

T-FLEX Анализ 17: новые возможности инженерного анализа

Сергей Бабичев

Приложение T-FLEX Анализ, предназначенное для проведения инженерных расчетов методом конечных элементов, было представлено компанией «Топ Системы» еще в 2002 году. За время своего развития T-FLEX Анализ стал профессиональным инструментом инженера-конструктора. В статье демонстрируются возможности, реализованные в 17-й версии продукта.

T-FLEX Анализ относится к программным решениям класса CAE (Computer Aided Engineering), входящим в состав комплекса T-FLEX PLM. Приложение T-FLEX Анализ используется совместно с T-FLEX CAD — средой параметрического проектирования. Это позволяет инженеру-конструктору ре-

специалистов-расчетчиков. Например, для определения тенденций в поведении конструкции, при проработке вариантов на различных этапах проектирования. В более сложных случаях специалисты-расчетчики могут предложить свою методику расчета («Закрепляем и нагружаем

прочности, устойчивости, усталости;

- **динамический анализ** — представлен модулями определения собственных частот, вынужденных колебаний и моделирования динамических процессов;
- **тепловой анализ** — позволяет моделировать



Сергей Бабичев, системный аналитик, менеджер по продукту T-FLEX Анализ, ЗАО «Топ Системы»

установившиеся и нестационарные тепловые процессы.

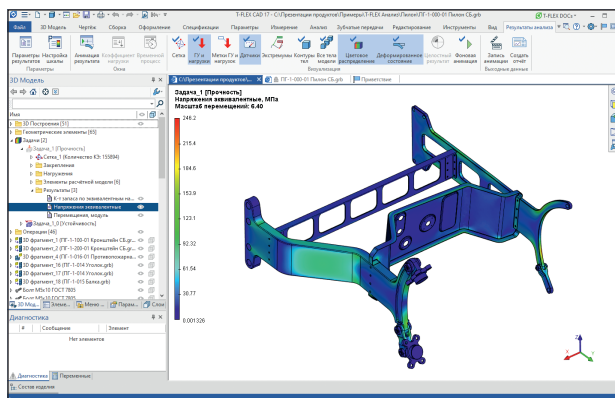
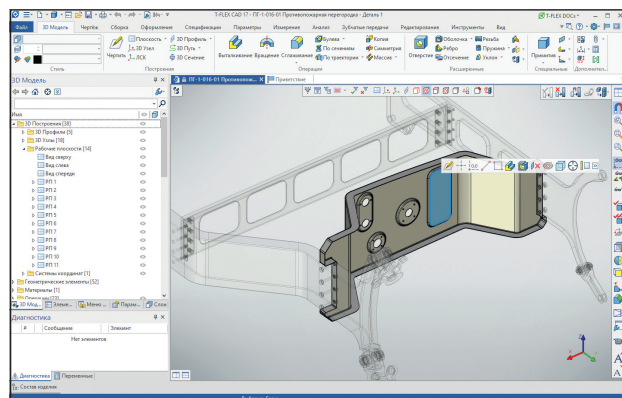


Рис. 1. Интерфейсы программ T-FLEX CAD и T-FLEX Анализ

шать широкий спектр задач и быстро переключаться между приложениями для решения проектных и расчетных задач, продолжая работу в привычном интерфейсе (рис. 1).

T-FLEX Анализ — универсальный инструмент, который может использоваться инженерами при проведении оценочных расчетов, не прибегая к помощи

так-то... Полученный результат интерпретируем вот так...», которую легко воспроизвести, даже не имея специальной подготовки в области инженерных расчетов.

T-FLEX Анализ специализируется на следующих группах задач (рис. 2):

