

Проектирование самолёта средствами T-FLEX CAD 17

Александр Макаров, ведущий специалист отдела внедрения ЗАО "Топ Системы"



В преддверии выпуска T-FLEX CAD 17 компания "Топ Системы" подготовила материал о том, как создавалась одна из самых сложных и интересных моделей – сборка бизнес-джета (рис. 1). О новой функциональности, которая будет доступна в новой версии T-FLEX CAD 17, и о её применении будет рассказываться в отдельных статьях.

Этот материал – не методика, и тем более не урок. Он лишь показывает общий концептуальный подход нашего специалиста для решения подобной задачи, а созданная модель самолета является моделью-демонстратором и используется для отработки технологий проектирования изделий на предприятиях авиакосмической отрасли.

Всё началось с общей идеи создания небольшого бизнес-джета, близкого по летным характеристикам к Cessna Mustang и Embraer Phenom 100, и отработки её в виде концептуальных набросков на бумаге. Был определен облик, приблизительная конструкция, а также наиболее важные технические характеристики и габариты.

Моделирование самолета непосредственно в среде T-FLEX CAD началось с создания файла разметки и определения общей стратегии моделирования. Файл разметки содержит базовую геометрию, и на него уже будут ссылаться фрагменты самолета, так или иначе зависящие от внешней, аэродинамической поверхности.

Общая стратегия, в частности, подразумевала, что самолет будет состоять из шести частей: кабины, фюзеляжа, крыла, хвоста, а также пилонов с двигателями (2 шт.). Каждая часть моделировалась отдельно, однако в базовой геометрии все части основывались на единой базовой разметке.

Итак, файл общего облика самолета был готов. Эскизирование

выполнялось с помощью нового механизма создания сплайнов, позволяющего по ходу работы определять касания элементов, что обеспечивает математически "гладкие" аэродинамические поверхности (рис. 2). Кроме того, с помощью линий построений было размечено предварительное расположение шпангоутов. То есть, в разметке использовалась так называемая гибридная параметризация.

Было принято решение сразу строить максимально точную твердотельную 3D-модель (рис. 3), что облегчит нарезку с нее каркасных элементов и обеспечит их правильное позиционирование относительно начала координат головной сборки.

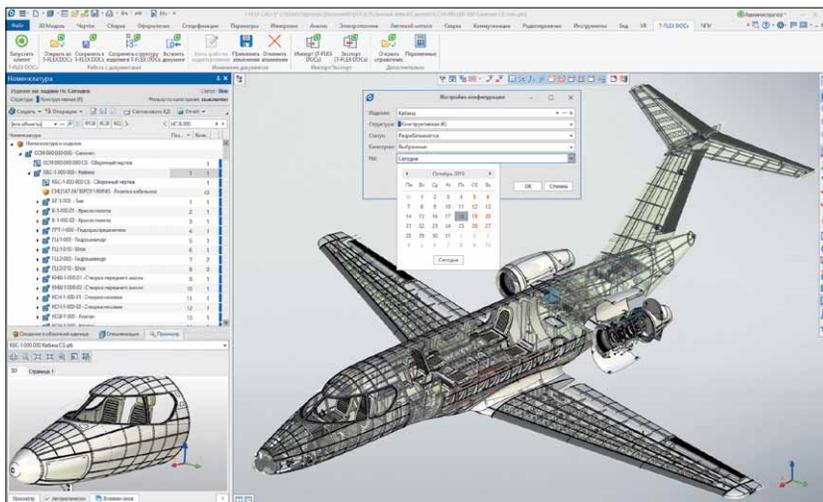


Рис. 1. Бизнес-джет, спроектированный в T-FLEX CAD в режиме коллективной работы в T-FLEX DOCs

