

# Новые возможности T-FLEX Анализ 15

Александр Сущих

Модуль конечно-элементных расчетов T-FLEX Анализ пользуется заслуженной популярностью у пользователей отечественного программного комплекса T-FLEX PLM. Систе-

ствии с самыми современными представлениями о пользовательском интерфейсе программ (рис. 1). Свою ленту имеет также окно постпроцессора (визуализатор результатов).

ных интервалах, а также позволяет решать нелинейные задачи.

- **2. Разложение по собственным формам.** Системы уравнений редуцируются за счет

## Александр Сущих

Руководитель группы разработки ЗАО «Топ Системы».

## Учет зависимостей свойств материалов от температуры

В практике машиностроения часто встречаются ситуации функционирования механизмов в условиях повышенных или пониженных температур. Например, для большинства изделий оборонной тематики устанавливается требование безотказности в интервале температур от  $-50$  до  $+60$  °C и конструктор обязан это требование обеспечить.

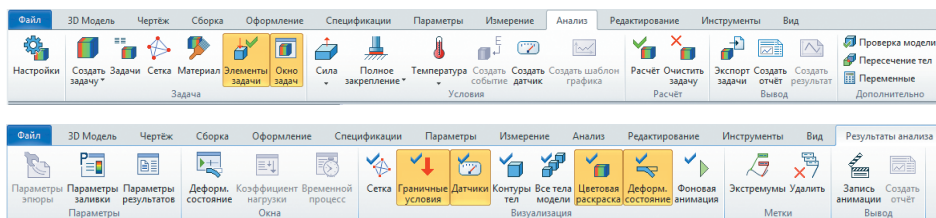


Рис. 1. Команды T-FLEX Анализ 15 в ленточном интерфейсе

ма позволяет осуществлять наиболее востребованные в практике машиностроения расчеты: прочностные, тепловые, расчет резонансных частот, вынужденных гармонических колебаний, расчет на устойчивость, усталость и т.д. Особенностью системы является ее глубокая интеграция в известную отечественную систему трехмерного моделирования T-FLEX CAD 3D. Система T-FLEX Анализ работает напрямую с 3D-моделью, созданной или импортированной в T-FLEX CAD, что позволяет использовать различные возможности параметризации и значительно упрощает использование конечно-элементного комплекса для пользователей T-FLEX CAD 3D. Новая версия T-FLEX Анализ 15, выходящая в этом году, включает ряд новых вычислительных возможностей, о которых рассказывается в данной статье.

## Линейный динамический анализ

В версии 15 к модулям механических конечно-элементных расчетов T-FLEX Анализ добавляется модуль *Динамического анализа* (рис. 2-4). Этот модуль позволяет рассчитать напряженно-деформированное состояние механической системы под действием изменяющихся во времени силовых и кинематических нагрузок. В каждом граничном условии (сила, давление, осциллятор и т.д.) есть возможность задать график изменения соответствующей нагрузки во времени. Система рассчитывает перемещения и напряжения элементов конструкции с учетом сил инерции и сопротивления и отобразит результаты на каждом временном шаге. Данный модуль, в частности, позволяет оценивать ударные и сейсмические воздействия на конструкции, а также ситуации падения объектов. Реализованы два алгоритма решения динамических задач:

- **1. Прямое интегрирование.** Решение осуществляется на полных системах уравнений. Данный подход обычно обеспечивает наиболее точное решение на малых времен-

перехода к естественным координатам модели на основе рассчитанных собственных форм конструкции. Динамическая задача решается только в линейной постановке.

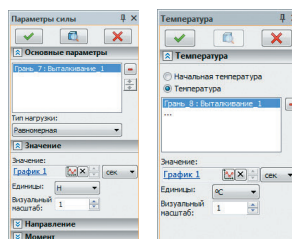


Рис. 2. В механические и тепловые граничные условия добавлена возможность задания зависимости от времени графиком

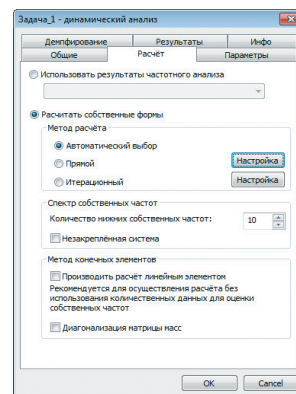


Рис. 3. Диалоги настроек модуля динамического анализа

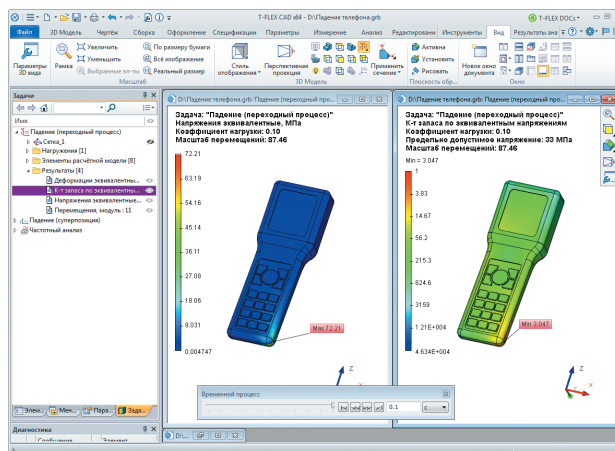


Рис. 4. Напряжения и коэффициент запаса в динамическом анализе

## Обновленный ленточный интерфейс

Новая, 15-я версия T-FLEX CAD получила удобный обновленный интерфейс. Доступ ко всем командам осуществляется через ленту, выполненную в соответ-

