналогии с собственными разработками компании «Топ Системы».

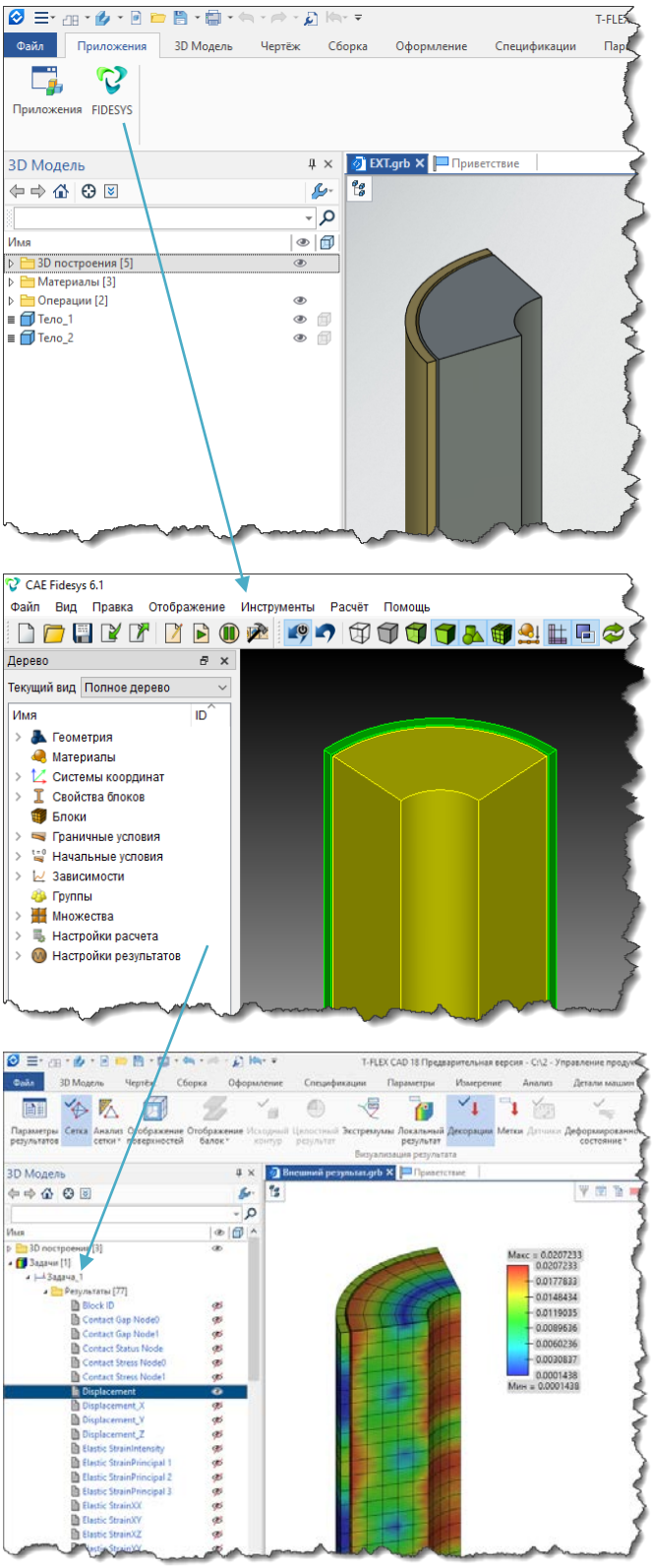


Бесшовная интеграция T-FLEX CAD и CADFlo

Интеграция с CAE FIDESYS

Интеграция T-FLEX CAD и CAE FIDESYS реализована следующим образом:

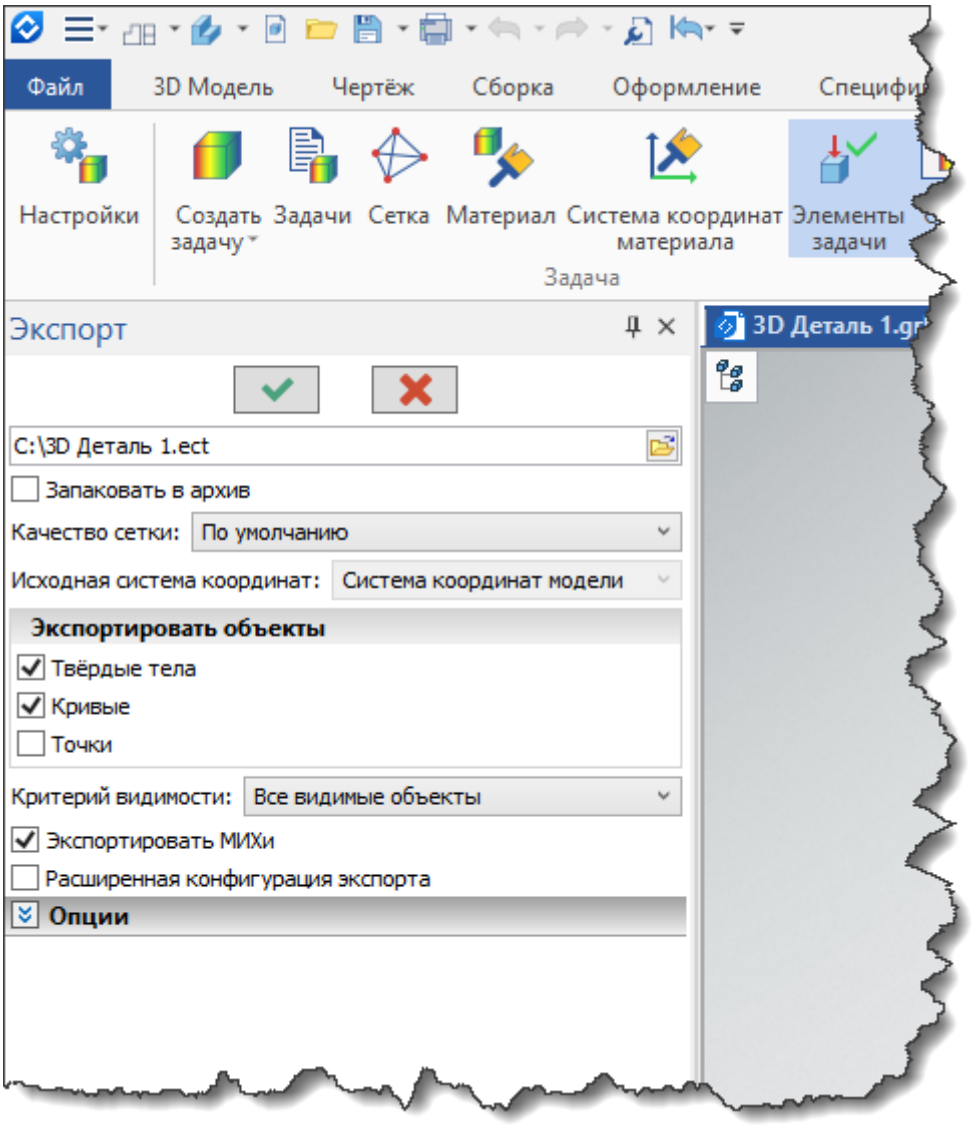
- Геометрическая модель создаётся в T-FLEX CAD;
- При помощи команды **Экспорт в FIDESYS** модель передаётся в CAE FIDESYS (при наличии установленной программы FIDESYS автоматически запустится и откроется модель);
- Произведя необходимые расчёты и сохранив их в формат VTK, результаты можно открыть в T-FLEX Анализ и проанализировать результат средствами постпроцессора T-FLEX.



Шаги интеграции T-FLEX CAD с внешним ПО CAE FIDESYS

Экспорт в EULER

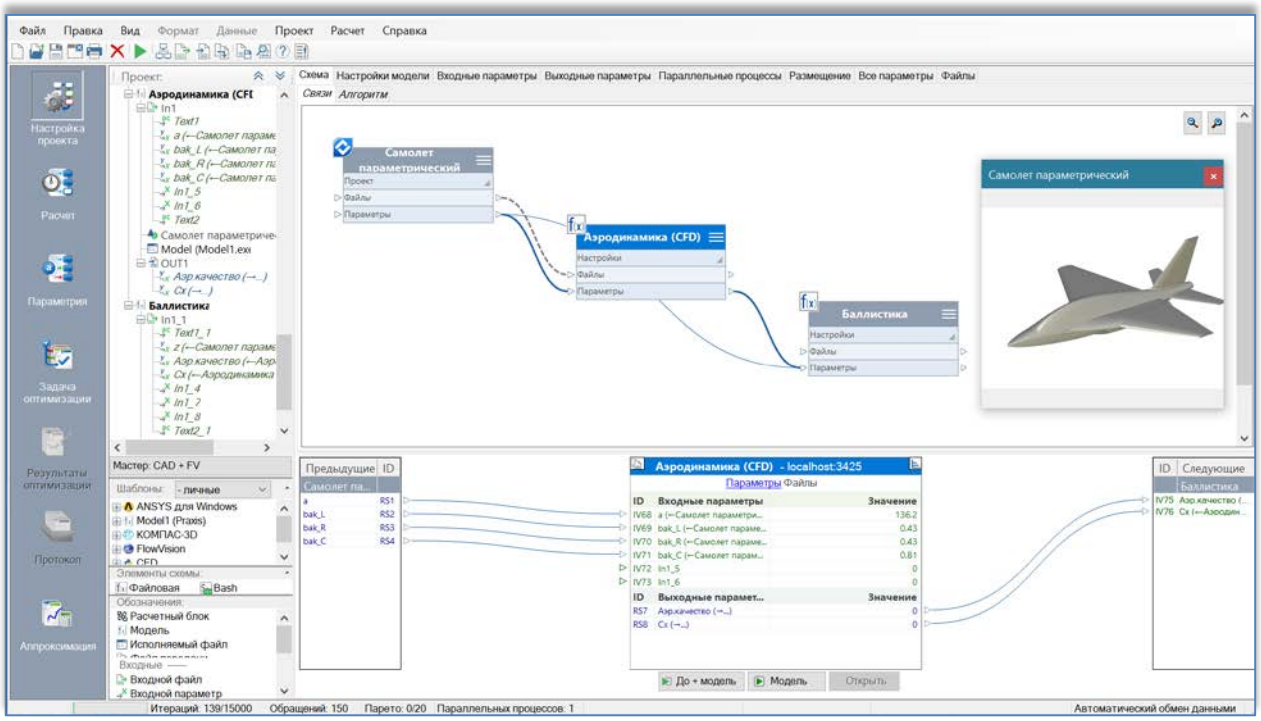
Интеграция T-FLEX CAD и ПО CAE EULER реализована на основе предварительной настройки параметров, записываемых в обменный файл. После формирования обменного файла производится запуск EULER для последующего расчёта на стороне внешнего ПО CAE.