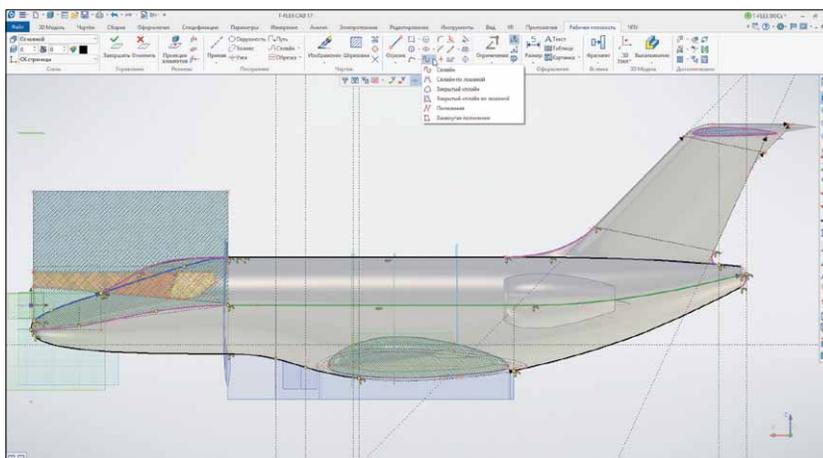


Рис. 2. Моделирование с помощью нового механизма сплайнов в T-FLEX CAD

Учитывая, что теоретическое сечение самолета довольно сильно варьировалось по всей длине, основной определяющей облик кабины, фюзеляжа и хвоста операция “Тело по параметрам”. Она же определяла “подбрюшную” часть, форму выхода фюзеляжа на крыло.

Остекление кабины велось с помощью операции “Тело по сечениям”, где профилями и направляющими выступали элементы “выреза” проекции остекления из “Тело по параметрам”, с указанием касательности их поверхностям кабины и фюзеляжа. Крыло и киль хвоста были сформированы операцией “Тело по траектории”.

Особо следует упомянуть элементы заглаживания (крыло на фюзеляж, киль на фюзеляж, стабилизатор на киль). Здесь применялись опции подбора переменного скругления, отдельные проекции со слайдами, заглаженные непосредственно на поверхность, которые впоследствии использовались как направляющие “Тело по сечениям”.

Поскольку кабина, фюзеляж, крыло и хвост моделировались отдельно, файл разметки дорабатывался под каждую сборочную единицу, оставаясь неизменным в базовой геометрии, что позволило уменьшить общее количество построений и сделать совокупности размерных цепей более читаемыми.

Подавляющее большинство конструктивных элементов каркаса (шпангоуты, стрингеры, лонжероны, нервюры, а также панели обшивки) нарезалось с твердотельной модели самолета. 3D-модель была рассечена рабочими плоскостями, построенными по разметке и ориентирующими будущие элементы каркаса. При этом основным инструментом служил усовершенствованный механизм ссылочной геометрии T-FLEX CAD, позволяющий гибко настраивать обновление фрагмента при изменении определяющих его родительских элементов (рис. 4).

Несмотря на то, что конструкция содержит штампованные, фрезерованные и композитные каркасные элементы, последовательность их моделирования была похожей, а именно:

- нарезка с разметочной модели базового тела;
- создание отступа под обшивку с помощью команды “Оболочка”;
- радиусы (для штампованных деталей);
- формирование основных толщин детали с помощью команды “Оболочка”;