- **статический анализ** — связан с решением задач

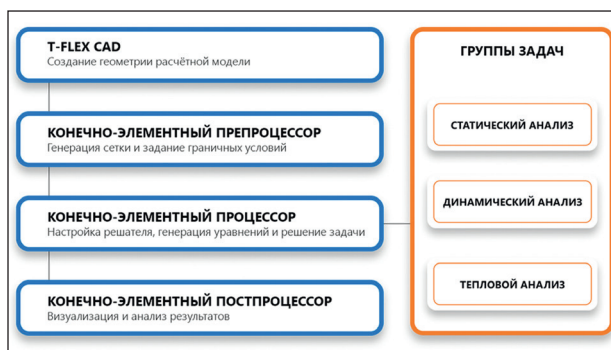


Рис. 2. Структурная схема T-FLEX Анализ

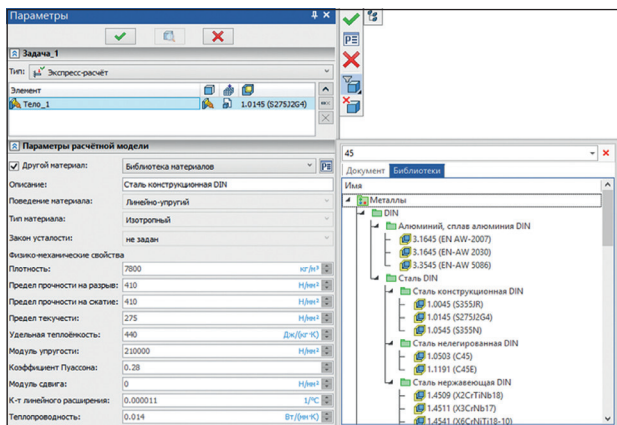


Рис. 3. Интерфейс создания и редактирования расчетной задачи

Рассмотрим более подробно возможности новой, 17-й версии T-FLEX Анализ.

Обновление интерфейса

В новой версии программы продолжена работа, начатая еще в 16-й версии, по переводу диалоговых окон на новые интерфейсные элементы. Наибольшим изменениям подверглись панели инструментов. Кроме того, появились новые функции, направленные на упрощение работы пользователя, такие как управление высотой списка и изменение единиц измерения в диалогах.

Новый диалог управления задачами

Результаты расчетов напрямую зависят от заданных свойств материалов. Поэтому важное значение имеет возможность осуществлять быстрый поиск материалов по библиотекам, назначение материалов выбранным элементам задачи, а также визуальный контроль свойств материалов. Всё это стало доступным пользователю благодаря

серьезным доработкам интерфейса создания и редактирования задачи (рис. 3).

Диагностика несвязанных и незакрепленных элементов

Частой ошибкой начинающих пользователей является

то, что в процессе подготовки расчетной модели могут оставаться незамеченными зазоры между деталями. Из-за этого при запуске на расчет система считает недостаточно закрепленной и расчет останавливается. Далее пользователь устраняет замечания в расчетной модели и производит перезапуск расчета. В связи с этим были разработаны новые типы диагностики элементов расчетной модели, которые позволяют на ранних стадиях создания расчетной модели увидеть потенциальную проблему и принять меры по ее устранению. На этапе создания задачи определяются **Несвязанные элементы** (рис. 4). Как только пользователем задаются

первые граничные условия, система «на лету» начинает диагностировать **Незакрепленные элементы** и пользователь понимает, что пока есть соответствующие предупреждения, запускать на расчет преждевременно. Оба вида диагностики отображаются в обновленном окне создания задачи.

Также команду **Незакрепленные элементы** можно вызвать отдельно, непосредственно перед расчетом (рис. 5).