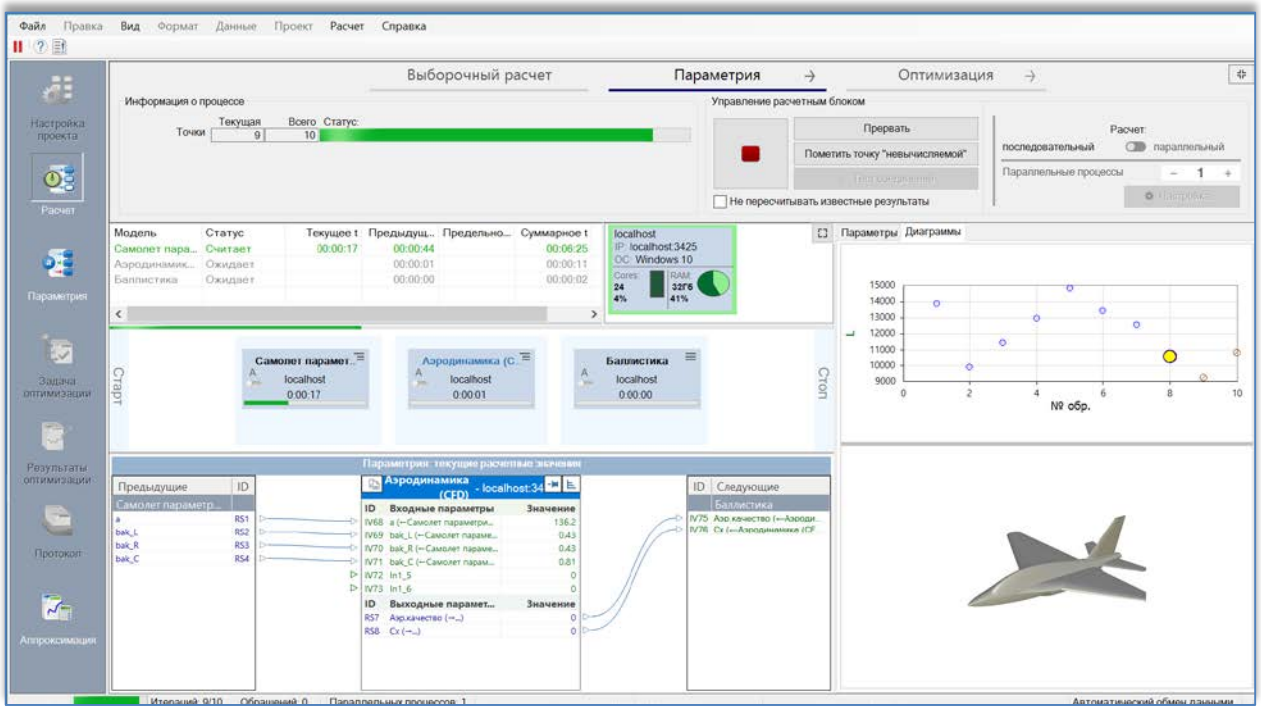
Настройка экспорта геометрии во внешнее ПО CAE EULER

Интеграция с IOSO

Реализована интеграция с внешней системой IOSO для решения задач оптимизации любой сложности. Задачи могут быть разные. Например, T-FLEX CAD обеспечивает параметрическое перестроение расчётной геометрии, а со стороны IOSO обеспечивается последующий обмен данными с различными расчётными системами в итерационном режиме.



Создание связанных проектов с различным CAE системами на основе модели T-FLEX CAD



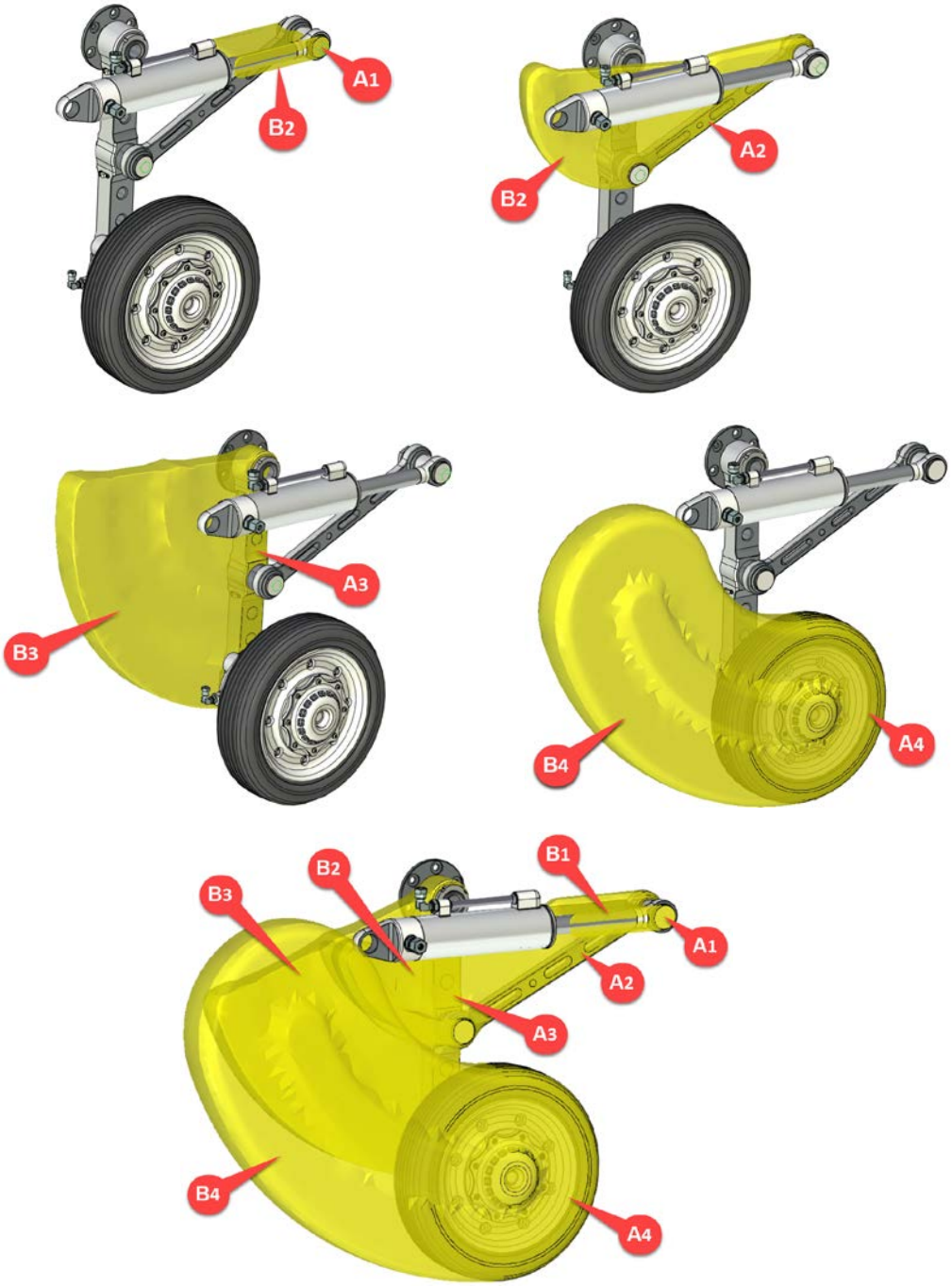
Проведение расчетов по различным сценариям
(единичный расчет, параметрические и оптимизационные исследования)

T-FLEX Динамика

Команды

Ометаемый объем

Операция позволяет создать объемный след от движения тела или набора тел. В качестве элементов, для которых будет генерироваться тело ометаемого объёма, могут быть выбраны элементы задачи динамического анализа, а также дополнительные тела и 3D фрагменты, которые будут объединены в одно результирующее тело.



Примеры построения ометаемого объема: Ai - исходный элемент, Bi - ометаемый объём

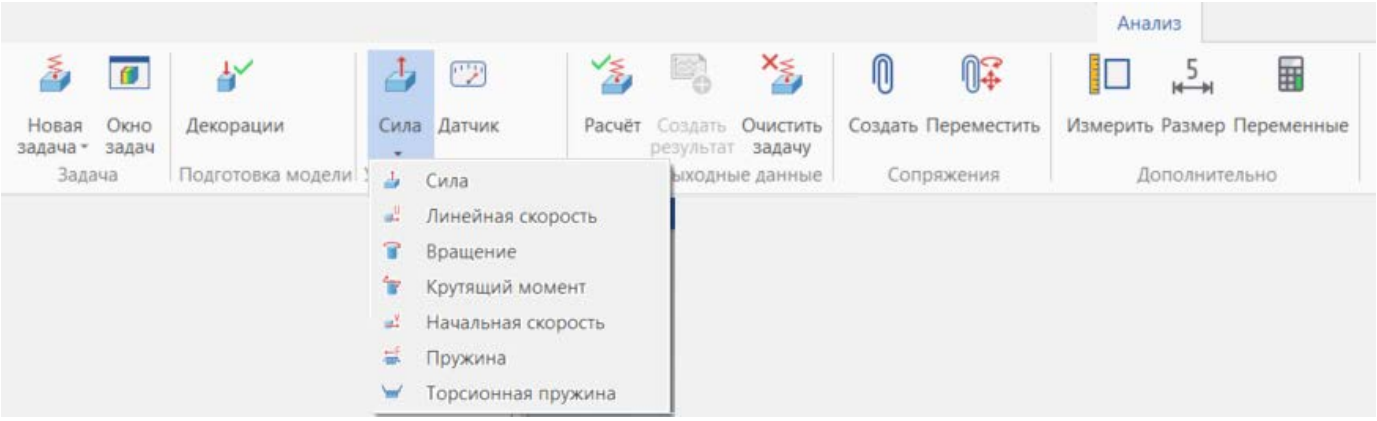
Возможно получение отдельных ометаемых объёмов для одной задачи. У созданного тела сохраняется ассоциативная связь с задачей динамического анализа.

Полученный объём можно использовать для обнаружения столкновений и формообразования элементов механизма.

Интерфейс

Лента

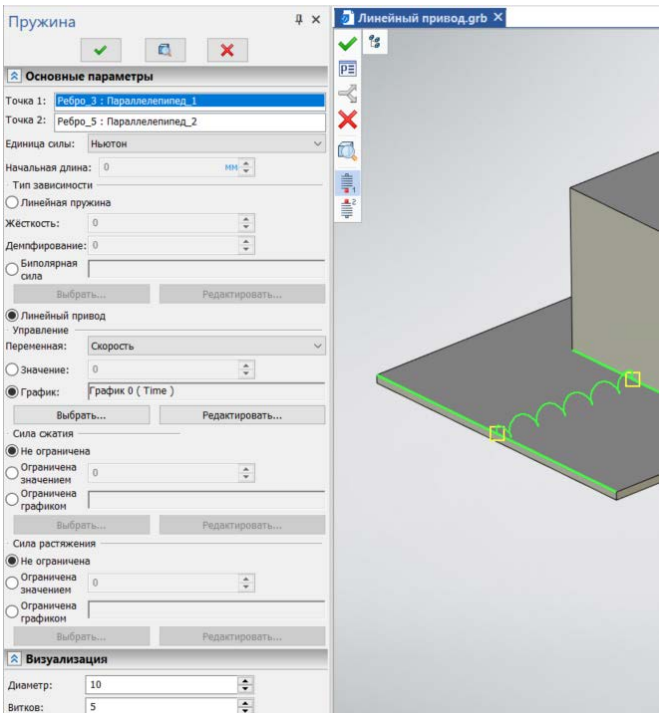
Проведена модернизация команд продукта **T-FLEX Динамика** с использованием современных элементов управления. Иконки команд стали векторными, т.е. одинаково хорошо смотрятся на любых разрешениях экрана.