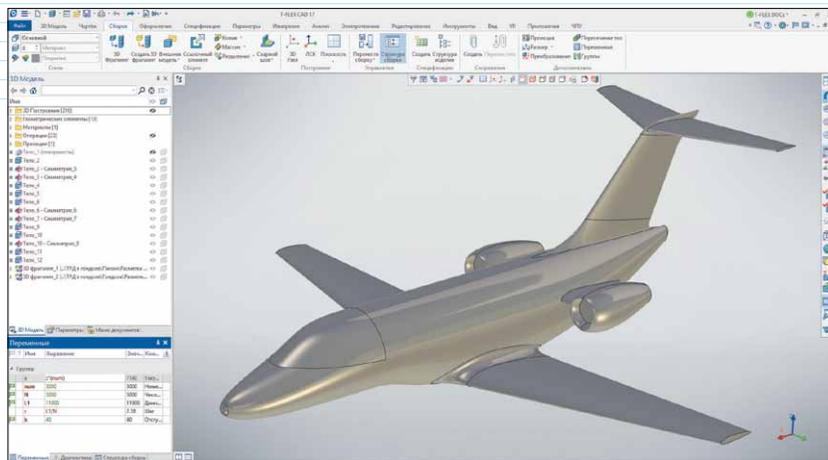


Рис. 3. Базовый облик самолета. Твердотельная модель в T-FLEX CAD

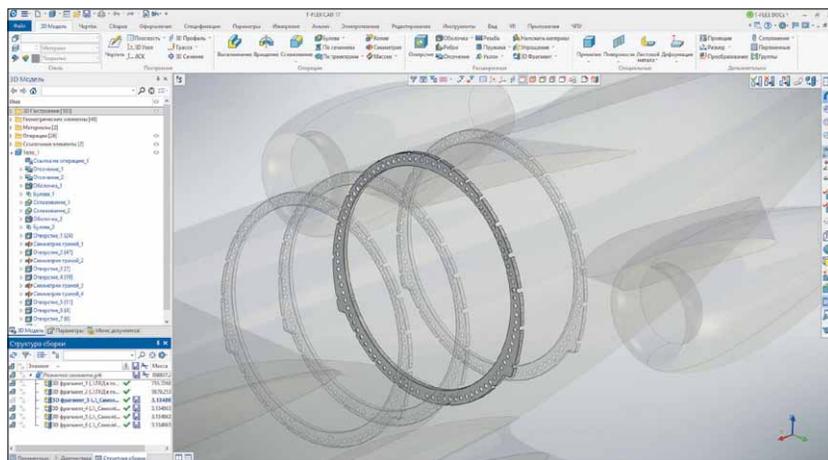


Рис. 4. Шпангоуты в разметочном файле T-FLEX CAD

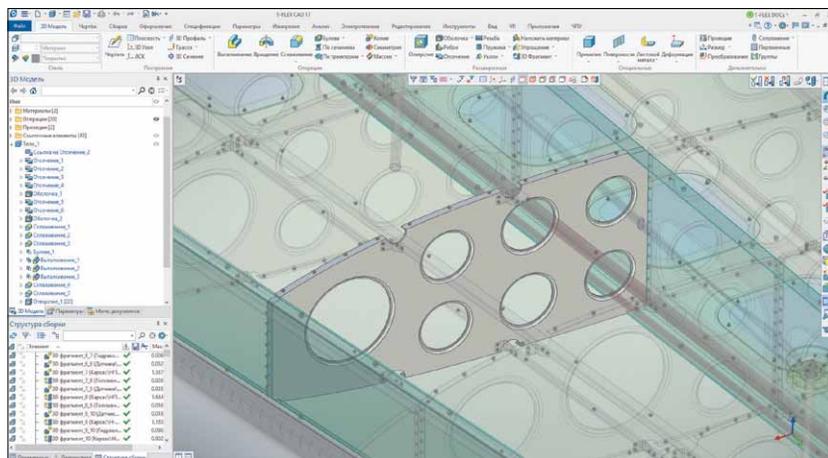


Рис. 5. Типовой элемент конструкции крыла в контексте сборки в T-FLEX CAD

- разметка плоскостей для позиционирования основных отверстий и вырезов и последующее их вычитание из модели;
- скругления, полученные проходом инструмента (для фрезерованных деталей);
- добавление или коррекция ранее проложенных путей, определяющих пересекающиеся (стрингеры, лонжероны) в файле разметки, создание ссылок на них во фрагментах;
- точное позиционирование мест под вырезы;
- разметка крепежа с помощью вспомогательных плоскостей и проекций путей на деталь;
- сверление отверстий под крепеж;
- расчеты с помощью *T-FLEX Анализ*;
- проверка зазоров и пересечений в сборке (рис. 5).

