

Михаил Устинов

В предыдущих номерах журнала мы уже начали рассказ о новой десятой версии популярной российской системы трёхмерного моделирования и параметрического проектирования T-FLEX CAD фирмы «Топ Системы» (www.topsystems.ru). В этой статье мы более подробно остановимся на наиболее интересных новинках затронувших параметрические возможности системы.

Параметризация – основа проектирования.

В современных условиях всё чаще при выборе САПР пользователи обращают внимание на возможности, предоставляемые системой в области параметризации. Всё больше руководителей предприятий перестают понимать под автоматизацией лишь перенос процесса черчения с кульмана на компьютер. Требования, предъявляемые к современным системам автоматизированного проектирования, не ограничиваются лишь удобством создания графических примитивов и оформления чертежей по ГОСТ. Всё больше внимания уделяется возможностям систем в области построения ассоциативных моделей и сборок. Оценивается возможность и простота создания собственных параметрических библиотек, позволяющих, аккумулировать уже накопленный опыт и в полной мере использовать имеющиеся на предприятии наработки. Сегодня проектирование на основе уже имеющихся заготовок (проектирование на основе баз знаний) позволяет значительно сократить время и количество ошибок при выполнении проекта, что зачастую играет решающую роль в условиях жёсткой конкуренции.

Компания «Топ Системы» с 1992 года предлагает своим пользователям программный комплекс T-FLEX, содержащий мощную систему параметрического проектирования T-FLEX CAD. В основе

параметрического ядра системы лежат современные, во многом уникальные разработки, позволяющие создавать ассоциативные чертежи, модели и сборки, содержащие десятки тысяч полностью параметрических объектов.

Основой любой параметрической модели – ограничения и взаимосвязи, накладываемые на её элементы, а также возможность и удобство задания параметров (переменных) модели. Посмотрим, как реализованы оба этих подхода в системе T-FLEX CAD более подробно.

Геометрическая параметризация.

Параметрическая модель T-FLEX состоит из двух частей – элементов построения и элементов изображения. Первые, собственно задают параметрические связи и аналогичны тонким карандашным линиям, которые затем обводятся тушью (линиями изображения). Ко вторым же относятся сами линии изображения T-FLEX, а также элементы оформления – размеры, надписи, шероховатости, штриховки и т.д. При задании ограничений и взаимосвязей конструктор использует богатый набор линий построения, предоставляемых системой. Причём, наряду с самыми простыми взаимосвязями (параллельные прямые, концентрические окружности) система позволяет создавать весьма сложные параметрические объекты, такие как эквидистанты к сплайнам, полилинии или линии заданные с помощью явных формул, использующих различные математические функции. Элементы построения могут зависеть от других элементов построения. Так, например, прямая, перпендикулярная другой прямой и проходящая через узел зависит от исходных прямой и узла. Элементы построения могут также содержать параметры (как, например, радиус окружности или угол наклона прямой). При изменении одного из элементов модели, все зависящие от него элементы перестраиваются в соответствии с их параметрами и способами их задания. Данный способ пересчёта ассоциативной модели в зависимости от положения родительских элементов и параметров принято называть геометрической параметризацией.

Данный подход имеет ряд преимуществ над подходами, применяемыми в других отечественных и западных системах параметрического проектирования.

- Разделение линий изображения и линий построения, даёт возможность более гибкого редактирования модели. Например, в процессе проектирования может выясниться, что данный отрезок не должен при изменении модели быть параллелен исходному, а должен иметь фиксированный угол наклона. В этом случае не требуется уничтожать саму параллельную прямую, на которой этот отрезок был построен (а с ней и ассоциативные взаимосвязи, от которых может зависеть часть построения).