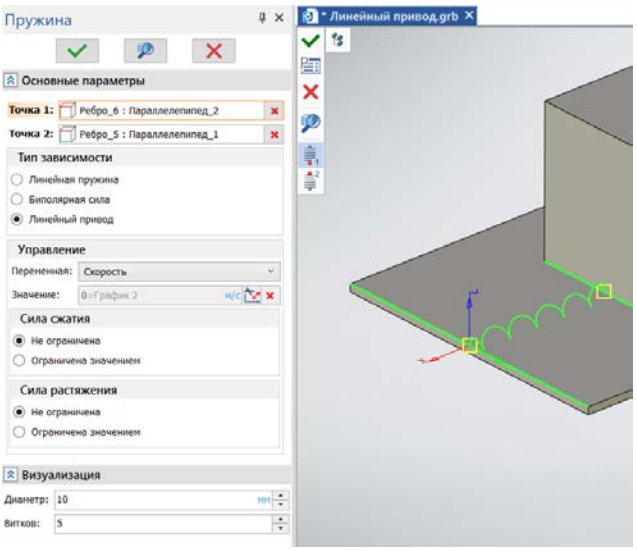


Обновлённая лента

Диалоги

С помощью новых элементов управления оптимизированы диалоги команд, они стали более компактными и удобными для управления командами.



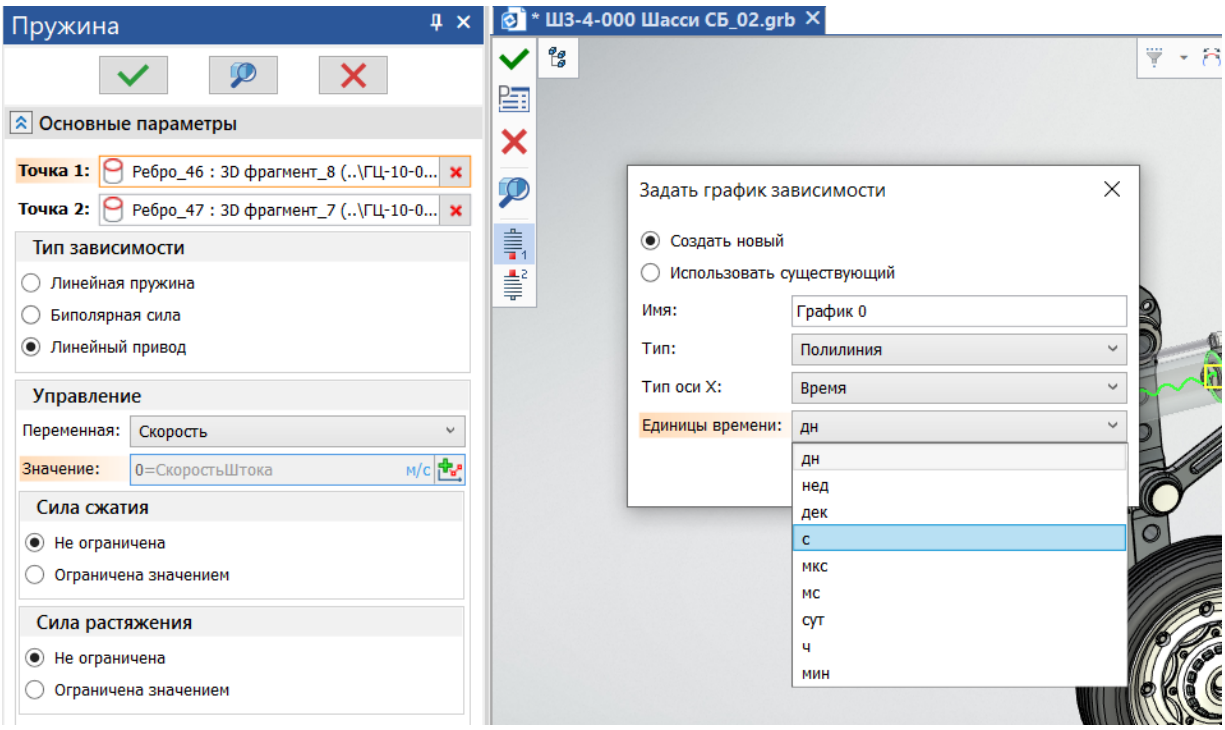


Версия 17 *Версия 18*

Оптимизированные диалоги

Графики

При создании графика для нагружения появилась возможность указать размерность величины оси X.

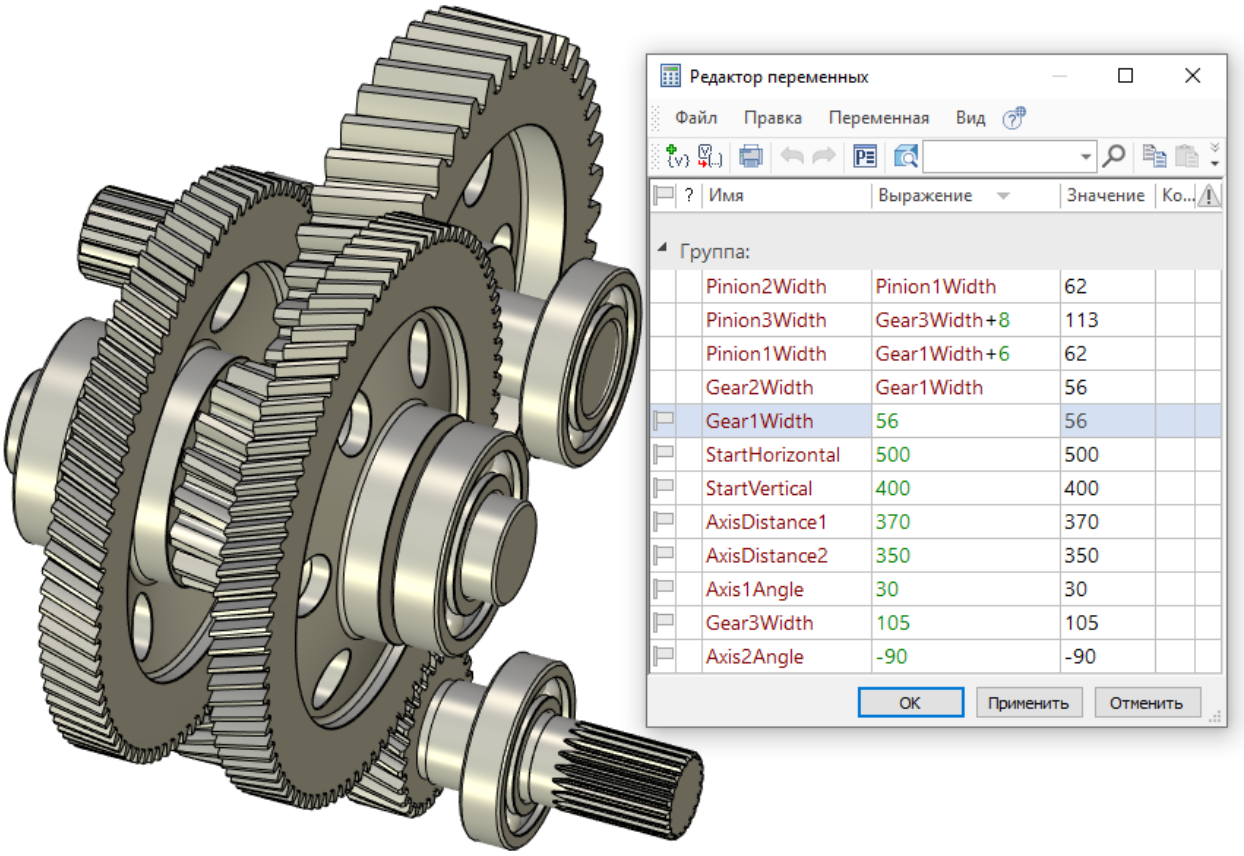


Размерность оси X

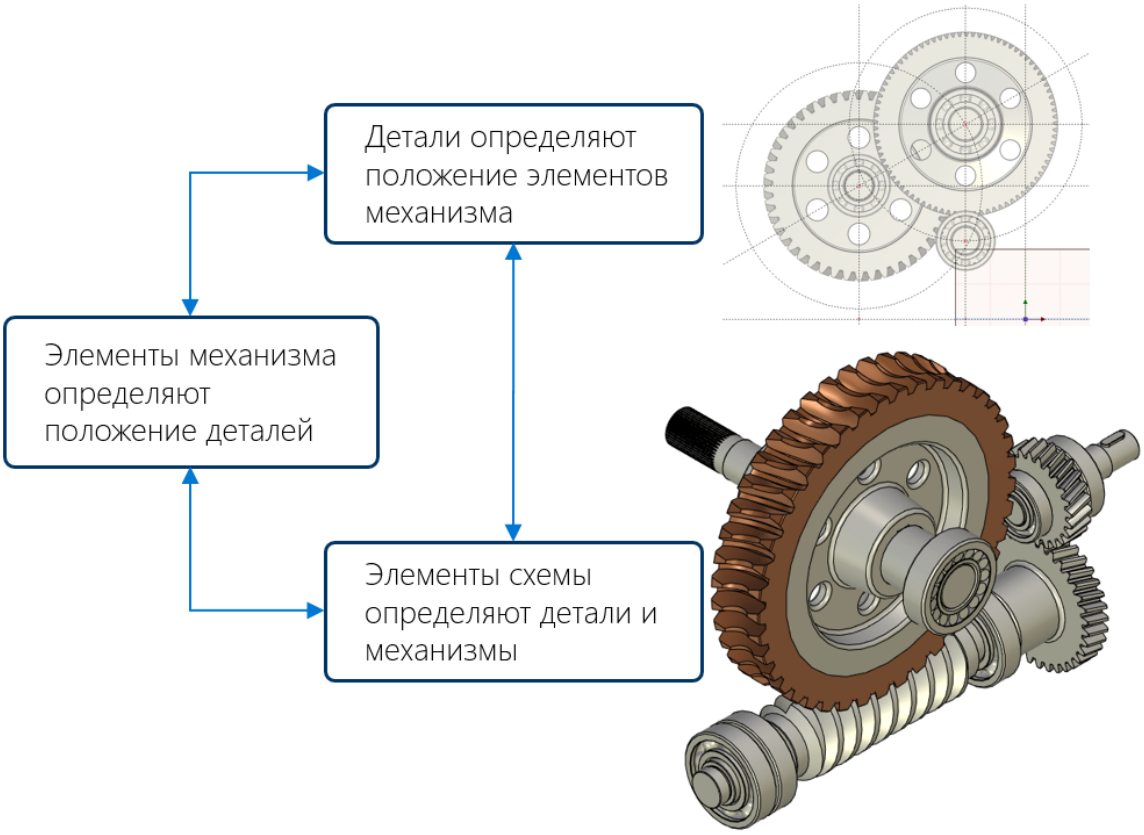
T-FLEX Детали машин

Приложение **T-FLEX Детали машин 18** входит в состав комплекса **T-FLEX PLM** и является развитием приложения **T-FLEX Зубчатые передачи 17**. Все модели, созданные в **T-FLEX Зубчатые передачи 17** будут работать в **T-FLEX Детали машин 18**.