Таким образом был сформирован каркас самолета. Кроме того, были добавлены соединительные детали (скобы, планки и т.п.), а также несущие нагрузку панели. Благодаря отлаженному механизму параметризации, работа над сходными по конструкции крепежными элементами шла быстро: фактически менялись лишь некоторые параметры, а скоба или кронштейн перестраивались под геометрию очередного шангута.

Далее, на подготовленные поверхности были смонтированы основные узлы и механизмы, определяющие, в частности, разводку топливной, гидравлической, вентиляционной систем, а также системы противообледенения. Постепенно в кабину были добавлены электрические блоки, радар, сиденья пилотов, элементы внутренней обшивки и интерьера, светотехническое оборудование.

После этого настала очередь смоделировать интерьер фюзеляжа с салоном, санузелом и внутренней частью разместившихся расходный бак с подкачивающими насосами и фильтрами, турбохолодильник, блоки клапанов и т.д. Был окончательно сформирован центроплан и кессоны крыла, установлены шасси с заранее прописанными с помощью переменных вариантами положений. По ходу работы некоторые установочные элементы корректировались в контексте сборки для оптимального размещения основных узлов (рис. 6).

Особое внимание уделялось точкам подключения каждой из систем трубопроводов. Для каждой части самолета они заранее рассчитывались и отмечались внешними 3D-узлами. Это необходимо, чтобы, к примеру, патрубки отбора горячего воздуха от двигателя (рис. 7) вышли точно к месту подключения к клапанам системы вентиляции/противообледенительной системы внутри хвостовой части (рис. 8).

Следующим шагом стала непосредственно разводка трубопроводов. Одновременно монтировались сопутствующие узлы, такие как фланцы, фитинги или разнообразные клапаны системы дренажа.

Все работы по разводке трубопроводов производились в контексте сборки с помощью доработанного механизма прокладки трасс, а также с использованием заранее подготовленных узлов в крепежных кронштейнах и скобах.

После создания каркаса, монтажа основных узлов и прокладки трубопроводов начались

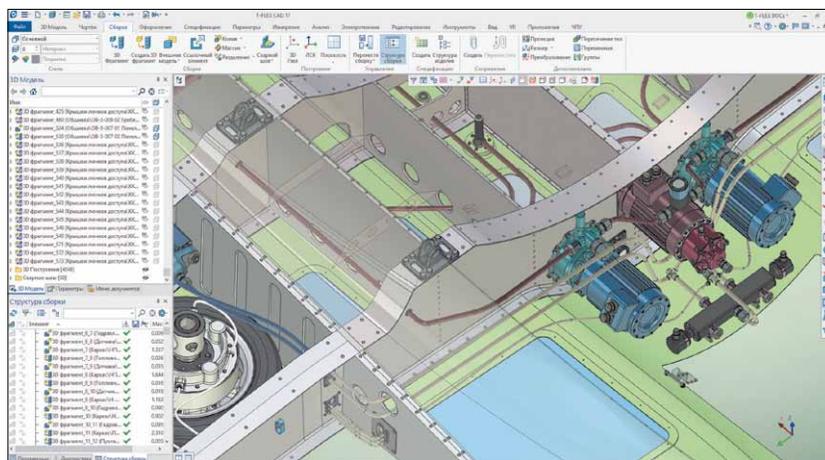


Рис. 6. Электродвигатели с топливными насосами в центроплане самолета в T-FLEX CAD