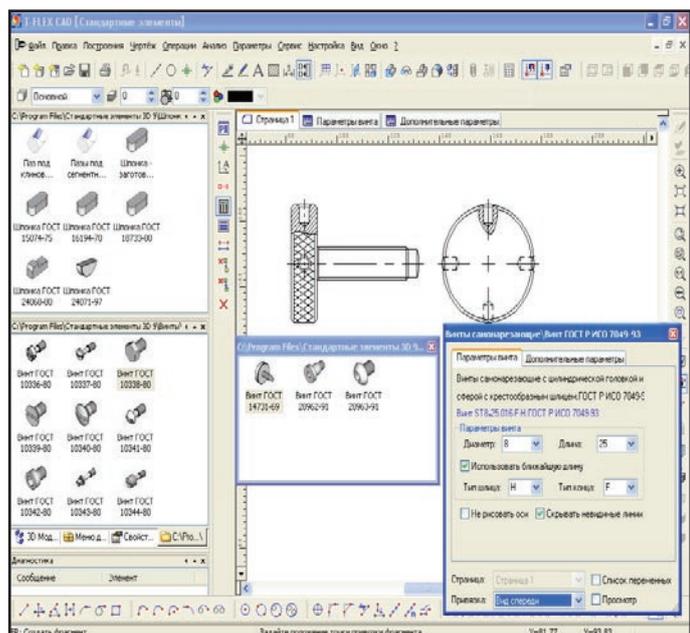


Рис. 1. Простота и удобство параметризации в T-FLEX позволяет пользователю самостоятельно создавать полноценные параметрические библиотеки без использования программирования.

Достаточно лишь перенести линию изображения на другую линию построения.

- Важно отметить высокую скорость и надёжность пересчёта модели в процессе её редактирования. Дело в том, что при использовании геометрической параметризации время пересчёта модели при увеличении количества параметрических объектов растёт линейно. Чего не удаётся достичь при использовании другого популярного подхода – так называемой, размерной параметризации. Кратко, последовательность действий решателей основанных на размерной параметризации сводится к построению системы (вообще говоря, не линейных) уравнений, на основе размеров заданных пользователем. И последующему решению этой системы различными вариационными методами. В общем случае получить решение подобной системы за линейное время не удаётся. Поэтому на моделях с большим количеством параметрических взаимосвязей, данный способ параметризации существенно проигрывает геометрическому в скорости пересчёта.

- Также существенным преимуществом геометрической параметризации, является возможность встраивать в процесс пересчёта обращения к базам данных, прикладным модулям и т.д. Что, естественно, не возможно в случае решения системы уравнений вариационными методами. Так, пользователь имеет возможность формировать условие выбора из базы данных на основе значений переменных, полученных с помощью измерений. Таким образом, использование геометрической параметризации позволяет строить проблемно-ориентированные САПР на основе T-FLEX без использования программирования.

- Другим важным фактором, является возможность быстрого выявления причин возникновения ошибок пересчёта. Для геометрического способа параметризации, характеризующегося последовательным пересчётом модели от родителей к потомкам, нет проблем в обнаружении конкретного объекта модели, чьё перестроение привело к ошибке. Таким образом, система позволяет быстро выявлять причины ошибок и указывать на них конструктору для внесения дальнейших изменений. Заметим, что системе в этом случае не важно, в результате чего произошла ошибка, будь то изменение топологии или вырождение параметров какого либо объекта. В то же время вариационные решатели в этом случае могут столкнуться с серьёзными проблемами, так как не всегда ясно, какое уравнение системы приводит к отсутствию решения. Таким образом, системы построенные на размерных параметризаторах, зачастую могут предоставить пользователям лишь набор объектов, чьё перестроение привело к ошибке. Естественно поиск и исправление ошибки в этом случае занимают у конструктора значительно большее время, что отражается и на скорости проектирования.

- И, наконец, надо отметить естественность и удобство задания ограничений. Построения T-FLEX отражают ход мысли конструктора, а пара-

метрические ограничения создаются одновременно с построением модели. Создавая модель, конструктор выбирает те линии построения, которые соответствуют его представлению о необходимом ограничении. В результате по окончании построений получается полностью параметрическая модель. Данный подход представляется более естественным, чем наложение ограничений уже после того как чертёж готов. И пользователю необходимо ещё раз, прокручивая в голове спроектированные взаимосвязи, задавать ограничения.

