

# Новые возможности T-FLEX Анализ 16

Александр Сущих

Летом 2018 года компания «Топ Системы» выпустила 16-ю версию системы трехмерного параметрического моделирования — T-FLEX CAD. Как известно, система T-FLEX CAD является одним из модулей программного комплекса T-FLEX PLM, включающего полтора десятка различных функциональных систем, охватывающих все основные этапы информационной под-

держки жизненного цикла изделия (рис. 1). В их число входит и набор прикладных систем для автоматизации технологической подготовки производства T-FLEX Технология/Нормирование/ЧПУ, набор программных модулей для автоматизации планирования, обеспечения и подготовки производства — T-FLEX ОКП/CRM/ТОиP/Управление проектами и т.п.

Современное проектирование сложных изделий немислимо без автоматизированного инженерного анализа, позволяющего заглянуть в суть происходящих в процессе эксплуатации физических процессов и помогающих принять обоснованные технические решения на этапе проектирования или концептуальной проработки конструкции. В комплексе T-FLEX PLM за это

**Александр Сущих**

К.т.н., директор  
ООО «Топ Системы-Новосибирск».

отвечает интегрированная с T-FLEX CAD система конечно-элементного моделирования T-FLEX Анализ. T-FLEX Анализ обеспечивает решение целого ряда востребованных физических задач (рис. 2). Полноценная интеграция с