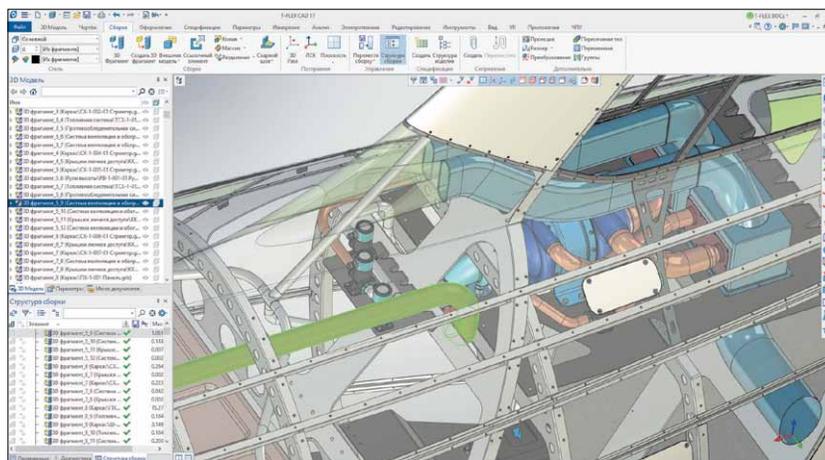


Рис. 7. Система трубопроводов в хвостовой части в T-FLEX CAD

работы по большей детализации сборки: устанавливалась светосигнальная аппаратура (с точками подключения), различные планки, кронштейны крепления проводки, механизмы открывания дверей и т.п.

Иллюминаторы изначально были размечены в разметочном файле фюзеляжа. В дальнейшем их спроецировали на базовую геометрию и вычли из нее (выталкиванием), находясь в контексте нового файла. Поскольку иллюминатор состоит из “вложенных” друг в друга слоев (стёкла, прокладки, ободы), оставалось только, используя опции команды “Оболочка”, модифицировать полученный результат булевой операции и последовательно получать готовые фрагменты будущей сборки. Далее фрагменты модифицировались, вычитались объем салона, сверлились отверстия, назначался материал и т.п.

Примерно по такому же сценарию моделировалась входная дверь и аварийный выход.

Особо стоит упомянуть моделирование механизации крыла. Для верного позиционирования приводов поворота закрылок, элеронов, рулей направления и высоты следовало должным образом перенести расчетные установочные точки с разметочного файла. Но, поскольку все элементы механизации первого уровня также являются сборками, сначала был вырезан отдельный разметочный файл для каждого узла механизации (например, закрылка); туда с фрагментов через общий файл разметки установочные узлы переносились как ссылочная геометрия, и уже по ним ориентировались иные элементы этого закрылка – такие, как сервоприводы поворота. В результате закрылок моделировался в своей, заранее подготовленной среде.

Если закрылки были исполнены в виде традиционной конструкции с алюминиевыми лонжеронами и нервюрами, то рули и элероны решили делать из композиционных материалов со специальным сотовым наполнителем. На модели слой такого наполнителя создавался следующим образом: проекция ячейки выталкивалась, “размножалась” линейным массивом и полученное тело пересекалось с разметкой руля, обработанной операцией “Оболочка” (рис. 9).