Алгоритмы решения

Инерционное уравнивание

Дополнительно к возможности стабилизировать систему, которая испол-

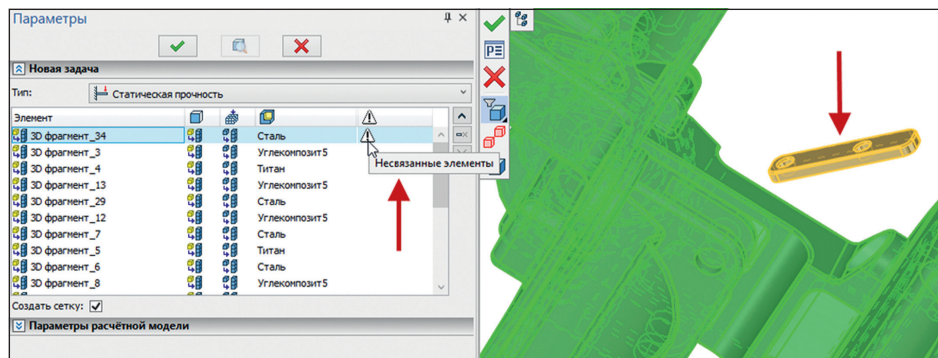


Рис. 4. Определение несвязанных элементов

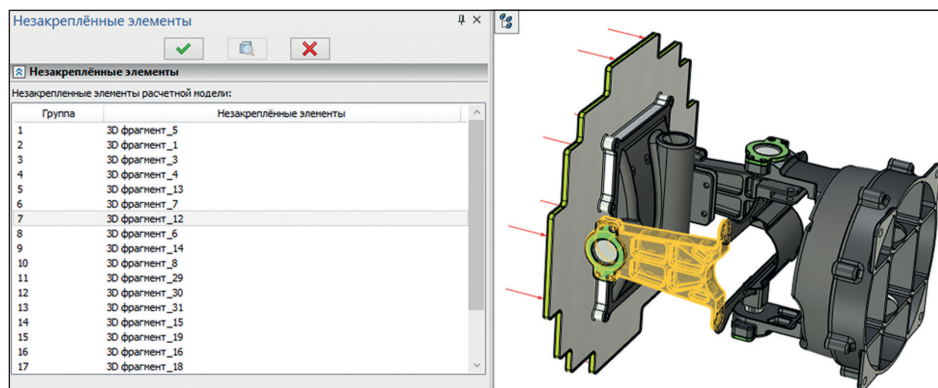


Рис. 5. Команда **Незакрепленные элементы**



Рис. 6. Пример системы, уравновешенной нагрузками

зуется для конструкций с недостаточной жесткостью, разработан новый способ — **Инерционное уравновешивание**. Новый алгоритм позволяет решать задачи, где равновесие системы является следствием равновесия действующих сил (рис. 6).

Сглаженный МКЭ

Продолжается работа, связанная с повышением точности и скорости производимых вычислений. В связи с этим для линейного тетраэдра добавлена опция **Альфа-метод**, включающая алгоритм «сглаженного МКЭ», выдающий более точный результат. При этом получаемая система уравнений проще и быстрее в решении по сравнению с квадратичным тетраэдром. Это делает рациональным применение данного мето-

да на тетраэдральных сетках с большим количеством конечных элементов.

Для модели, содержащей при дискретизации 215 198 элементов, время решения с использованием линейного тетраэдра с альфа-методом составляет 12 с. Время решения с применением квадратичного элемента составляет 35 с. То есть с новым алгоритмом получается практически трехкратный выигрыш по времени при сопоставимой точности.

Уточненный расчет напряжений

Другой новой опцией расчета на линейных тетраэдрах является **NPF улучшение напряжений**. Данный алгоритм позволяет получить достаточно точный расчет напряжений даже на относительно грубой сетке

линейных тетраэдров. По сравнению с расчетом на квадратичном тетраэдре относительная погрешность по максимальным напряжениям на верификационном примере составляет 1,8%. При этом скорость расчета на линейных тетраэдрах может быть в разы быстрее, чем на квадратичных, что, конечно, зависит от количества элементов в расчетной модели и ее сложности.

Расчет оболочек трехузловым элементом

Разработан **новый трехузловой оболочечный элемент**, заменивший трех- и шестиузловые элементы предыдущей версии. Теперь расчет нагружения тонкостенных деталей и конструкций при помощи оболочечных элементов стал быстрее и точнее. Новый трехузловой оболочечный

элемент позволяет получить решение по точности, сопоставимое со старым шестиузловым оболочечным элементом.

Излучение

В T-FLEX Анализ теперь можно рассчитать теплообмен **излучением между поверхностями тел**. В команде **Излучение** доступны варианты: **Излучение между поверхностями** или **Излучение в окружающую среду**. В случае выбора варианта **Излучение между поверхностями** для каждого элемента излучающей поверхности будет рассчитана «видимость» других элементов излучающих поверхностей. В случае наличия пустых областей видимости теплообмен излучением будет рассчитываться как теплообмен с окружающей средой.