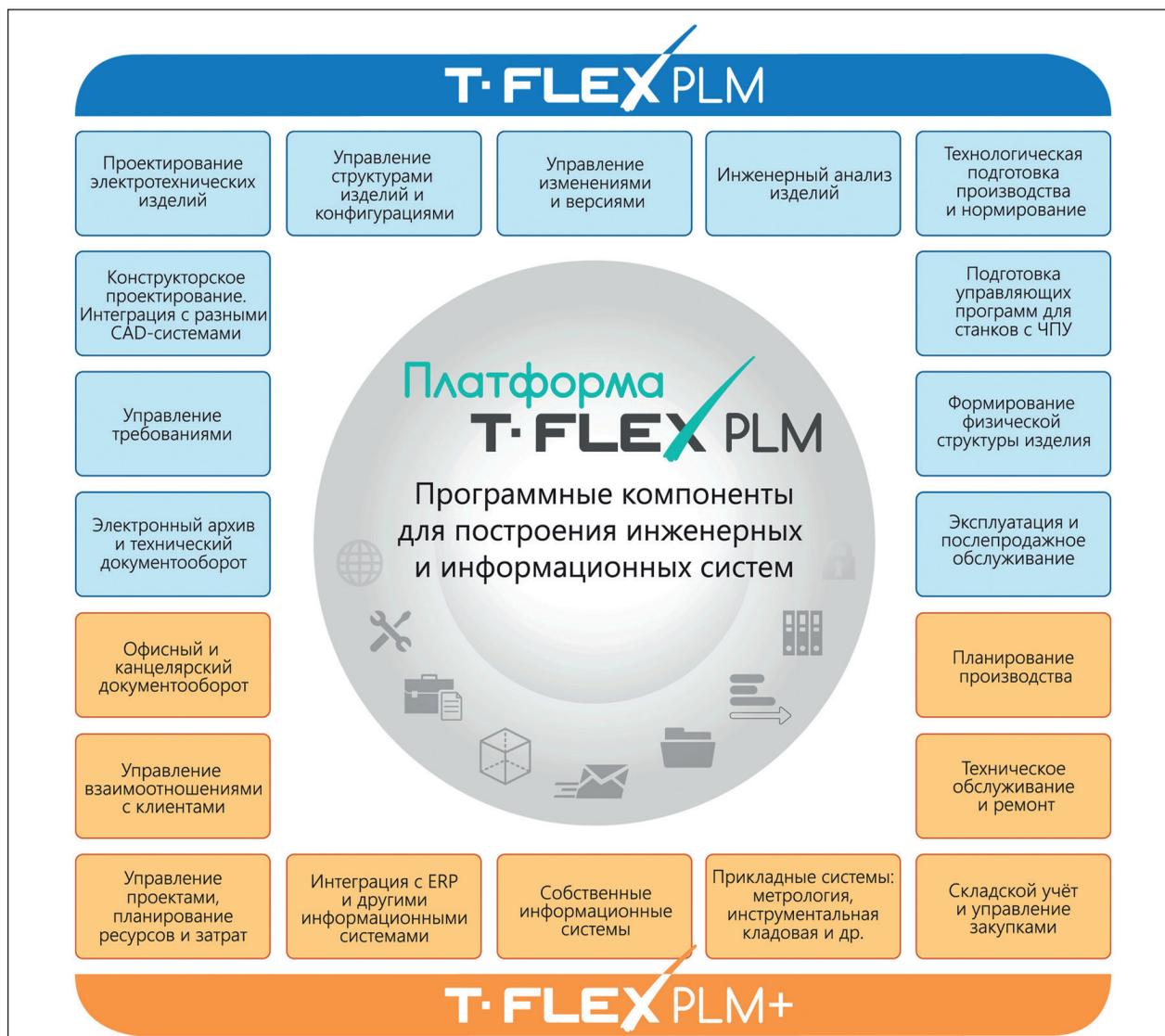


Рис. 1. Программные модули комплекса T-FLEX

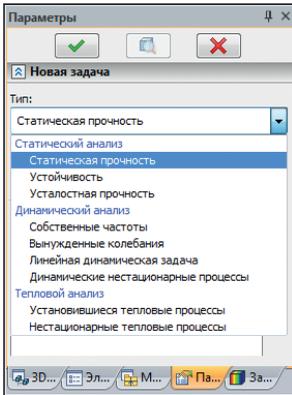


Рис. 2. Типы задач, решаемых в T-FLEX Анализ

T-FLEX CAD подразумевает автоматическое обновление геометрии рассчитываемой модели в случае параметрического изменения исходной опорной геометрии. Нагрузки и другие граничные условия автоматически переносятся на новую геометрию. Помимо удобства использования, сквозная параметризация обеспечивает также возможность решения оптимизационных задач, позволяя автоматически изменять конструктивные параметры изделия по результатам конечно-элементного моделирования.

Рассмотрим более подробно самые интересные новые возможности T-FLEX Анализ, появившиеся в 16-й версии.

## Улучшение пользовательского интерфейса окна задач

В новой версии для упрощения проверки корректности задания граничных условий в окне задач вместе с наименованием граничного условия визуализируются главные параметры каждого граничного условия. Это позволяет одним взглядом оценить используемые в задаче граничные условия и, не заходя в команду граничного условия, проверить его количественное значение (рис. 3).

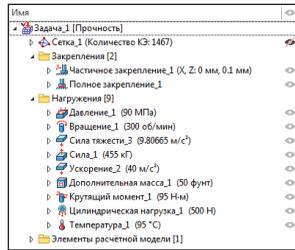


Рис. 3. Визуализация основных параметров граничных условий в дереве задач

## Диалог генерации сетки

Полностью переработан интерфейс диалога команды создания конечно-элементной сетки. Диалог стал более компактным