Переменные в T-FLEX.

Вторым важным фактором позволяющим обеспечить наиболее мощные возможности параметризации в T-FLEX являются переменные. При помощи переменной может быть задан любой параметр линии построения как, например, расстояние на котором находится параллельная прямая, или отношение в котором данная линия построения делит отрезок заданный двумя узлами. Также с помощью переменных могут быть заданы все параметры 3D операций T-FLEX. Но параметрами линий построения и 3D операций не ограничивается всё многообразие возможностей, таящееся в переменных T-FLEX. С помощью переменных можно задать практически все от видимости детали в сборке, до содержания текста на чертеже. Важно также отметить, что переменные могут быть заданы с помощью выражений, содержащих другие переменные, а также арифметические и логические операции.

Переменные также служат средствам передачи информации в чертёж извне, так, например, переменная, помеченная как внешняя, при вставке чертежа как детали (фрагмента) в сборку, автоматически примет значение переменной сборки. Переменные также могут быть считаны из текстового файла или базы данных, что позволяет гибко менять параметры, создавая различные исполнения детали путём выбора нужных наборов значений.

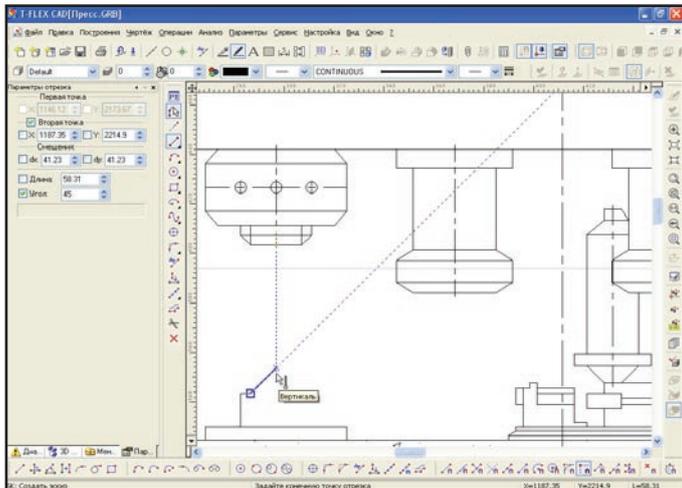
Ознакомившись с основными возможностями, создания параметрических моделей в T-FLEX CAD, посмотрим, что же нового появилось в 10-й версии.

Параметрический эскиз – лёгкая параметризация.

Одной из основных новинок десятой версии стало появление режима «автоматической параметризации». Появление этого режима значительно упрощает создание параметрических моделей во многих командах и, прежде всего, в эскизе. Дело в том, что, предоставляя мощные инструменты параметризации, разработчики не навязывают пользователю непременно использование механизмов создания ассоциативных моделей – линий построения и переменных. Для создания не параметрических чертежей пользователь может воспользоваться командой «эскиз», обеспечивающей создание «свободных» линий изображения. Пользователи по достоинству оценили удобство команд эскиза, но, зачастую внося в последующем изменения в чертёж, жалели об отсутствии параметризации. В десятой версии разработчики пошли им навстречу

и создали режим, в котором при построении обычных объектов эскиза, система сама создаёт параметрическую модель.

Какие же новшества ожидают пользователей эскиза при включённом режиме автоматической параметризации. Во-первых, все линии изображения будут создаваться на соответствующих им линиях построения. То есть при создании параллельного отрезка будет создана линия построения параллельная линии построения соответствующей исходному отрезку, а уже на ней будет построена линия изображения. Таким образом, при редактировании начального отрезка будут изменяться связанные с ним линии построения, то есть построенная модель будет полностью ассоциативна. Причём в разных командах эскиза количество дополнительных построений производимых системой будет различным. Система примет на себя всю рутинную работу, позволяя пользователю сосредоточиться на проектировании. Например, при построении прямоугольника система создаст горизонтальную и вертикальную прямую, а также параллельные им линии построения и линии изображения на них. А количество созданных линий построения в случае создания эквидистанты вообще не ограничено. Таким образом, при включении режима «автоматической параметризации» пользователь имеет возможность двумя кликами создавать десятки полностью параметрических объектов.