Поддержка гиперупругих материалов

Реализована новая модель поведения материалов с гиперупругими свойствами, что позволяет учитывать в

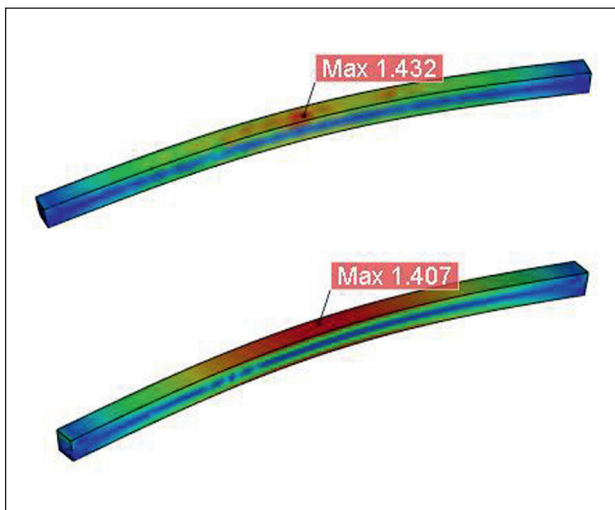


Рис. 7. Уточненный расчет напряжений

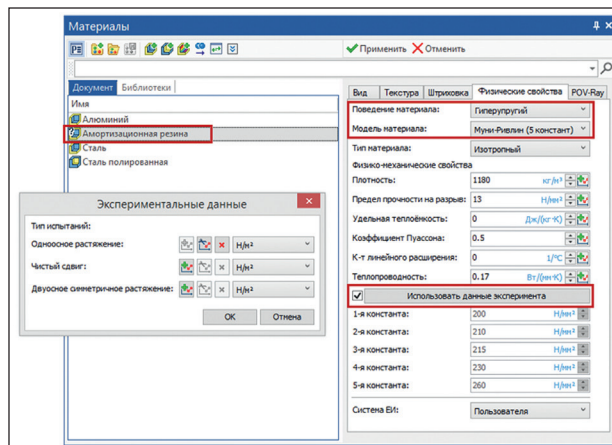


Рис. 8. Диалог свойств гиперупругих материалов

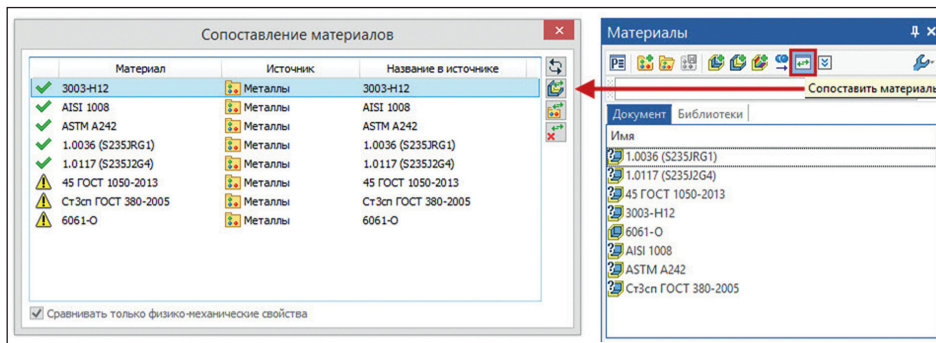


Рис. 9. Сопоставление материалов модели с библиотекой

Достаточно открыть до нужного уровня сборки, вызвать окно сопоставления материалов (рис. 9) и, при необходимости, произвести обновление свойств, связать материалы модели с материалами библиотеки или наоборот — разорвать связь с библиотекой.

Для использования функциональности необходимо, чтобы нужные библиотеки были открыты в окне *Материалы*. Расположение библиотек не имеет принципиального значения. Это могут быть как локальные или сетевые источники, так и библиотеки, хранящиеся в корпоративной системе, например в среде T-FLEX DOCs.

Отчеты

Теперь при составлении отчета в Анализе досту-

расчетах упругие деформации для таких материалов, как резины или эластомеры (рис. 8).

Сопоставление материалов документа с материалами библиотек

Специалисты-расчетчики трепетно относятся к расчетным данным, с которыми работают. К таким данным относятся библио-

теки материалов. Хорошим тоном считается создание пополняемых библиотек материалов, которыми могут воспользоваться все заинтересованные участники процесса. Но как актуализировать свойства материалов для старых моделей?

С течением времени предприятия-изготовители производят замену материалов или уточняют свойства применяемых на предприятии материалов. В таких случа-

ях обычно пересчитывают ранее произведенные расчеты с учетом изменившихся свойств материалов. Актуализация материалов в старых сборках — задача трудоемкая. Для этих целей, а также для того, чтобы убедиться в правильности назначенных материалов, разработан специальный сервис для сопоставления материалов модели с материалами, хранящимися в библиотеках.