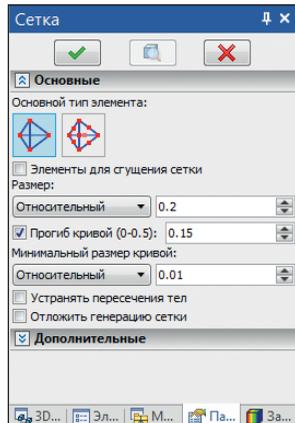


Рис. 4. Обновленный диалог создания сетки, вид по умолчанию

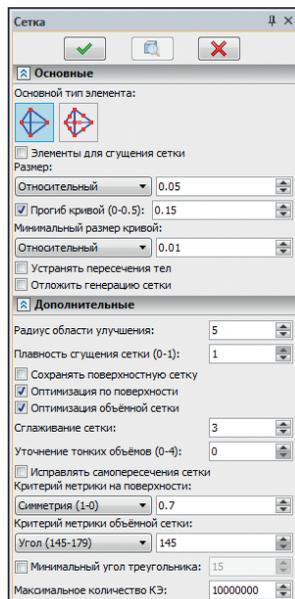


Рис. 5. Диалог сетки со всеми настройками

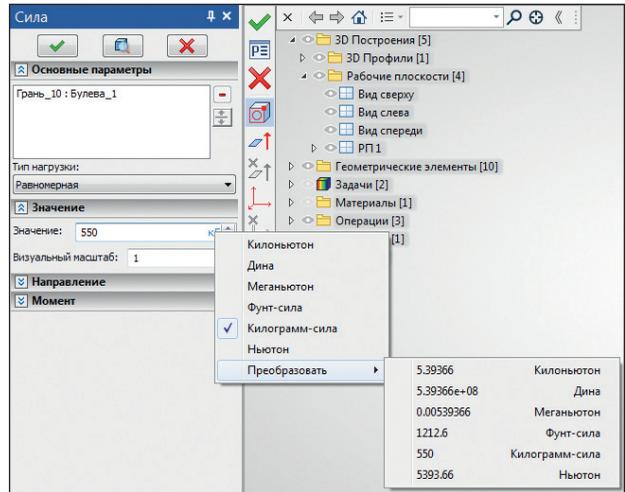


Рис. 6. Новый удобный инструмент управления размерностями вводимых величин

и понятным пользователю. Относительно редко используемые опции настройки сеточного генератора убраны во вкладку *Дополнительно*, а самые необходимые, часто используемые опции вынесены на передний план (рис. 4 и 5).

## Единицы измерения

В граничных условиях во всех полях ввода числовых значений появился новый удобный инструмент задания размерности (единицы измерения) вводимой физической величины. При нажатии левой кнопки мыши на буквенном обозначении текущей размерности (справа от числа) появляется выпадающее меню, позволяющее выбрать другую размерность либо осуществить пересчет числового значения в поле ввода в другую размерность (рис. 6).

## Подготовка сеточной модели

### Сгущение сеток на телах

Генератор сеток T-FLEX Анализ позволяет пользователю управлять построением расчетной сетки, сгущая ее в нужных местах модели, где ожидается концентрация напряжений или перепад температур. Пользователь может выбрать элементы геометрии 3D-модели, около которых нужно создать более мелкое разбиение. Дополнительно к уже имеющимся инструментам сгущения сеток в окрестности выбранной грани, ребра, вершины в версии 16 добавлена возможность выбирать отдельные тела и задавать для них размер конечных элементов, отличающийся от общего для всей остальной модели.

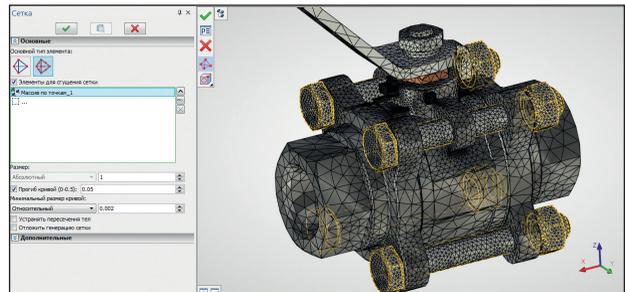


Рис. 7. Использование опции Сгущение сетки на телах

Это позволяет сэкономить ресурсы, создавая более крупную сетку на менее важных, с точки зрения анализа, элементах модели и сгущая сетку на наиболее интересных для изучения деталях (рис. 7).

## Устранение пересечений между телами

В трехмерных моделях реальных конструкций, подготовленных для целей оформления конструкторской документации и производства, между трехмерными телами (детальями) довольно часто встречаются пересечения, зачастую незначительные, но препятствующие построению точной и однозначной математической модели. Действительно, система строго следит, чтобы в одной точке пространства было только одно тело и не допускает создание сетки, если это условие не выполняется. Устранение пересечений вручную

может быть довольно трудоемким процессом, так как требует корректировки геометрии пересекающихся деталей. В то же время, во многих практических случаях эти пересечения могут быть незначительными (микроскопическими) или несущественными для основных целей моделирования. В T-FLEX Анализ 16 появилась новая опция *Устранять пересечения тел*, которая автоматически корректирует геометрию пересекающихся тел с помощью булевых операций «Пересечение» и «Вычитание» и делает возможным построение сетки для исправленной модели (рис. 8 и 9).