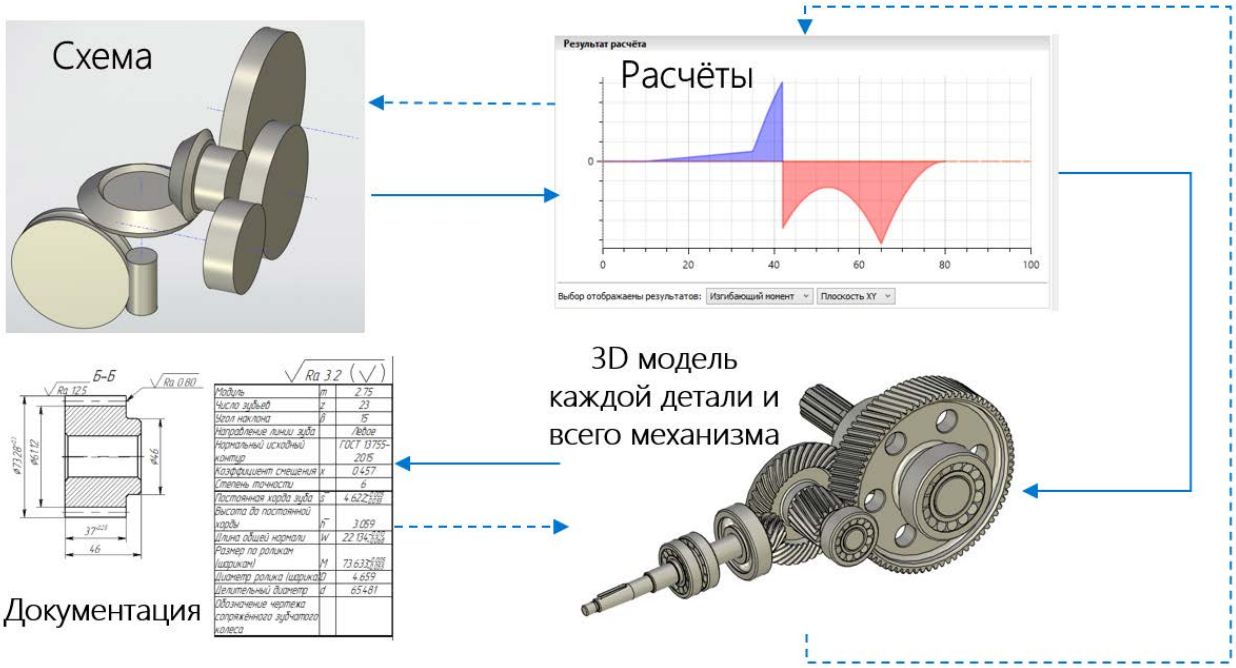
Приложение **T-FLEX Детали машин** предназначено для проектирования, анализа и расчёта узлов и механизмов таких как редукторы, коробки передач, подъёмные механизмы, основанных на зубчатых зацеплениях, шпоночных и шлицевых соединений с валами, а, в перспективе, ремённых и цепных передачах, прессовых посадок, а также других видов соединений и передач.



Приложение может использоваться как в общем машиностроении, так и в высокотехнологичных отраслях: авиастроении, двигателестроении, судостроении, космической отрасли, приборостроении и др.



T-FLEX Детали машин позволяет проектировать узлы и механизмы как по сценарию «от схемы мезенхима к деталям», так и по сценарию «от деталей до механизма», а также по гибридным сценариям.



Путь проектирования может быть представлен также как шаги от схемы механизма через расчёты и анализ к 3D модели и документации на каждую деталь.

В **T-FLEX Зубчатые передачи 17** была реализована следующая функциональность:

- 3D модели зацеплений (цилиндрические, конические, червячные)
- 3D модели последовательностей зацеплений (механизмы)
- Прочностные расчёты зацеплений
- Команды оформления документации и создания отчётов

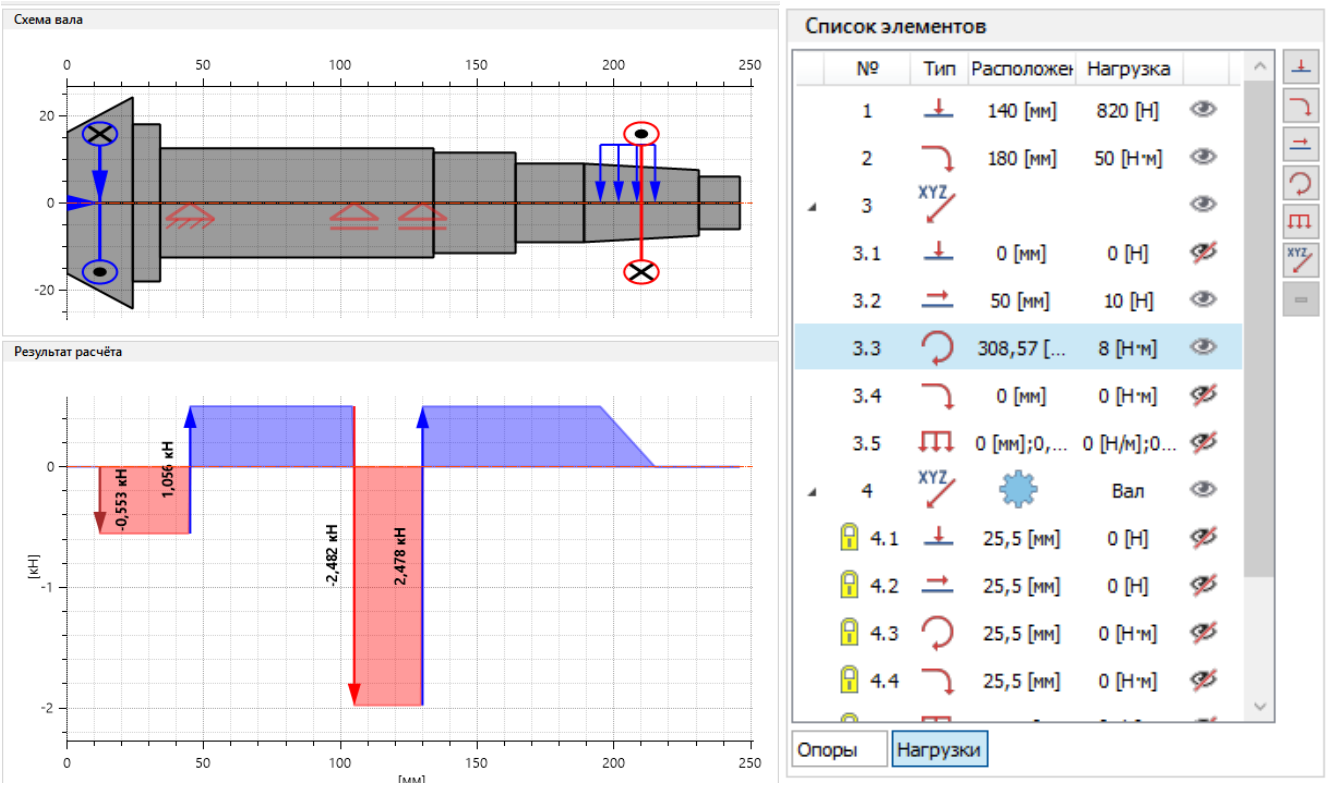
Для реализации вышеуказанных возможностей проектирования механизмов в **T-FLEX Детали машин 18** были разработаны команды:

- **Вал**
- **Колесо**
- **Шлицевое соединение**
- **Шпоночное соединение**

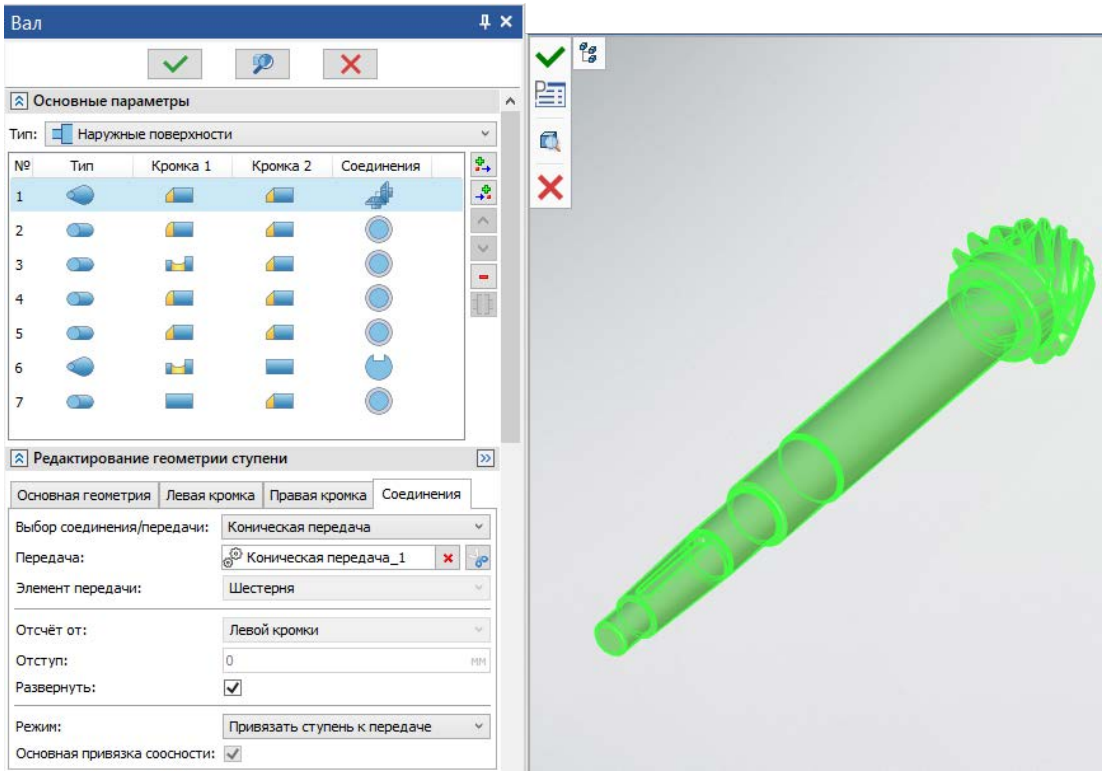
а также возможность вложенного вызова команд **T-FLEX Детали машин** и система привязок элементов механизма друг к другу.

Вал

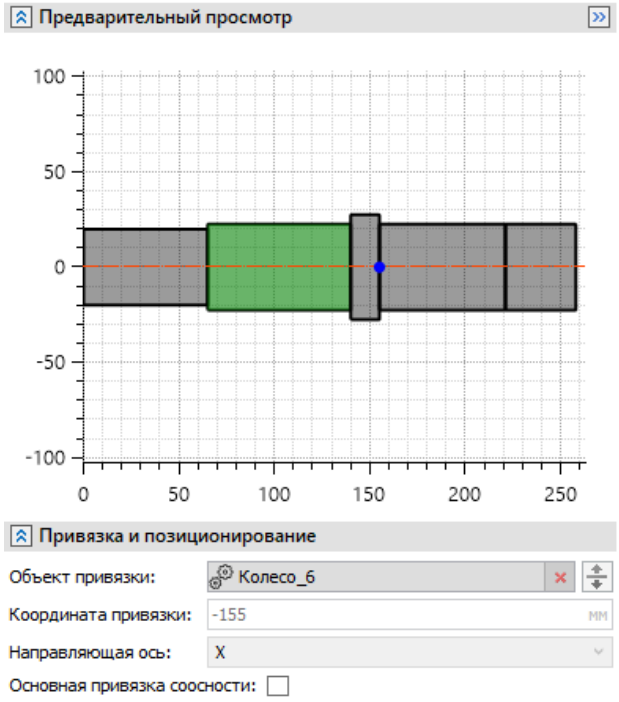
Команда **Вал** позволяет проектировать многоступенчатые валы с элементами зубчатых передач, шлицев и шпоночных пазов. В диалоговом окне команды, реализована возможность создания/редактирования ступеней вала, доработки кромок на этих ступенях, а также добавление элементов из других команд. Например, добавление шлицев из команды **Шлицевое соединение**, или создание вала-шестерни при использовании одной из команд зубчатых передач. Также доступен прочностной расчёт вала со специальным диалогом создания опор и нагрузок