При работе в эскизе с включённым режимом автоматической параметризации, система сама создаёт параметрическую модель, в зависимости от фиксированных в диалоге параметров и привязок.

Для успешного применения автоматической параметризации нет необходимости, чтобы исходный чертёж был полностью параметрическим – система сама создаст все необходимые линии построения. Так, например, при создании касательного отрезка к не параметрической окружности система сама преобразует окружность в параметрическую (построит линию построения окружность с тем же центром и радиусом а на неё перенесёт линию изображения). И уже после этого будет создана прямая касательная к линии построения «окружность» и линия изображения на ней. Важно отметить, что объекты созданные в режиме параметрического эскиза при редактировании

ничем не отличаются от остальных объектов системы. Так как при их создании были использованы те средства, что используются и при создании остальных параметрических моделей. То есть при редактировании пользователь получает все возможности по изменению полученных ассоциативных связей.

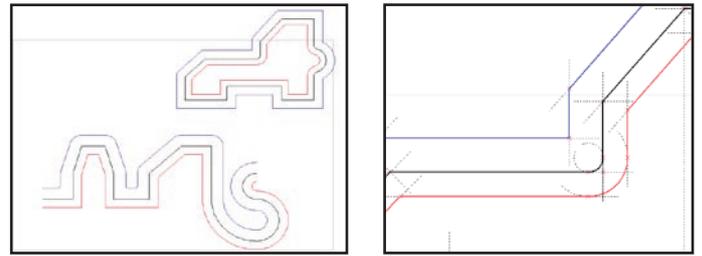


Рис. 3, 4. При создании эквидистанты в режиме автоматической параметризации, будут построены линии построения – параллельные прямые для отрезков и концентрические окружности для дуг.

Диалоги параметрического эскиза – удобная параметризация.

Новую важную роль получили в режиме параметрического эскиза диалоги. Теперь с помощью диалога пользователь может не только задавать параметры модели, но и влиять на тип создаваемых линий построения. Если пользователь, при создании второй точки отрезка, ввёл, например, угол и расстояние, то будет создана линия построения прямая под углом. А второй узел будет построен на пересечении первой прямой с прямой ей перпендикулярной, параметром которой будет расстояние от первого узла. То есть угол и расстояние будут параметрами получившегося отрезка. Совершенно другая параметрическая модель будет создана, если пользователь задаст в диалоге смещение dx , dy относительно первой точки. Второй конец отрезка будет построен на пересечении линий построения параллельных вертикальной и горизонтальной прямой проходящим через первую точку и лежащих от них на расстоянии dx и dy соответственно. Вообще же при построении второй точки пользователь может фиксировать в диалоге абсолютные координаты X , Y , относительные координаты dx , dy , угол и расстояние. При этом в каждом из возможных случаев комбинации двух значений будут созданы соответствующие типы линий построения.

Подобные изменения коснулись всего многообразия команд и диалогов эскиза. Приведем ещё один важный пример – создание параллельного отрезка. Если пользователь фиксирует в диалоге расстояние, система создаст прямую параллельную данной с параметром расстояние и узел на ней. Если же будут заданы координаты первой точки, система создаст узел на пересечении вертикальной и горизонтальной линий построения, а через него проведёт прямую параллельную исходной. Таким образом, для создания совершенно разных типов параметрических моделей пользователю достаточно лишь пару раз кликнуть в окно диалога свойств или фиксировать соответствующие параметры с помощью горячих клавиш.