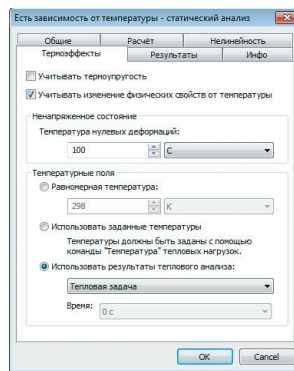
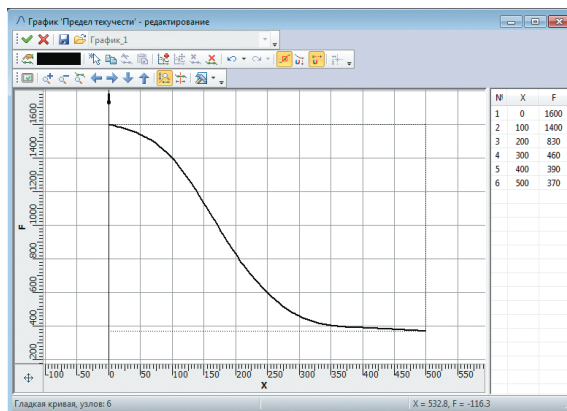
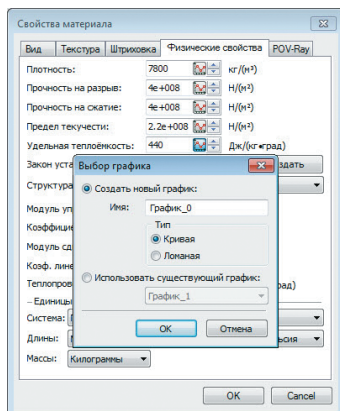


Рис. 5. Каждому свойству материала может быть назначена его температурная кривая

Рис. 6. Включение опции учета в расчете зависимости физических свойств материалов от температур

Кроме того, многие механизмы в процессе работы нагреваются (например, двигатель внутреннего сгорания) и их рабочие температуры могут на сотни градусов превышать температуры бездействия. В то же время различные криогенные механизмы работают при температурах от  $-80^{\circ}\text{C}$  и ниже. Известно, что при изменении температуры механические свойства конструкционных материалов меняются. Например, при понижении температуры конструкционные стали становятся более хрупкими, а при повышении, наоборот, пластичными. T-FLEX Анализ 15 предоставляет пользователю возможность задать зависимости физических параметров материалов от температур в виде графиков и, таким образом, учесть влияние температуры на физические свойства материалов при решении задачи. Температурную кривую можно задать для любого используемого в расчете свойства материала: модуля упругости, коэффициента линейного расширения, пределов прочности и т.д. (рис. 5).

Кроме задания зависящих от температур свойств материалов, пользователь должен определить температурное поле (рис. 6). Для этого можно использовать предварительно рассчитанную тепловую задачу или задать известные температуры, непосредственно прикладывая их к элементам 3D-модели. В процессе решения задачи

система учтет заданные зависимости свойств материалов от температур. На рис. 7 приведен скриншот экрана программы с примером расчета пластины под равномерной распределенной нагрузкой с учетом изменения свойств материала от температуры. Справа сверху показано окно постпроцессора с неравномерным температурным полем. Слева внизу — перемещения без учета влияния температур, а справа внизу — перемещение с учетом влияния температуры на свойства материала. Видно, что во втором случае деформация пластины теряет симметрию и более нагретый край деформируется сильнее.

Учет зависимости свойств материалов от температур работает для всех типов задач (механических и тепловых).

### Нелинейные расчеты в тепловых задачах

В 15-й версии T-FLEX Анализ существенно расширены возможности модуля тепловых расчетов. Во все граничные условия тепловых задач (тепловая мощность, тепловой поток, конвекция) добавлена возможность задать зависимость от температуры или времени. Это значительно расширяет класс решаемых тепловых задач, поскольку в реальных физических явлениях все теплофизические параметры, как правило, изменяются с повышением или сни-

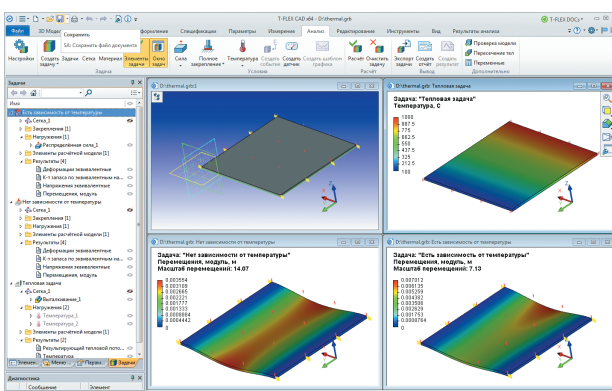


Рис. 7. Пример расчета пластины под равномерной распределенной нагрузкой с учетом изменения свойств материала от температуры

жением температуры. Нелинейные тепловые задачи обычно не имеют аналитического решения («по формуле»), поэтому использование систем конечно-элементного анализа является практически единственным способом расчета таких систем при проектировании. Также в тепловых расчетах учитываются зависимости теплофизических свойств материалов (теплопроводность, теплоемкость, плотность) от температуры, если они заданы пользователем.