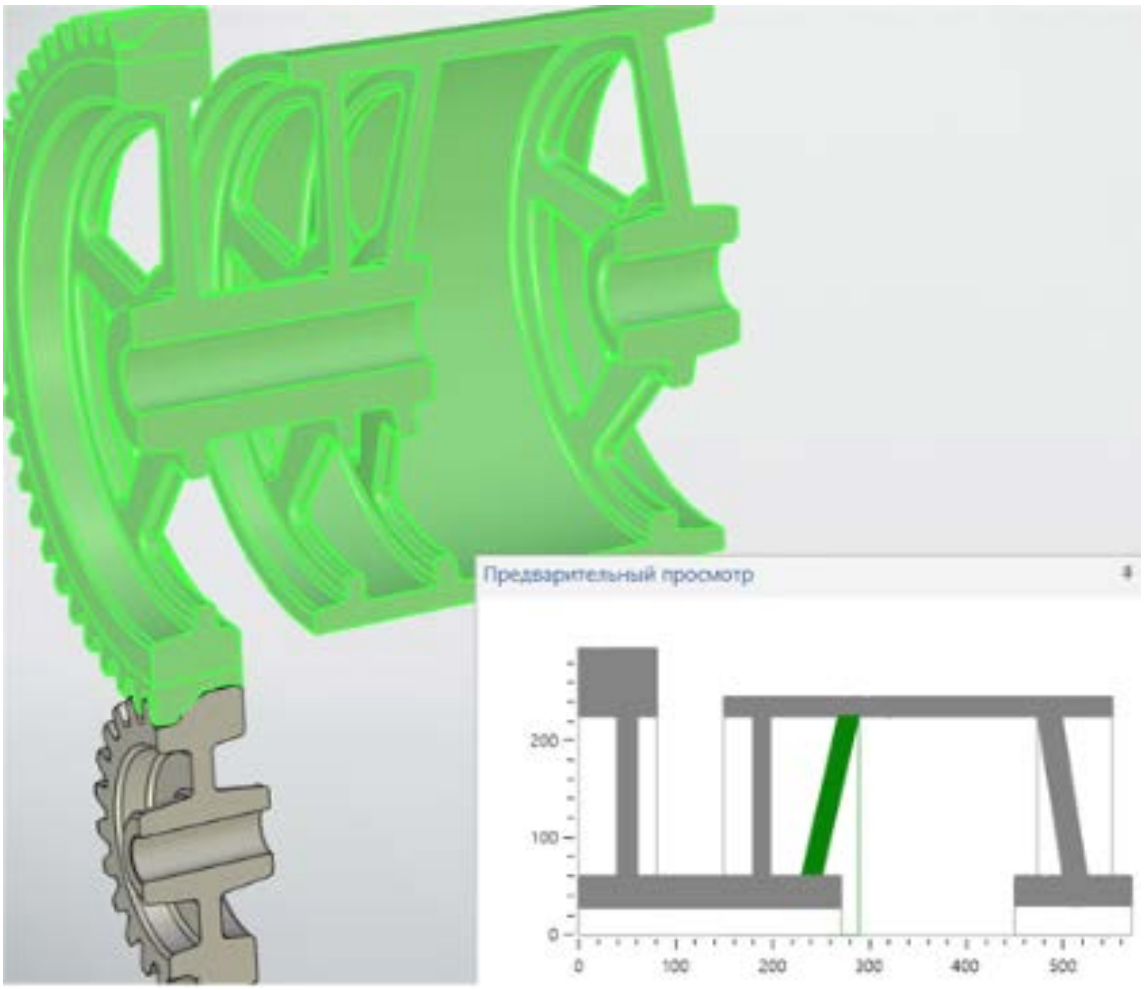
Каждый элемент на вале доступен для редактирования и создания как из самого вала (вложенный режим создания), так и из команды элемента.



Каждую ступень вала мы можем привязать как к объекту **Деталей машин**, так и как объекту **T-FLEX CAD**. Что даёт возможность проектировать вал в пространстве 3D сцены «по месту» - т.е. так, чтобы он сразу корректно соответствовал устройству механизма.

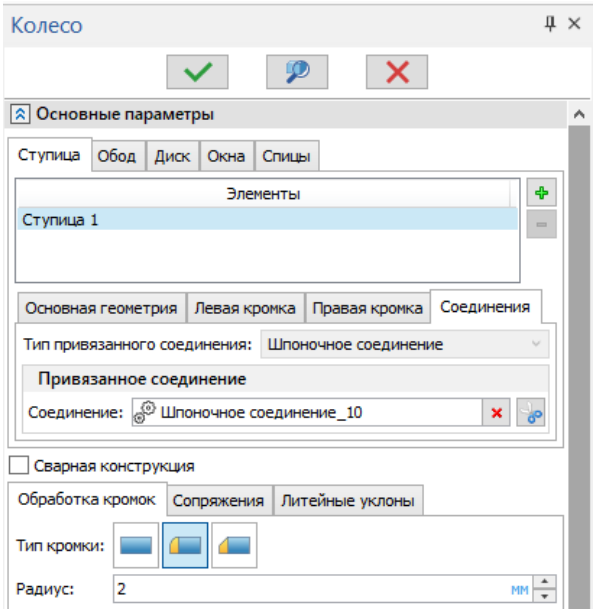


Колесо

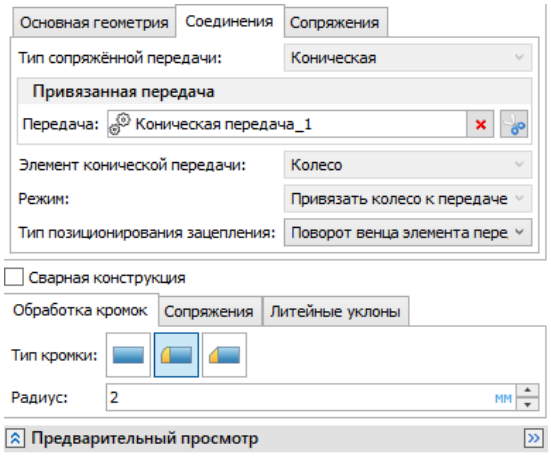


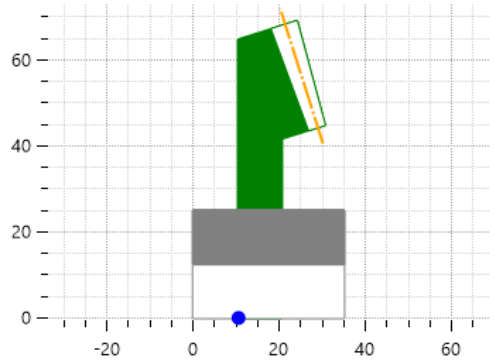
Команда **Колесо** позволяет проектировать колёса различных конфигураций, блоки шестерён, маховики и барабаны – с элементами зубчатых венцов шпоночных и шлицевых пазов. В диалоговом окне команды, реализована возможность собирать многокомпонентные колёса из следующих типовых частей: ступица, обод, диск, окна, спицы.

Каждый элемент на колесе, такой как зубчатый венец, шпоночный или шлицевой паз – доступен для редактирования и создания как из колеса (вложенный режим создания), так и из команды элемента.



Ступицу и обод можно привязать как к объекту **Деталей машин**, так и как объекту **T-FLEX CAD**. Что, как и в случае с валом, даёт возможность спроектировать колесо, соответствующее габаритам и целям механизма.





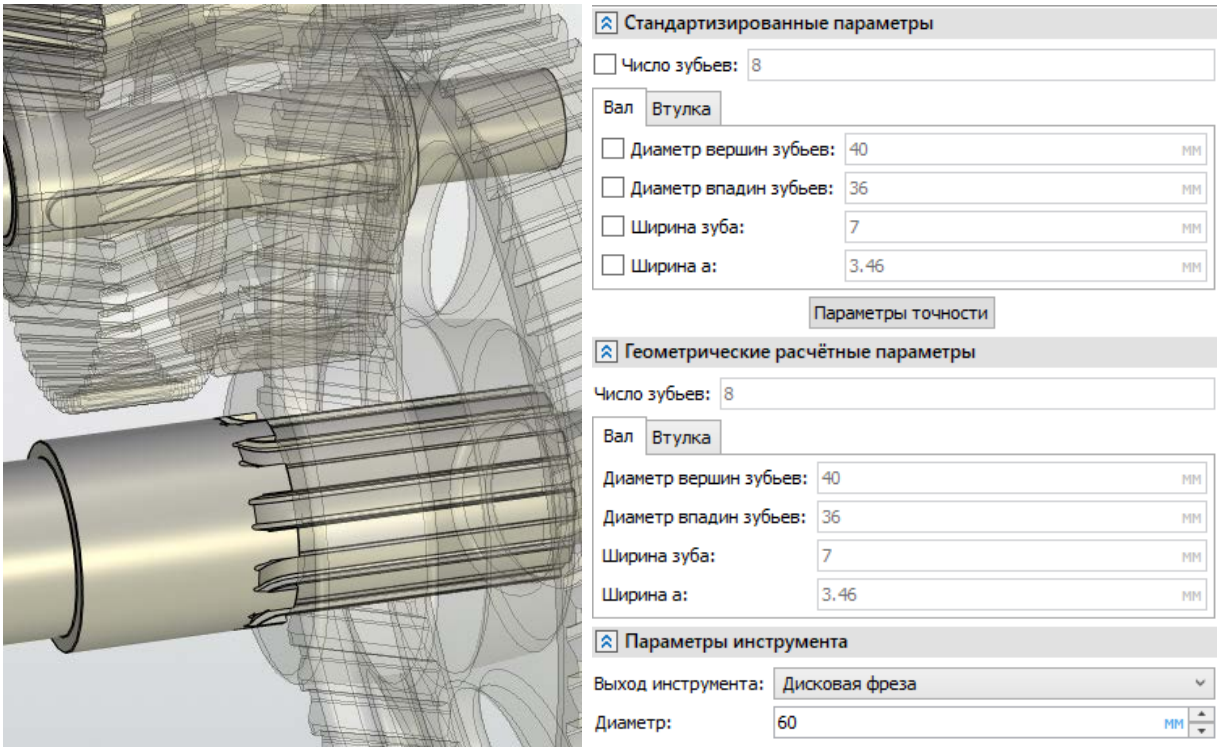
Шлицевое соединение

Команда **Шлицевое соединение** позволяет создать геометрию соединения следующих профилей:

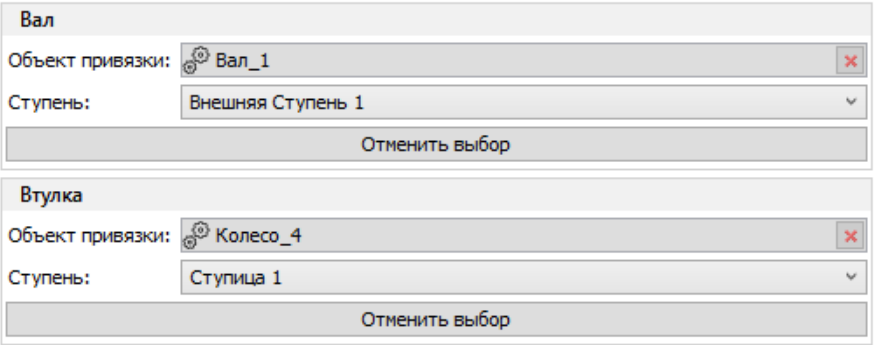
- Прямобочные (ГОСТ 1139, ISO 14, DIN 5464, DIN 5471, DIN 5472);
- Эвольвентные (ГОСТ 6033, ОСТ 1.00086, DIN 5480, ISO 4156);
- Треугольные (ОСТ 1.00092, DIN 5481).