Другим важным изменением в диалогах эскиза является возможность ввода переменных, что делает эскиз полноценным инструментом создания параметрических моделей. Пока эскиз использовался для создания не параметрических моделей, в диалогах можно было вводить лишь числовые константы, но с появлением опции «автоматическая параметризация», в диалогах эскиза стал возможен ввод любой строки. Как и в других диалогах T-FLEX если в системе существует переменная с данным именем она будет использована в качестве параметра линии построения. Если же такой переменной не существует, после завершения построения будет предложено эту переменную создать.

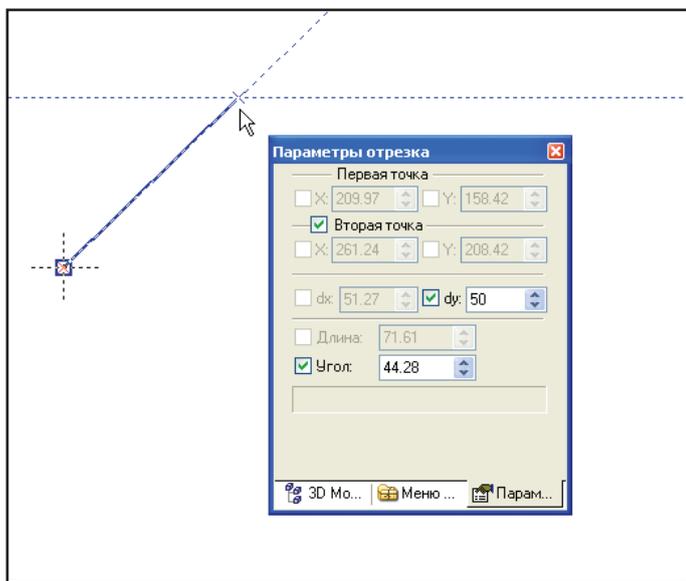
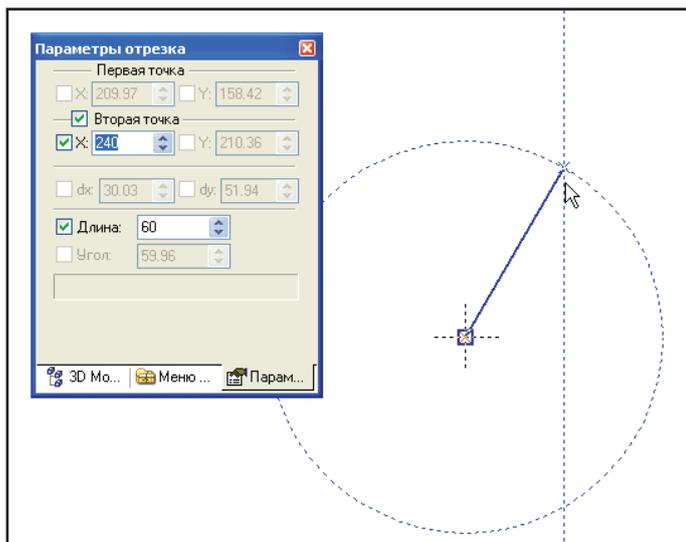


Рис. 5, 6. Фиксируя значения в параметрах диалога, пользователь может создавать различные параметрические модели от узла на пересечении окружности и вертикали до узла на пересечении прямой с фиксированным углом и прямой параллельной горизонтали.

Привязки.

Много новинок появилось в десятой версии и в работе с привязками. Привязки, доступные раньше лишь в эскизе, стали доступны в большинстве других команд, таких как надписи, шероховатости, вставка фрагмента, картинки, обозначения вида и других. Кроме того, во всех этих командах использование привязок возможно в двух случаях. В режиме автоматической параметризации будет

создана ассоциативная модель соответствующая данной привязке. А при выключенном режиме автоматической параметризации их можно использовать для позиционирования объектов на чертеже. Например, при вставке фрагмента, имеющего две точки привязки, пользователь может после выбора первой точки в момент выбора второй поймать привязку «горизонталь». В этом случае если автоматическая параметризация была отключена, то фрагмент будет расположен горизонтально, а при последующем редактировании первой точки вторая будет оставаться на месте. Если же автоматическая привязка была включена, будет создана горизонтальная прямая проходящая через первую точку и узел на ней. Соответственно при изменении первой точки будет изменено и положение прямой, а значит и всего фрагмента.