Обшивка, подобно элементам каркаса, была предварительно

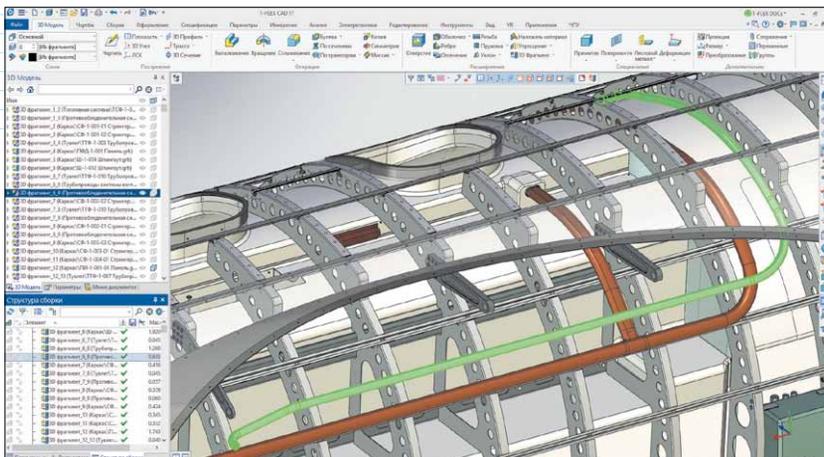


Рис. 8. Выделенная трубка противообледенительной системы в фюзеляже в T-FLEX CAD

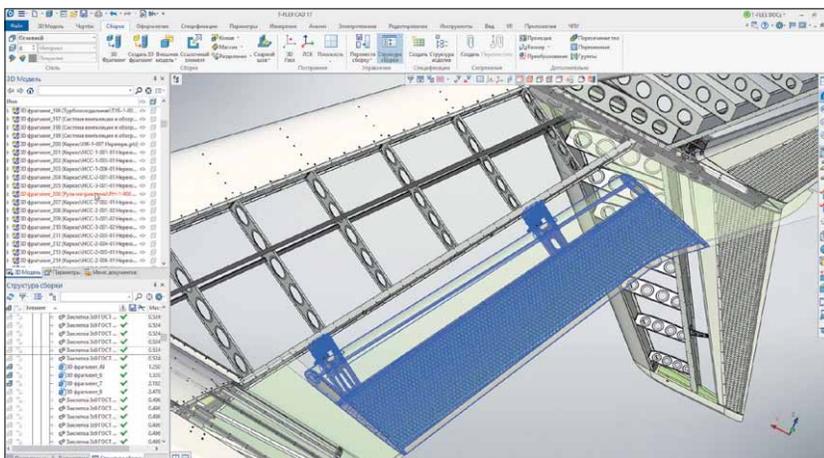


Рис. 9. Модель композитного руля направления с сотовым наполнителем в контексте сборки хвоста в T-FLEX CAD

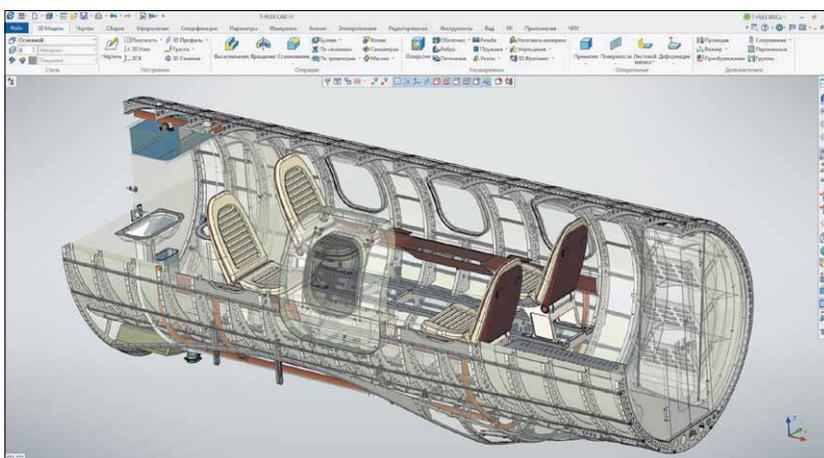


Рис. 10. Пример сборочного компонента. Фюзеляж самолета в T-FLEX CAD

размечена и вырезалась (либо отсекалась плоскостями) из базовой твердотельной геометрии. Отверстия “сверлились” по месту – при этом в качестве соосных указывались отверстия в элементах каркаса.

Многочисленные лючки доступа в нижних панелях крыла эффективно проектировались с помощью проекций профилей на обшивку в контексте сборки крыла.

Кроме того, проекции профилей использовались при проектировании отверстий для воздухозаборников системы вентиляции. Сами входные патрубки воздухозаборников создавались с помощью команды “Тело по траектории” – от отверстий в обшивке до фланцев теплообменников.

Крепеж вставлялся в три этапа для каждой части самолета:

- вставка заклепочного крепежа базовой конструкции;
- вставка винтового и болтового крепежа узлов и механизмов;
- вставка крепежа обшивки.