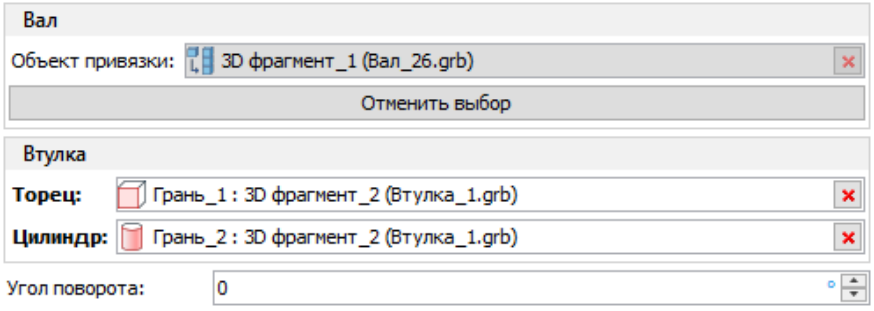
Для **Шлицевых соединений** предусмотрены расчеты прочности по методикам: ГОСТ21425, Анурьев, Niemann.

Все геометрические исходные параметры, параметры прочности и отклонений – выводятся в специальные области диалога и в итоговый отчёт.

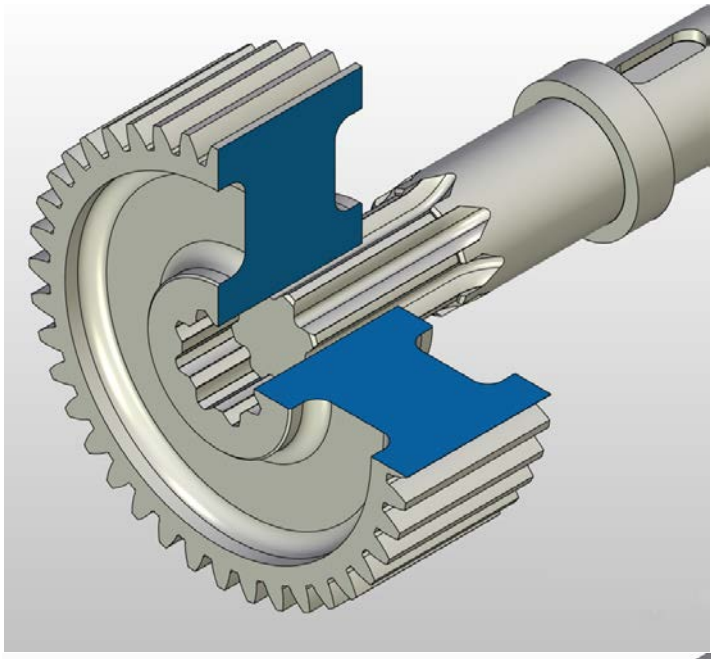


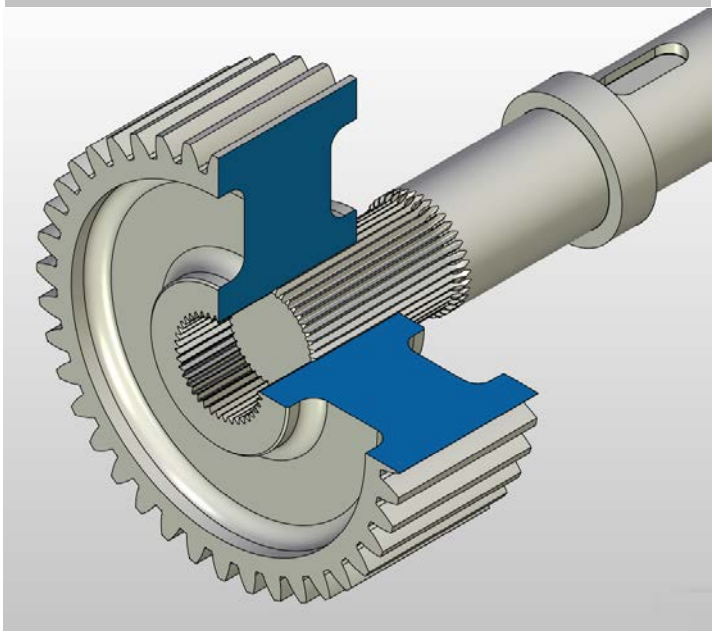
Команда **Шлицевое соединение** является модифицирующей, то есть она не создает геометрию, а изменяет ранее созданную формируя на ней шлицевые пазы. **Шлицевое соединение** состоит из двух деталей: **Вал** и **Втулка**. Модифицированы могут быть два объекта или один, в зависимости от выбора пользователя. Модифицированными объектами могут быть как объекты **Деталей машин** – вал или колесо, так и любой объект **T-FLEX CAD**.





Полученные шлицевые пазы могут быть отредактированы как по параметрам, так и по типу.

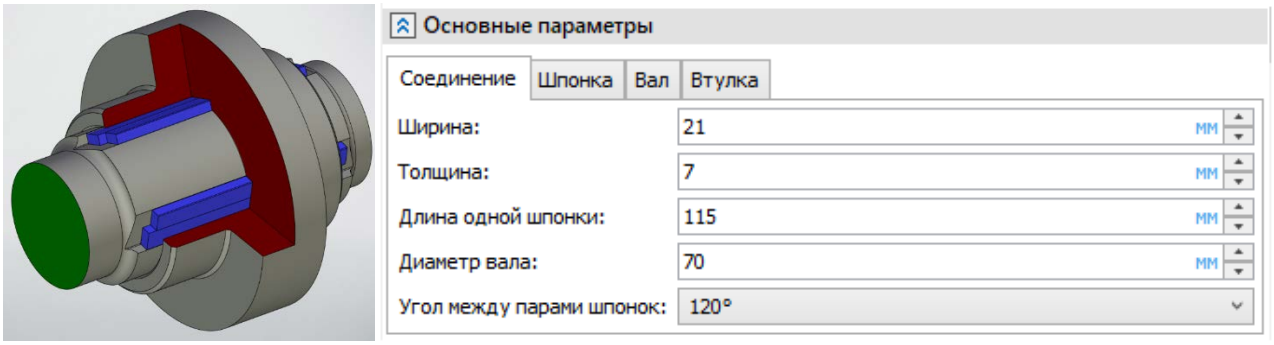


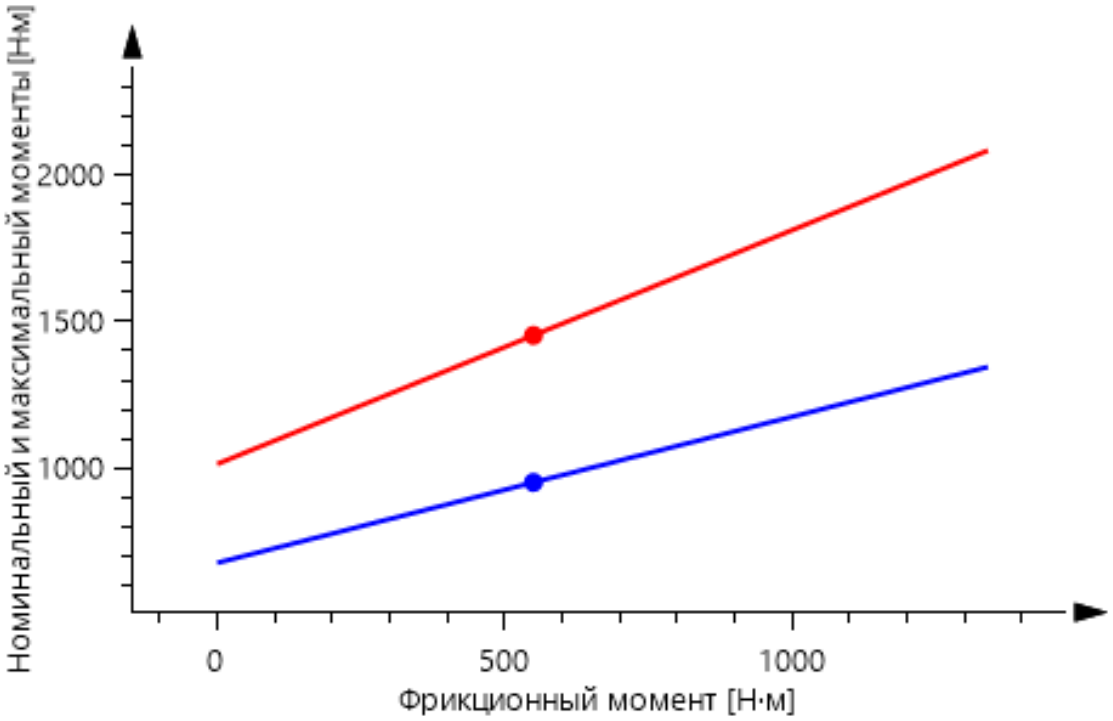


Шпоночное соединение

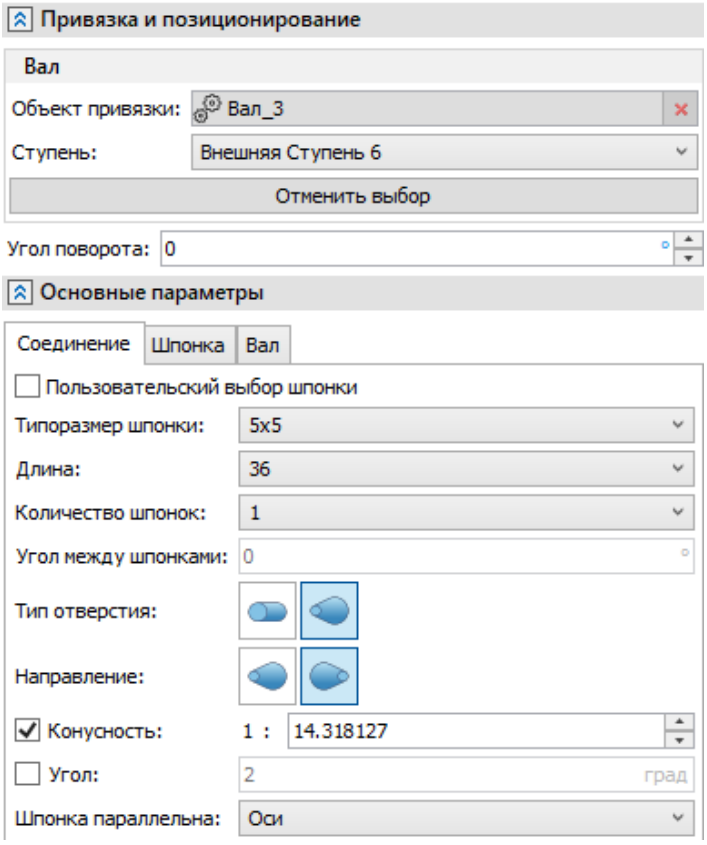
Команда **Шпоночное соединение** позволяет создать геометрию соединения со следующими типами:

- Призматическая (ГОСТ 23360, ГОСТ 10748, ГОСТ 29175, ГОСТ 8790, ISO/R 773, ISO 2491, DIN 6885-1,2,3);
- Сегментная (ГОСТ 24071, ISO 3912, DIN 6888);
- Клиновая (ГОСТ 24068, ГОСТ Р 50536, ISO/R 774, ISO 2492, DIN 6881, DIN 6883, DIN 6884, DIN 6886, DIN 6887, DIN 6889);
- Тангенциальная (ГОСТ 24069, ГОСТ 24070, ISO 3117, DIN 268, DIN 271);
- Цилиндрическая (ГОСТ 3128, ГОСТ 12207).
- Все геометрические исходные параметры, параметры прочности и отклонений – выводятся в специальные области диалога и в итоговый отчёт.