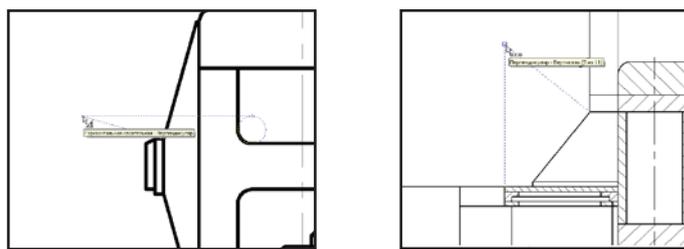


Рис. 7, 8. В случае если в одном месте совпадают несколько привязок, система автоматически покажет количество вариантов. А пользователь, при помощи колёсика мышки, может выбрать требуемый.

Появились и новые виды привязок, такие как, например «продолжение линии изображения» или возможность выбора привязки «центр окружности» не только при наведении непосредственно на центр но и при подведении курсора к самой окружности. Такой способ привязки позволяет быстро находить центр окружностей и дуг с большим радиусом. Появился и новый удобный механизм контроля за выбором привязок. Так как в одной точке может совпадать несколько привязок, а ассоциативные модели в случае привязок перпендикуляр и вертикаль будут создаваться разные необходимо уметь быстро выбирать нужную привязку. Теперь пользователь может не только настроить приоритеты выбираемых привязок в диалоге установок системы, но и воспользоваться механизмом выбора из нескольких объектов, хорошо зарекомендовавшим себя в 3D. А именно после задержки мышки на одном месте, колёсико переходит от традиционного для САД систем зума в режим выбора элементов подхватываемых в данной точке. То есть для выбора конкретной привязки пользователю нет необходимости отвлекаться от черчения и что то менять в настройках системы. Достаточно лишь на пару секунд задержать мышку и вращая колёсико выбрать необходимую ему привязку (причём тип выбранной привязки и количество привязок возможных в этой точке будут показаны системой во всплывающей подсказке).

В десятой версии был также усовершенствован алгоритм поиска привязок на больших чертежах. Это позволяет существенно упростить работу с привязками на чертежах, содержащих десятки тысяч объектов.

Отношения – наглядная параметризация.

Одной из важнейших составляющих системы параметрического проектирования является наравне с созданием ассоциативных взаимосвязей их последующее отображение. Важность этих инструментов хорошо видна при необходимости исправления ошибок проектирования (сложность исправления которых значительно выше сложности исправления ошибок черчения), а также на этапе редактирования параметрической модели.

В десятой версии разработчики помимо традиционного отображения дерева взаимосвязей в окне «информация» каждого элемента построения предоставляют пользователям новый инструмент, позволяющий рассмотреть взаимосвязи параметрической модели непосредственно на чертеже – отношения. Отношения – вспомогательные объекты, предназначенные для визуализации типов параметров и отношений между элементами построения. Они не выводятся на печать и не экспортируются. Как и элементы построения, отношения бывают различных типов (параллельность, радиус и т.д.) тип отношения изображается в виде иконки, а в случае наличия родителя, отношение изображается в виде стрелки направленной от потомка к родителю. Помимо отображения связей родитель-потомок, отношения отображают и параметры, соответствующие элементу построения, а в случае если параметр задан с помощью переменной или выражения пользователь увидит как выражение, задающие параметр, так и его текущее значение.