Конечно, пользователь должен понимать, что в процессе автоматической коррекции геометрии исходных деталей для целей расчета меняется, а это не всегда допустимо. В идеале, нужно стремиться к отсутствию пересечений в исходной модели.

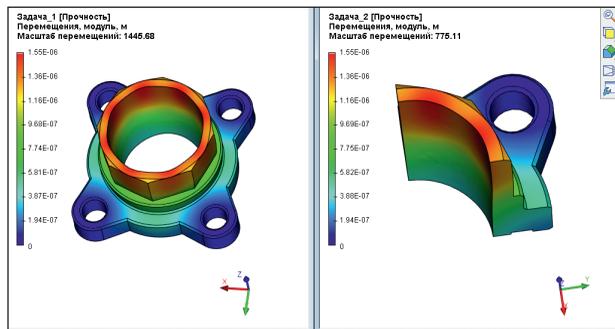
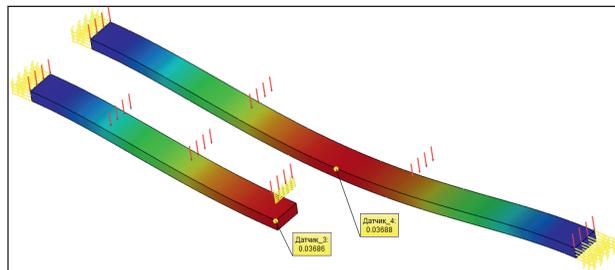


Рис. 10. Примеры симметричных задач. Использование граничного условия *Симметрия* позволяет уменьшить размерность задачи

## Новая команда Симметрия

Во многих практических случаях механические конструкции имеют симметричную геометрическую форму и могут

(закрепления). В общем случае в механических задачах условие симметрии задается запретом перемещения в направлении, перпендикулярном плоскости симметрии, при отсутствии ограничений в плоскости симметрии. В тепловых задачах для задания симметрии достаточно не задавать никаких тепловых граничных условий в плоскости симметрии (рис. 10).

Новая команда *Симметрия* позволяет упростить наложение условия симметрии на грани тел, лежащие в плоскости симметрии, и не требует от пользователя дополнительных построений (рис. 11).

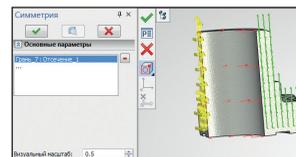


Рис. 11. Команда задания граничного условия *Симметрия*

## Новое граничное условие Сила тяжести

Для удобства пользователей опция *Сила тяжести* из команды *Ускорение* была вынесена в отдельную одноименную команду