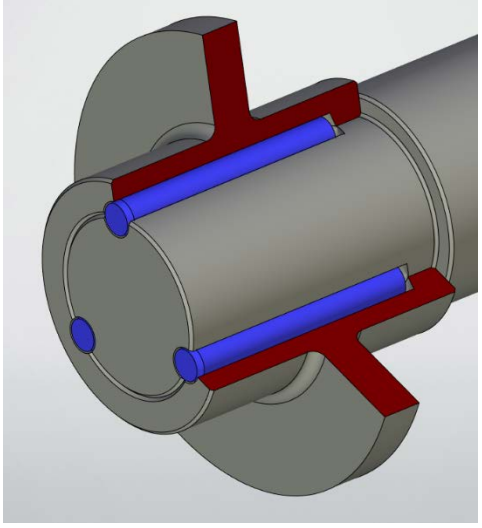


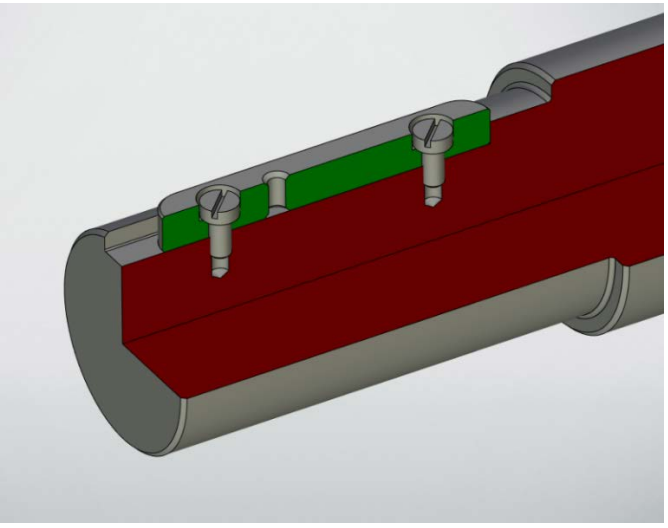


Команда **Шпоночное соединение** является как модифицирующей, так и генерирующей. Она изменяет ранее созданную геометрию, формируя на ней шпоночные пазы, и генерирует деталь шпонки (или нескольких шпонок). **Шпоночное соединение** состоит из двух модифицируемых деталей: **Вал** и **Втулка**, и самой шпонки. Модифицированы могут быть два объекта, один, или можно создать только шпонку, в зависимости от выбора пользователя. Модифицированными объектами могут быть как объекты **Деталей машин** – вал или колесо, так и любой объект **T-FLEX CAD**. Модифицированы могут быть цилиндрические и конусные поверхности выбранных объектов.



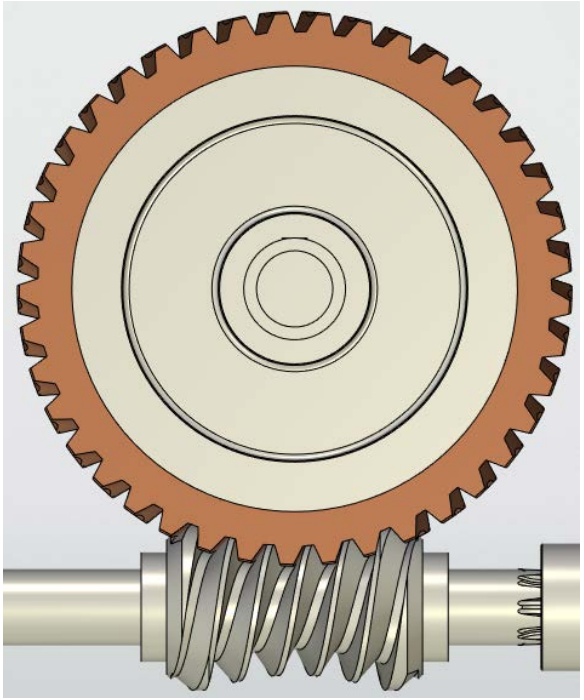
Полученные шпоночные пазы и шпонка могут быть отредактированы как по параметрам, так и по типу, и по количеству.



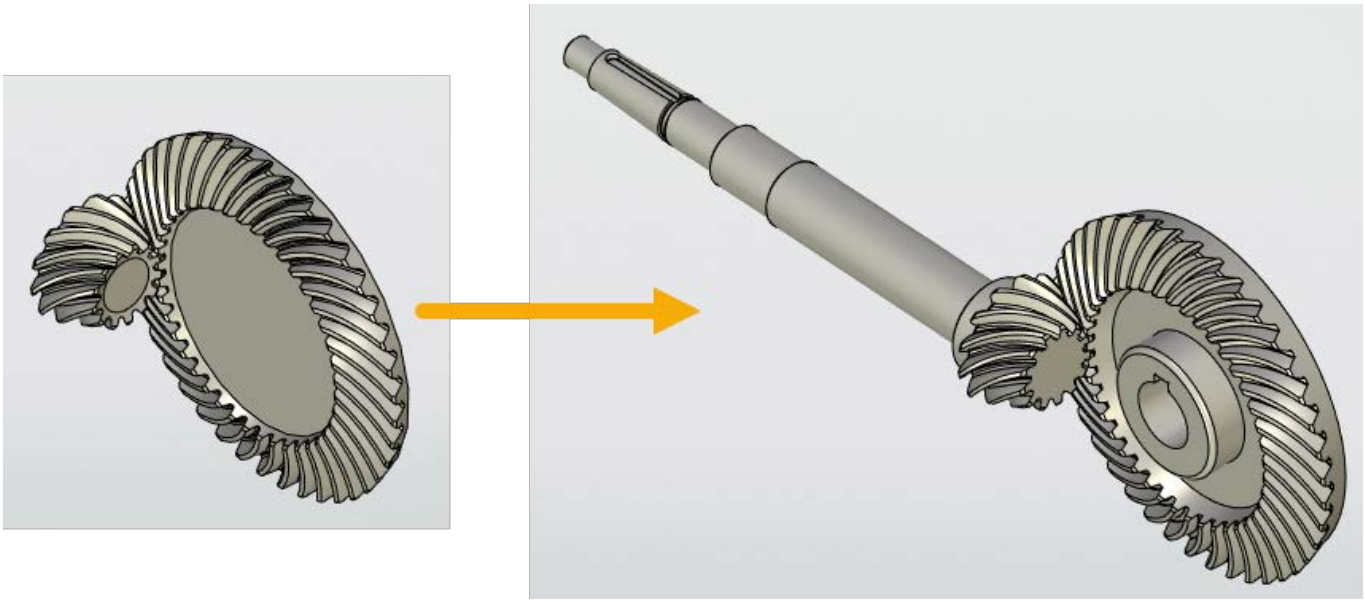


Зубчатые передачи

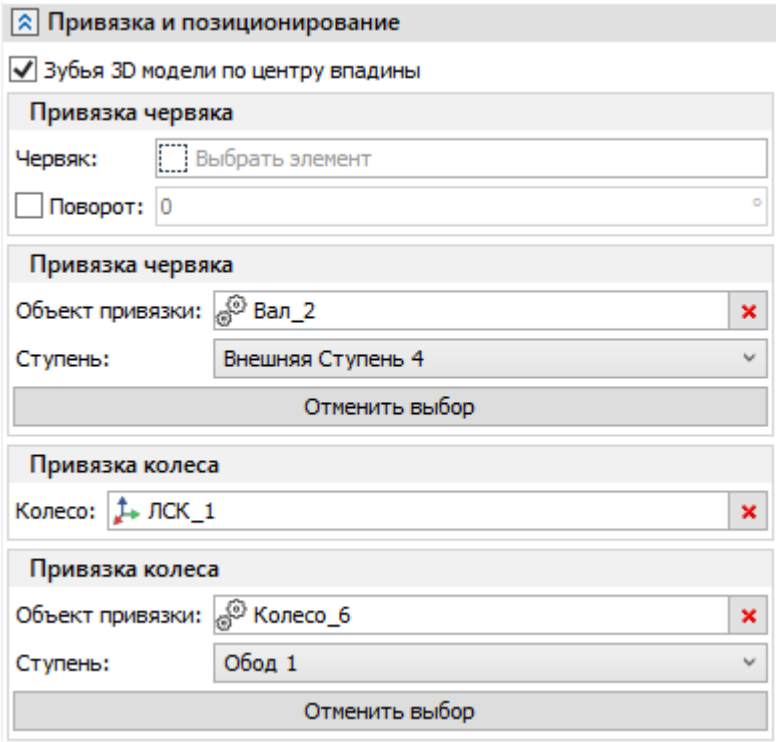
Появилась возможность строить реечную цилиндрическую и глобоидную червячную передачи. В конической передаче появилась опция выбора способа расчёта профиля зубьев: по аппроксимации Трегольда или сферическая эвольвента.



Любое зубчатое зацепление, цилиндрическое, коническое или червячное, построенное **T-FLEX Детали машин 18** может быть «преобразовано» в **Колесо** или **Вал**. Это означает, что модель зубчатого венца теперь может модифицировать детали колеса или вала формируя на них зубчатый венец.



При этом можно как переместить зубчатую передачу на **Колесо** или **Вал** – т.е. реализовать проектирование «от детали», так и привязать **Вал** и **Колесо** к передаче – реализовать проектирование «от схемы».



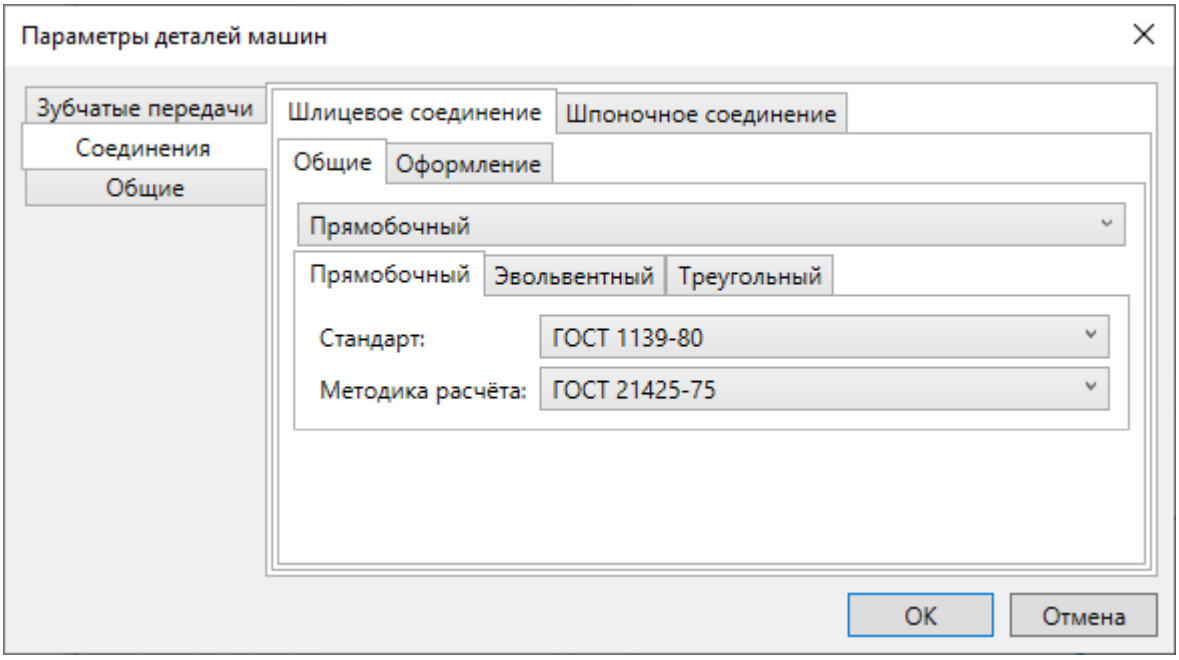
Оформление чертежей

Появилась возможность создавать таблицы параметров для многовенцовых колёс и валов, а также колёс и валов на которых есть шлицевые пазы.