Использование “Массива тел” не только повысило удобство при вставке крепежа, но и немного повысило скорость работы.

Все перечисленные действия производились последовательно, для каждой из частей самолета, согласуясь только с версиями единого разметочного файла. После этого кабина, фюзеляж (рис. 10), крылья, хвост и двигатели с пилонами были окончательно объединены в одну сборку.

Важно, что предварительно все узлы и механизмы самолета, имеющие несколько положений, были выложены на свой функциональный слой, либо связаны с переменными, которые тоже были выведены в общую сборку. Благодаря этому, из общей сборки можно, например, открывать двери, выпускать шасси или варьировать цвет обшивки (рис. 11).

Удобство механизмов проектирования, высокая скорость работы в среде *T-FLEX CAD* и общая продуманность функциональных возможностей системы способствовали тому, что разработка всего самолета, не считая двигателей, заняла примерно 40 недель – по восемь недель на отсек, включая все внутренние

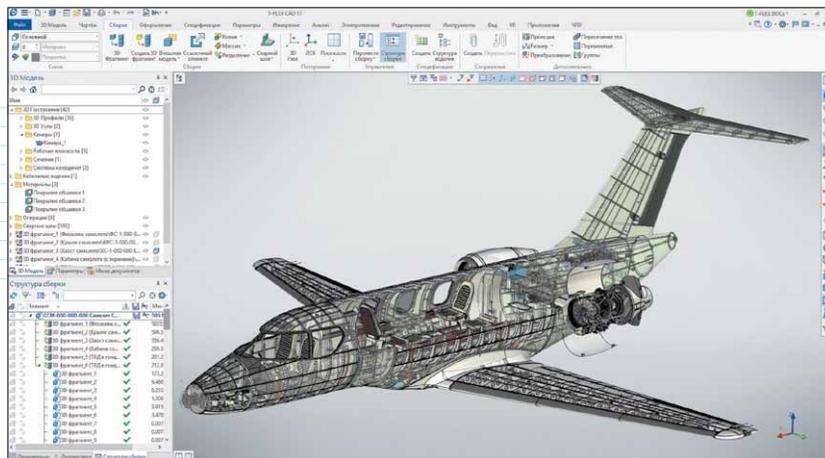


Рис. 11. Готовый самолет в T-FLEX CAD



Рис. 12. Кабина самолета изнутри в T-FLEX CAD

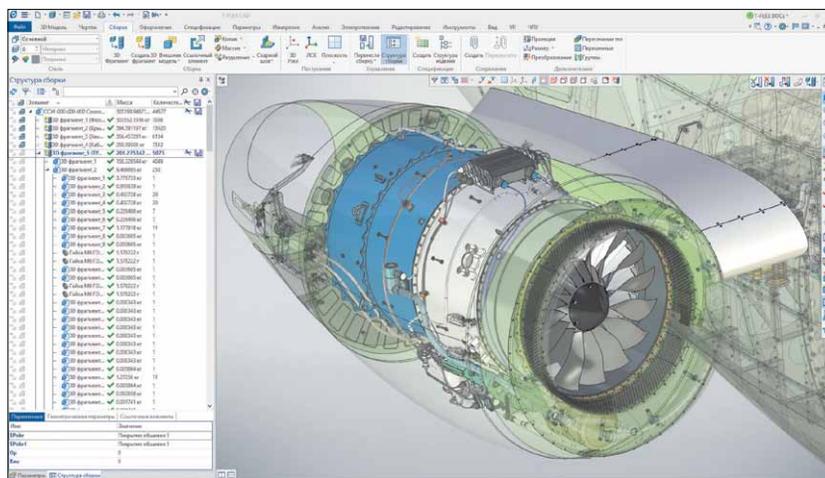


Рис. 13. Сборка двигателя в T-FLEX CAD

детали и механизмы (рис. 12). К слову, модель самолета содержит порядка 49 тыс. компонентов.

Двигатель вместе с пилоном проектировался примерно шесть недель (рис. 13). 👁