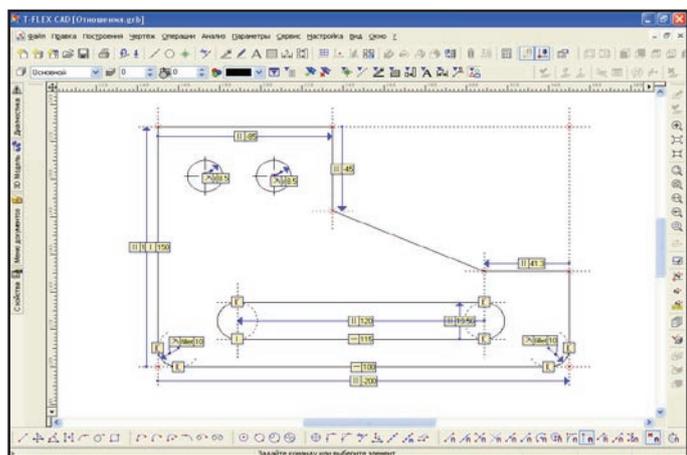


Рис 9. Отношения – удобные средства просмотра и редактирования параметрической модели, появившиеся в десятой версии.

Кроме того отношения являются удобными инструментами редактирования модели. Конструктор может, не отрываясь от рабочей зоны чертежа, в прозрачном режиме отредактировать любой из параметров, заданных отношениями. В случае если параметр был задан выражением, система сама предложит изменить значение одной из переменных участвующих в выражении. Отношения создаются специальной командой, в которой пользователь может как создать все имеющиеся в системе отношения, так и отношения только опре-

делённых типов, для всех объектов данной модели или только для некоторых. Кроме того, пользователь может вручную создать цепочки отношений для конкретных элементов в соответствии с иерархией их родительских объектов. Удобной возможностью при работе с отношениями является также возможность показать или скрыть все отношения в текущем окне. Данная возможность позволяет конструктору гибко управлять насыщенностью чертежа, не прибегая каждый раз к удалению или созданию объектов.

Редактирование – гибкая параметризация.

Как уже отмечалось наравне с созданием параметрической модели, важнейшей частью параметрического проектирования является редактирование. Посмотрим, что нового появилось в десятой версии в этой области. Во-первых, команды редактирования параметрических (построенных на элементах построения) и не параметрических линий изображения были объединены. Теперь при клике в отсутствие запущенных команд по линии изображения пользователь попадает в единую команду редактирования линий изображения. После входа в команду отобразятся возможные действия по редактированию данной линии изображения, так, например, для дуги появится иконка смены направления, а для сплайна – добавления узла в сплайн. Также если линия изображения была построена на линии построения, для линии изображения будет показано соответствующие отношение. Это позволяет отредактировать линию построения с помощью отношения в прозрачном режиме не отвлекаясь от рабочей зоны чертежа. После выбора линии изображения пользователь может определить свои дальнейшие действия следующим кликом. При выборе узлов линии изображения перейти к редактированию конечных точек или кликом в саму линию изображения перейти к редактированию её параметра. Причём если линия изображения построена на линии построения, при клике в неё пользователь автоматически окажется в режиме редактирования линии построения, задающей геометрию линии изображения. А если конечные узлы лежали, например, на линии построения окружность, то, начав их редактирование, пользователь сможет выбрать их положение на этой окружности.

Получил своё применение новый режим автоматической параметризации и в редактировании. Так в случае редактирования не параметрической линии изображения при включённом режиме автоматической параметризации система автоматически создаст ассоциативную модель. Например, если при редактировании радиуса не параметрической окружности пользователь подведёт её к другой окружности и поймает привязку «точка касания», то в случае включения автоматической параметризации системой будет построена линия построения «окружность касательная к окружности», а линий

изображения привязана к ней. Таким образом, команда редактирования, совмещённая с режимом автоматической параметризации, превращается в мощный инструмент наложения взаимосвязей на не параметрические чертежи.

Порадуют опытных пользователей T-FLEX и такие, казалось бы, не значительные, но очень полезные улучшения, как возможность при редактировании окружности заново выбрать центр (в отличие от редактировании центральной точки в случае если за неё потянуть при нажатой кнопки мышки) или упрощение добавления узлов в сплайн (когда достаточно просто кликнуть в тот участок сплайна где необходимо добавить новый узел). В целом можно сказать, что команда редактирования линий изображения в десятой версии стала мощнее и удобнее.

Размерный анализ в T-FLEX.