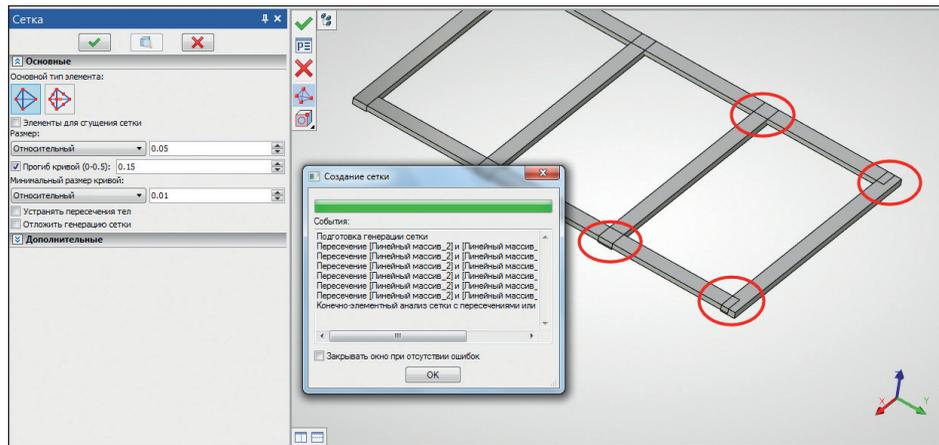


Рис. 8. Трехмерная модель с пересечениями между телами

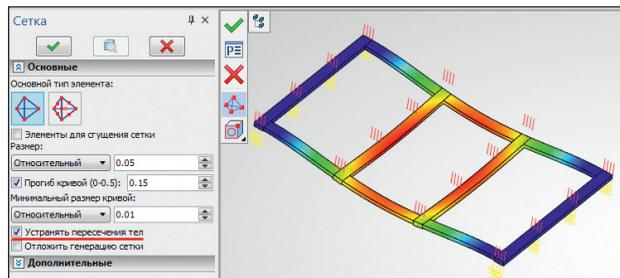


Рис. 9. Использование опции автоматического устранения пересечений для исправления геометрических ошибок модели

подвергаться симметричному нагружению. При этом результат моделирования также будет симметричным, в связи с чем появляется возможность значительно сократить размерность решаемой задачи за счет расчета лишь одной части симметричной конструкции. Для этого нужно правильно задать граничные условия

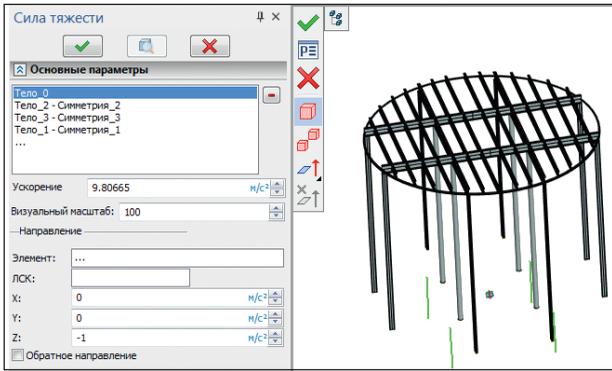


Рис. 12. Диалог нагрузки *Сила тяжести*

*Сила тяжести*. Команда задает равномерное воздействие ускорения свободного падения на все тела в задаче, моделируя нагрузку от собственного веса под действием силы тяжести. После вызова команда автоматически выберет все тела задачи, считая, что к ним приложено ускорение свободного падения ( $9,8065 \text{ м/с}^2$ ). В случае необходимости можно отредактировать список. Отметим также, что в задаче может быть задано только одно граничное условие *Сила тяжести* (рис. 12).

### Доработка команды *Дополнительная масса*

Команда *Дополнительная масса* была доработана добавлением в диалог параметров ускорения, применяемого к добавляемой в моделируемую

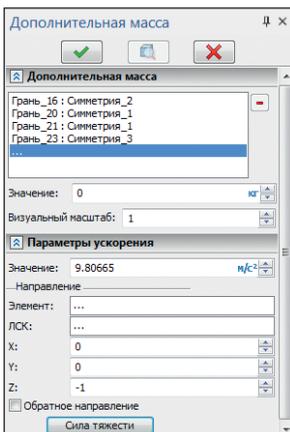


Рис. 13. Диалог обновленной команды *Дополнительная масса*

систему массе. В предыдущих версиях T-FLEX Анализа для учета в расчете *Дополнительной массы* необходимо задавать дополнительную команду *Ускорение* (рис. 13).

### Дистанционные граничные условия

Появилась новая категория граничных условий для механических задач — дистанционные граничные условия, включающие *Дистанционные* — *Перемещение*, *Силу*, *Момент* и *Массу*. Дистанционные граничные условия используются для учета в расчете воздействия объектов, не представленных непосредственно в конечно-элементной модели, так как это невозможно или нецелесообразно с вычислительной точки зрения. Классическими примерами подобных видов нагружений могут быть, например, передача силового воздействия паруса на основание мачты (используются *Дистанционная сила* и *Дистанционный момент*) или прочностной анализ несущей конструкции автомобильной двигательной установки (используется *Дистанционная масса*). В обоих случаях весьма затруднительно создать адекватную полную конечно-элементную модель мачты с парусным снаряжением или автомобильного двигателя с крайне сложным внутренним устройством. В то же время,

можно весьма достоверно оценить интегральные силовые и моментные воздействия ветровой нагрузки на основание или масс-инерционные параметры двигательной установки (масса двигателя, положение его центра масс, моменты инерции) и использовать их в конечно-элементном моделировании.