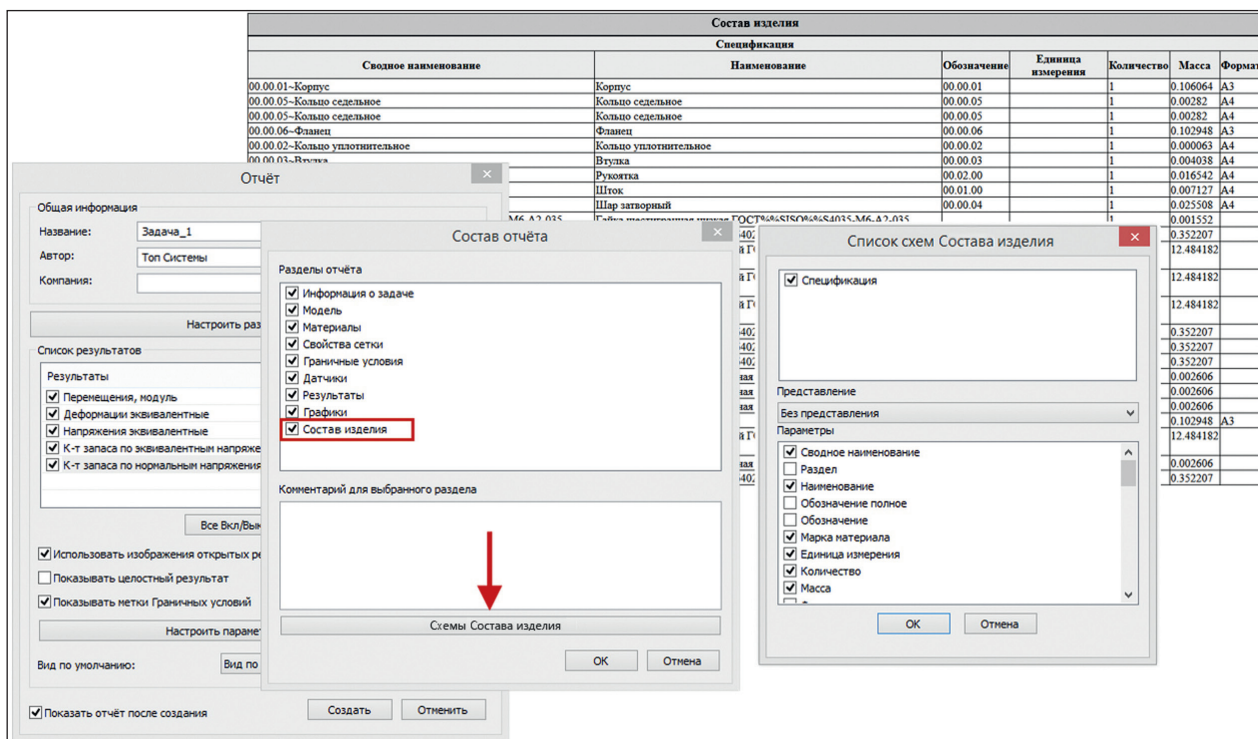


Рис. 10. Добавление информации в отчет из состава изделия

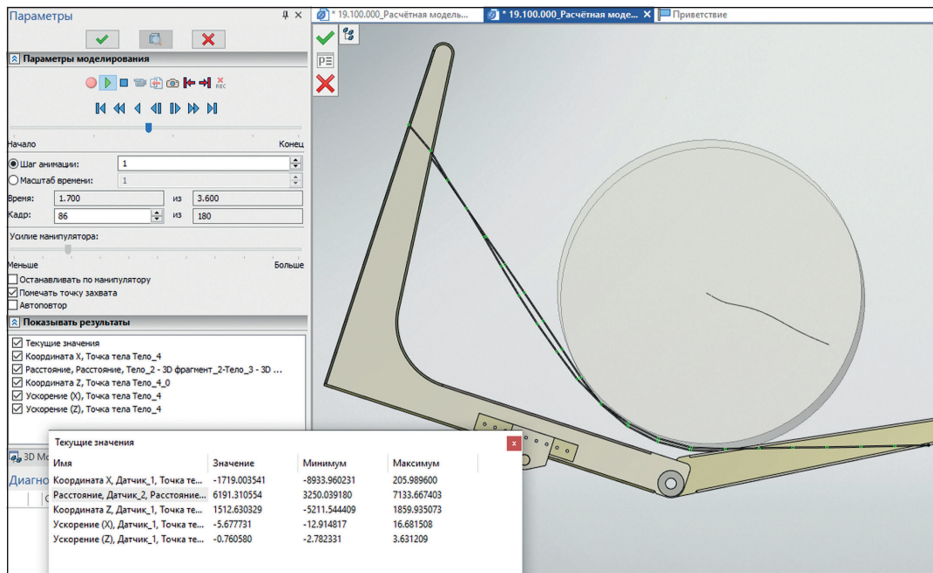


Рис. 11. Моделирование процесса сброса груза в T-FLEX Динамика

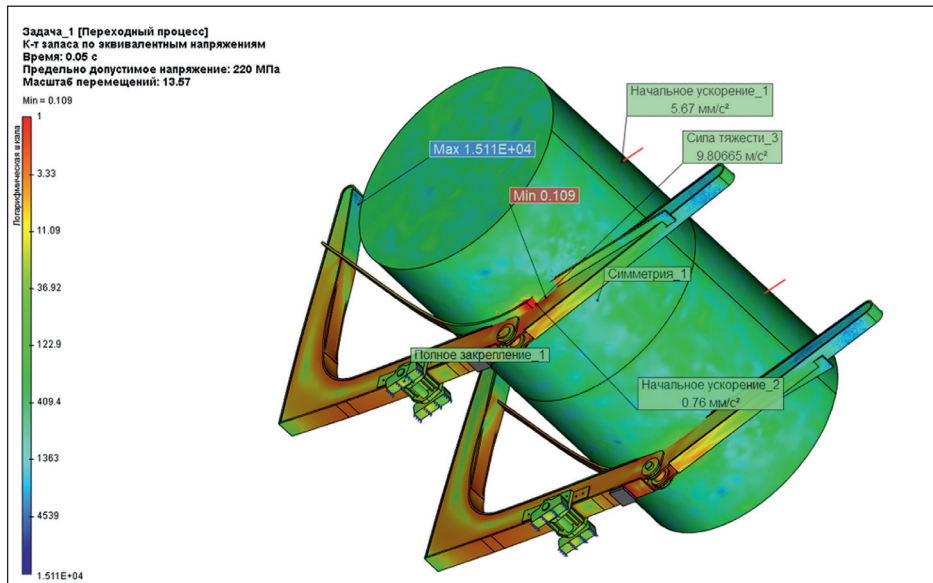


Рис. 12. Расчет в T-FLEX Анализ на основе расчета в T-FLEX Динамика

пен вывод информации из Состав изделия. Данная функциональность может применяться в тех случаях, когда вместе с отчетом о проведенном расчете необходимо выводить в отчет дополнительные параметры, относящиеся к конструкции: размеры деталей, их массу, реквизиты деталей или любую другую информацию, хранимую в

составе изделия модели T-FLEX CAD (рис. 10).

Совместное использование с другими продуктами комплекса T-FLEX PLM

T-FLEX Анализ успешно используется совместно с приложением T-FLEX Динамика, еще одним пред-

для проведения расчетов по МКЭ. На рис. 11 показано определение положения грузовой эстакады в момент сброса груза. В T-FLEX Динамика были определены необходимые промежуточные положения конструкции. Каждое из таких положений было передано в T-FLEX Анализ для оценки прочности конструкции (рис. 12).

В дополнение к статье смотрите видео на YouTube-канале T-FLEX PLM.

Аналогичным образом могут совместно использоваться программы T-FLEX Зубчатые передачи и T-FLEX Анализ. T-FLEX Зубчатые передачи — новое приложение компании «Топ Системы», позволяющее рассчитывать и генерировать трехмерные модели для любых зубчатых зацеплений. Полученная модель может быть передана в T-FLEX Анализ для проведения необходимых расчетов по МКЭ.

Принцип совместного применения программ комплекса T-FLEX PLM наиболее удобен для инженера-конструктора, так как вся работа ведется в едином пространстве и не касается проблем, связанных с переходом в другие системы. T-FLEX Анализ ярко иллюстрирует развитие такого подхода на примере как конкретного приложения, так и комплекса T-FLEX PLM в целом. Но прогресс на этом не останавливается и в будущем вас ждет еще больше новых возможностей. ➤