Одной из важных тенденций параметризации в последние годы становится размерный анализ. Иногда даже можно столкнуться с подменой понятия параметризации на пересчёт модели в соответствии с изменениями размеров. Конечно изменение модели при задании значений размеров это лишь инструмент не в коей мере не заменяющий саму параметризацию и не добавляющий в модель ассоциативности. Но наличие такого инструмента в современных условиях для CAD системы представляется весьма важным и существенным. В десятой версии T-FLEX CAD был существенно доработан модуль изменения размеров по месту. При этом в написании данного модуля существенно использовались преимущества параметрического способа параметризации. А именно, древовидная структура взаимосвязей в модели T-FLEX позволила применить метод обратного прохода по дереву, что позволило существенно увеличить скорость поиска необходимых изменений.

Вместе с возможностью создавать размеры в 3D, появилась в десятой версии и возможность их изменения. Если размер был поставлен на гранях соответствующих 3D операции, этот размер будет управляющим 3D размером, и при его изменении будет меняться соответствующий параметр операции. Если же размер стоит на гранях, полученных, например выталкиванием, двух отрезков, система, применив тот же механизм обратного прохода по дереву, найдёт требуемое положение отрезков на чертеже. Таким образом, в десятой версии реализована двунаправленная ассоциативность 2D/3D.

Применение этих подходов позволило в десятой версии создать новую команду – «пересчёт размеров в середину поля допуска». Данная опция необходима в различных случаях и, прежде всего, при подготовке модели для создания программы станка с ЧПУ. Система позволяет пересчитать в середину поля допуска как размеры на данной странице чертежа, так и размеры на всех страницах, а

также управлять пересчётом размеров в 3D. Кроме того, опционально есть возможность удалить после пересчёта симметричные поля допусков. Команда снабжена удобным интерфейсом. Прежде чем изменения вступят в силу, есть возможность просмотреть изменения, произошедшие в модели. Изменившиеся размеры при этом будут выделены другим цветом, задаваемым пользователем, что делает процесс изменения модели более наглядным и хорошо контролируемым.

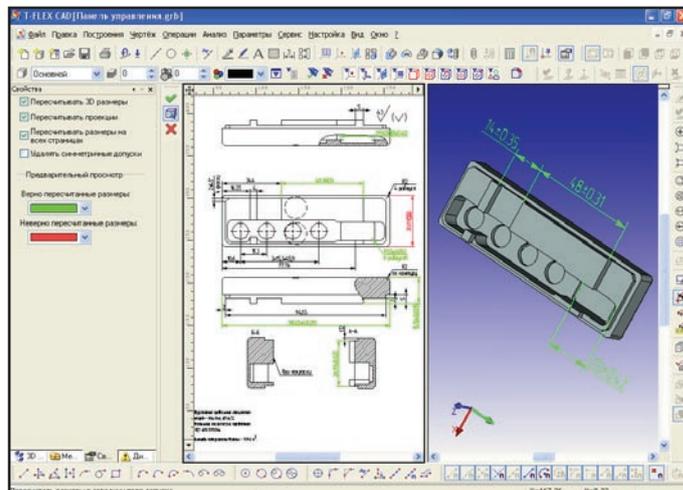


Рис. 10. Команда пересчёта размеров в середину поля допуска позволяет пересчитать как 2D так и управляющие 3D размеры. В команде реализован удобный режим предварительного просмотра, позволяющий отображать сделанные изменения, выбранными пользователем цветами.

Заключение.

В целом можно сказать, что в десятой версии популярной российской системы T-FLEX CAD появилось много интересных новинок, связанных с проектированием параметрических моделей и сборок. Работа с системой стала удобней, улучшения десятой версии коснулись создания, отображения и редактирования параметрических взаимосвязей. Новые функции, появившиеся в системе, такие как пересчёт размеров в середину поля допуска, позволят конструктору сделать свою работу ещё более эффективной.

Подробнее о новой версии системы можно узнать на сайте разработчика www.topsystems.ru.