### Дистанционное перемещение

При задании *Дистанционного перемещения* пользователю предоставляется возможность задать перемещение/поворот некоторой точки с известными координатами, жестко связанной с гранями/ребрами КЭ-модели, по направлениям/вокруг осей выбранной ЛСК (рис. 14).

Дистанционная точка связывается невидимыми жесткими (неупругими) стержнями с выбранной гранью/ребром КЭ-модели и перемещается/поворачивается в своей ЛСК, при этом перемещения точки передаются на грань/ребро жесткими стержнями. Следует учесть, что и выбранные

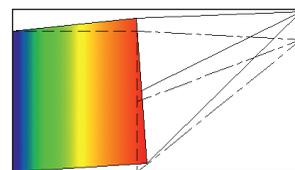


Рис. 14. Схема граничного условия *Дистанционное перемещение*

для приложения ограничения грань/ребро КЭ-модели становятся жесткими.

### Дистанционная сила и Дистанционный момент

*Дистанционная сила* применяется для задания суммарной величины распределенной нагрузки, которая действует не непосредственно на грань, а передается из дистанционной точки посредством неупругих стержней, связывающих дистанционную точку с гранью с учетом возникающих при этом моментов. *Дистанционный момент* применяется для задания суммарного момента, приведенного непосредственно к грани. Задание дистанционной точки не требуется, достаточно только величины и направления момента (рис. 15 и 16).

### Дистанционная масса

*Дистанционная масса* представляет собой вид нагружения, применяемого для задания дополнительной инерционной нагрузки от части конструкции, не включенной явно в задачу. В отличие от до-

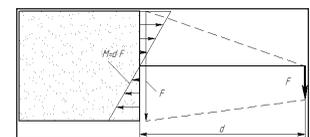


Рис. 15. Схема граничных условий *Дистанционная сила и Дистанционный момент*

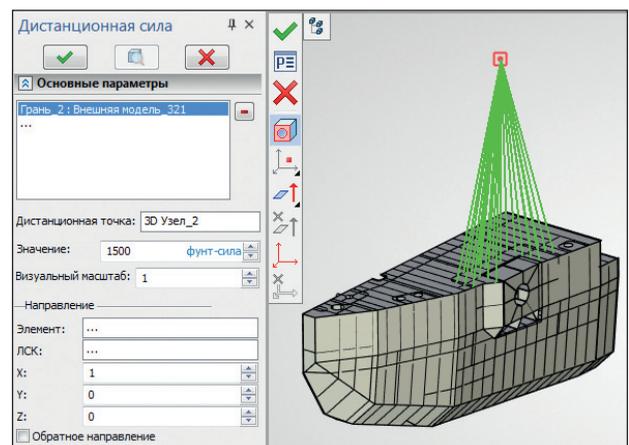


Рис. 16. Команда задания дистанционной силы

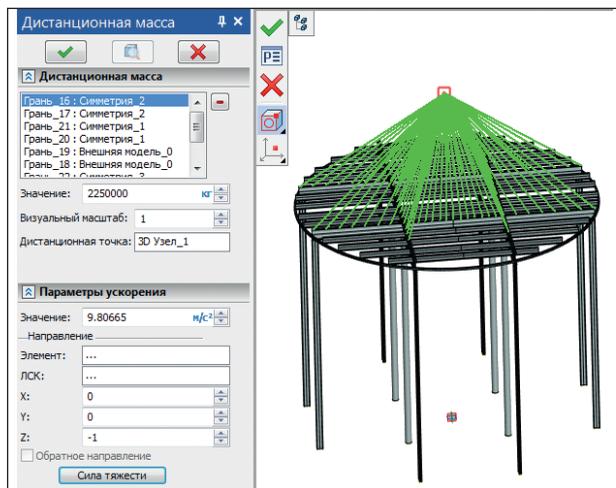


Рис. 17. Команда задания дистанционной массы

полнительной массы нагрузка прикладывается к дистанционной точке, представляющей центр масс отброшенной части конструкции, а не просто равномерно распределяется по грани. В статических задачах учитывается только масса, в динамических — еще и моменты инерции. Команда доступна в задачах всех типов (рис. 17).