Зубчатый венец		А	Б
Модуль	m	1	4
Число зубьев	z	30	15
Угол наклона	β	15	5
Направление линии зуба		Правое	Правое
Нормальный исходный контур		ГОСТ 13755-2015	ГОСТ 13755-2015
Коэффициент смещения	x	0	0
Степень точности		6	6
Длина общей нормали	W	$10.796_{-0.055}$	$18.562^{+0.003}_{-0.057}$
Делительный диаметр	d	31.058	60.229
Обозначение чертежа сопряжённого зубчатого колеса			

Настройка приложения

Окно настроек теперь содержит настройки для шлицев и шпонок, а также точность вывода информационных значений в диалог.



Учебное пособие

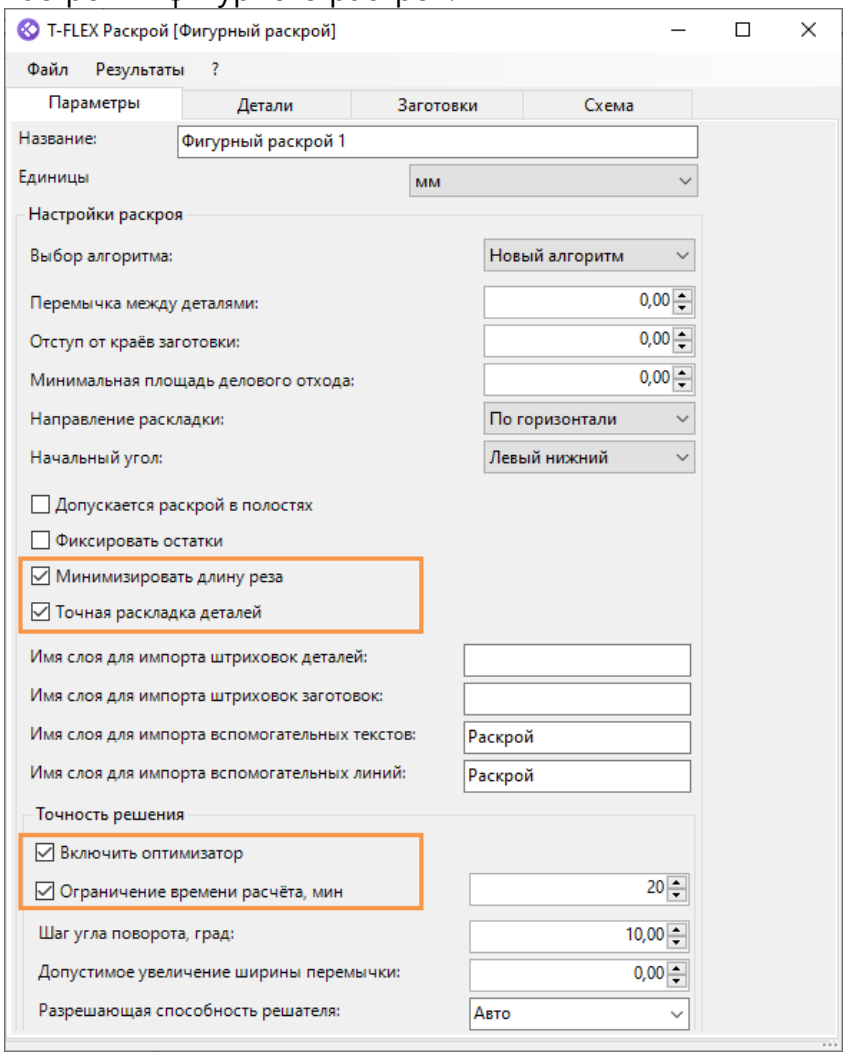
Добавлены уроки по командам Вал и Колесо.

T-FLEX Раскрой

В новой версии модуля **T-FLEX Раскрой** расширен набор параметров раскроя. Это сделало модуль более гибким и удобным для решения задач в области раскроя листового материала.

Настройки раскроя

Добавлены новые настройки фигурного раскроя:



Минимизировать длину реза

Уменьшает путь, который должен пройти резак за счет увеличения количества общих участков траекторий реза деталей.

Точная раскладка деталей

Уменьшает расстояние между деталями раскроя, пренебрегая настройкой Разрешающая способность решателя.

Включить оптимизатор

Разрешает алгоритму раскроя самостоятельно изменять настройки (например, Шаг угла поворота), чтобы увеличить КИМ.

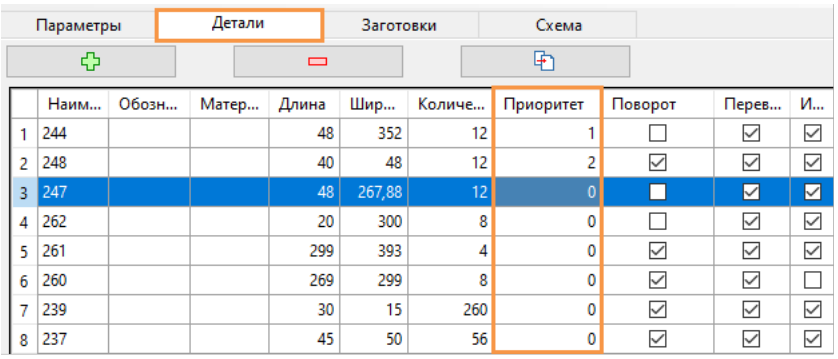
Ограничение времени расчёта

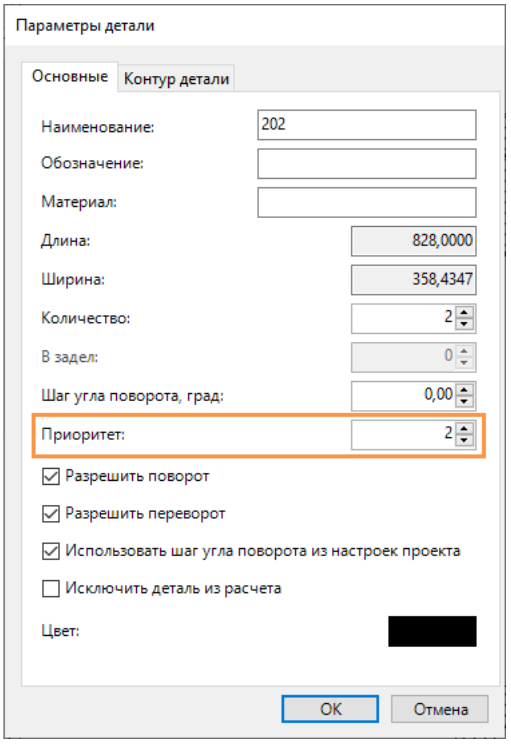
Работа оптимизатора может значительно увеличить время получения результата. Настройка ограничивает время работы оптимизатора.

Детали и заготовки

Добавлена возможность установки приоритета размещения деталей на заготовке.

Параметр доступен на вкладке Детали и в окне Параметры детали.



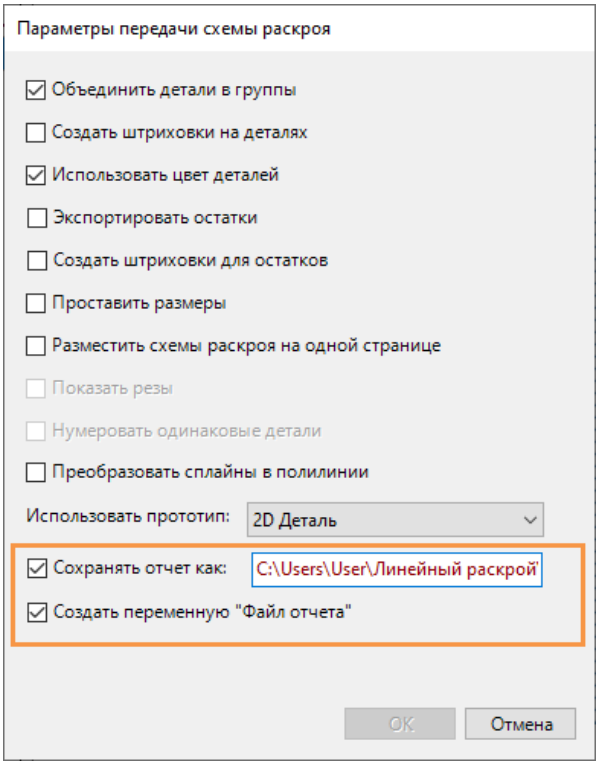


Приоритет задается целым числом; чем выше число, тем выше приоритет. При равном приоритете деталей предпочтение отдается большей по площади.

Результаты раскроя

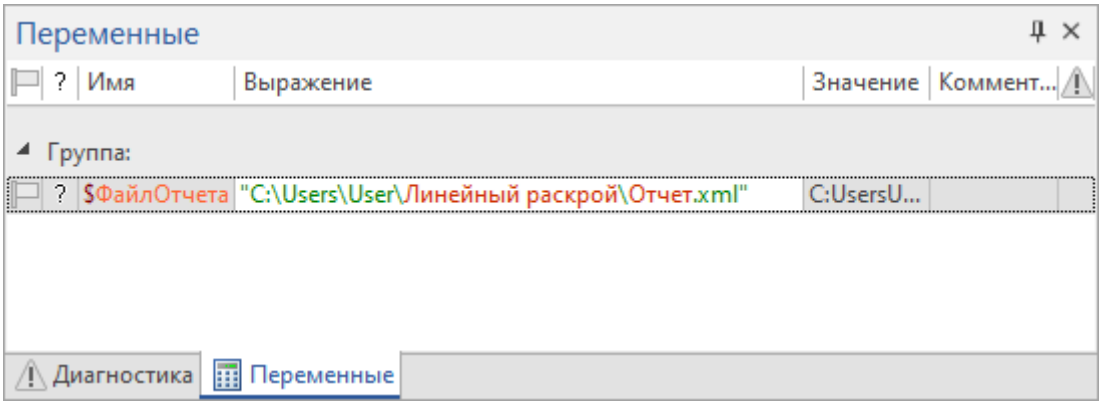
Добавлена возможность создавать отчет в формате XML-файла с данными о раскрое.

В окно экспорта добавлены два параметра:



Сохранять отчет как

Содержит путь к XML-файлу отчета.

Создать переменную файл отчета

При создании схемы раскроя добавляет в нее текстовую переменную **$ФайлОтчета** со значением равным пути к XML-файлу.