В задачу типа «Нестационарный тепловой процесс» добавлена возможность осуществления расчета до установления равновесия температур. В этом случае пользователь не задает конечное время моделирования теплового процесса, а определяет допустимое относительное изменение температуры на очередном вре-

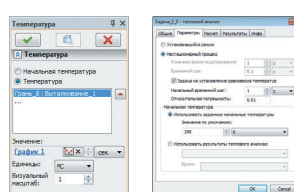


Рис. 8. В тепловых граничных условиях можно задать зависимости коэффициентов от температуры и времени (слева). Справа приведены опции расчета нестационарной теплопроводности

менном шаге, по достижении которого вычислительный процесс останавливается (рис. 8). Данный режим удобен, когда нужно исследовать динамику теплового процесса при неопределенном времени его окончания.

### Лучистый теплообмен между телами излучением

В T-FLEX Анализ 15 доработана возможность решения задачи

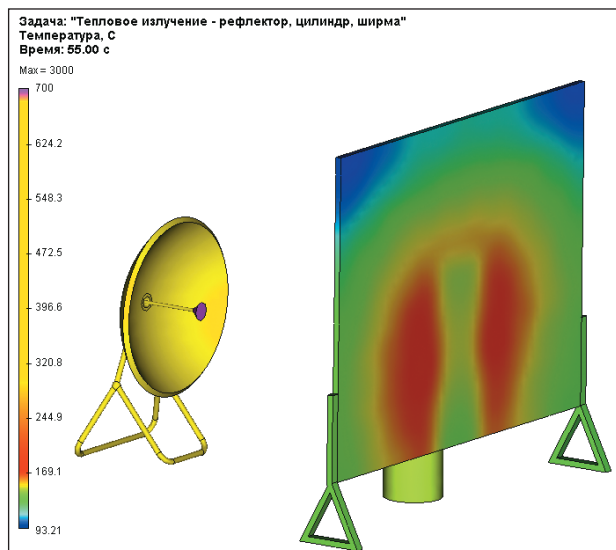
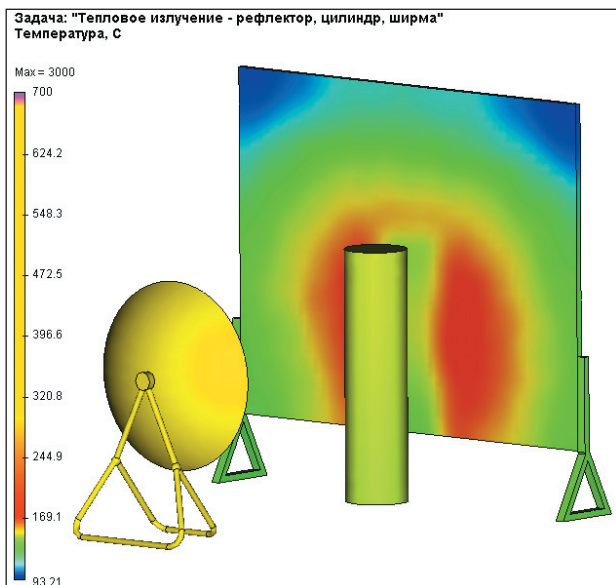


Рис. 9. Задача о нагреве излучением

лучистого теплообмена. Теперь система позволяет осуществлять расчет температур и тепловых потоков между телами за счет теплового излучения с учетом взаимного расположения тел в пространстве. Лучистый теплообмен является основным способом передачи тепловой энергии для тел с высокой температурой (сотни и тысячи градусов). На рис. 9 показано, как источник теплового излучения через рефлектор нагревает удаленные предметы и на экране видна «тепловая тень» от предмета, находящегося

между источником тепла и экраном.

### Заключение

Новые возможности системы конечно-элементного моделирования T-FLEX Анализ 15 — динамический анализ, тепловые нелинейности и тепловое излучение, термозависимые свойства материалов — позволяют пользователям системы более адекватно моделировать физические явления и решать более сложные задачи, возникающие в процессе разработки или эксплуатации изделий машино- и приборостроения. ▀

T-FLEX CAD

версия 15

- Современный пользовательский интерфейс
- Ленточный интерфейс
- Работа с несколькими мониторами
- Удобное управление структурой модели
- ... и множество других улучшений
- Высокая эффективность работы со сложными моделями
- Улучшенные инструменты 3D моделирования
- Работа с прикладной информацией об изделии
- Гибкая схема управления лицензиями

Ежегодная конференция

Созвездие САПР

5-7 октября 2016  
Подмосковье

ТОП СИСТЕМЫ

www.topsystems.ru