### Мастер расчета и выборочное сохранение результатов

В T-FLEX Анализ 16 версии полностью переработан механизм хранения результатов расчета. У пользователя появилась возможность управлять списком сохраняемых результатов. Такая возможность особенно полез-

на при решении динамических (многошаговых) задач, когда система сохраняет решения на каждом временном шаге, которых могут быть сотни и тысячи. Учитывая, что в прочностном расчете пользователю доступны от 40 до 160 результатов, в то время как для анализа статической или динамической прочности, как правило, достаточно трех-четырёх типов результатов (например: перемещение, коэффициент запаса, эквивалентное напряжение), данная возможность позволяет гибко управлять расходом дисковой памяти и делает физически возможным решение особо длительных динамических задач.

В связи с этими изменениями, работа диалога запуска на расчет в новой версии системы

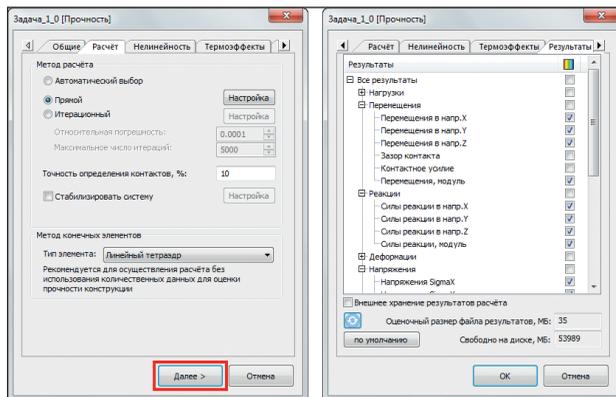


Рис. 18. Мастер расчета и диалог настройки сохраняемых результатов (справа)

несколько изменена. После настройки всех необходимых опций расчета и нажатия кнопки *Далее*, появляется специальный диалог, позволяющий выбрать рассчитываемые и сохраняемые результаты (рис. 18).

### Улучшение конечного элемента, дополнительные результаты в пластинчатых задачах

Для пластинчатых и оболочечных задач реализован более современный и точный конечный

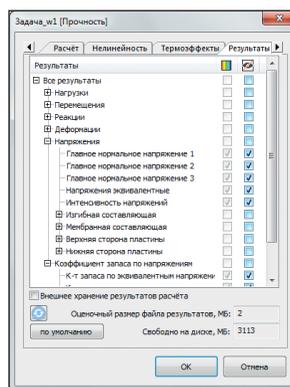


Рис. 19. Расширенный список результатов для пластинчатых задач, доступно до 137 результатов

элемент. Кроме того, значительно расширен список получаемых для пластин результатов.

Общее количество доступных результатов в пластинчатых задачах достигает 137. В частности, пользователь имеет возможность получить значения напряжений на «верхней» и «нижней» сторонах пластины/оболочки, а также отдельно «изгибные» и «мембранные» составляющие (рис. 19).

### Улучшения в отчетах

**Независимый визуализатор 3D-модели результата**  
Реализован новый механизм визуализации сохраненной 3D-модели результата в html-отчете. Не требуется установка дополнительных плагинов, а кроме того, обеспечивается кросс-платформенность и надежность программного решения (рис. 20).

### Сохранение результата в формате 3D PDF

Добавлена возможность сохранения 3D-изображения в формате 3D PDF. Результат может быть открыт и изучен в приложениях Acrobat Reader или Internet browser (рис. 21).

### Виды по умолчанию

Появилась возможность выбрать вид по умолчанию для

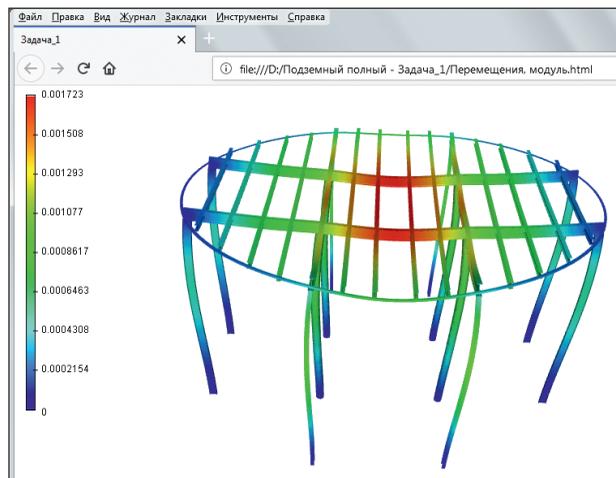


Рис.20. Просмотр объемной модели результата, сохраненного в отчет

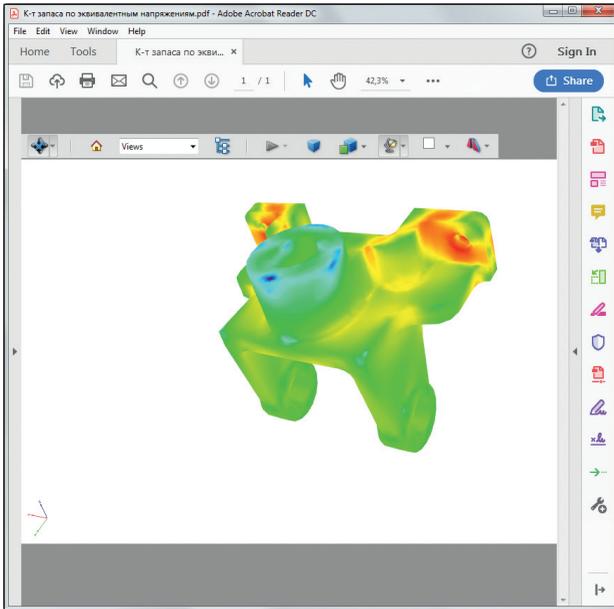


Рис. 21. Результат в формате 3D PDF в окне Adobe Acrobat Reader

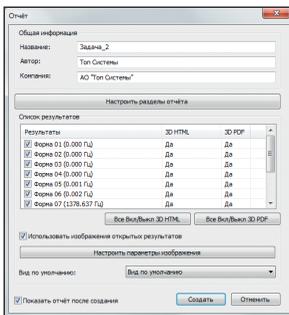


Рис. 22. Обновленный диалог генератора отчетов

датчиков со значениями для каждого результата (рис. 23).

### Заключение

Приятно видеть, что отчетственная система конечно-элементного моделирования T-FLEX Анализ продолжает развиваться. С каждой версией инструмент становится всё более удобным для пользователя, обеспечивая

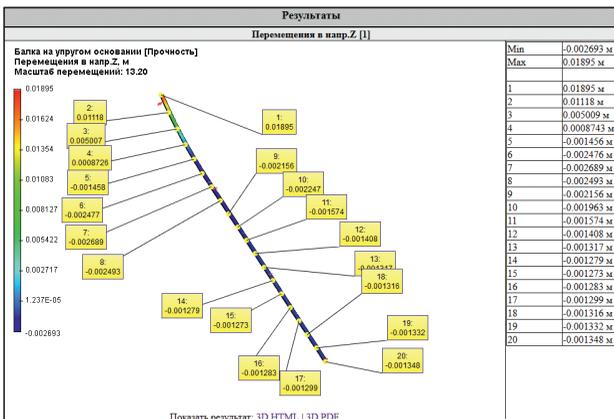


Рис. 23. Вывод значений датчиков в отчет

ориентации модели при печати результата в отчет (рис. 22).

### Датчики в отчетах

При использовании датчиков, в отчеты выводится таблица

эффективное решение множества востребованных задач, возникающих в процессе проектирования и разработки сложных изделий современного производства. ▶

# T-FLEX CAD 16

## Переход на новый уровень проектирования!

- Улучшенные команды черчения
- Новый механизм вариационной параметризации
- Использование ссылочной геометрии в больших сборках
- Новый модуль «Листовой металл» и другие инструменты 3D моделирования
- Обновлённый редактор переменных
- Новые приложения «T-FLEX Электротехника» «T-FLEX VR»

...и многое другое



www.topsystems.ru  
+7 (499) 978-85-28, 978-86-28